

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 Mai 1945 de GUELMA
FACULTE SNV STU

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE
L'ENVIRONNEMENT



**Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat
Spécialité: Sciences Biologiques**

Intitulé

**Contribution à l'étude comparative des peuplements
Odonatologiques des oueds du Nord-Est algérien**

Présenté par : Mme Satha Yalles Amina

Devant le jury

Directeur de thèse : Mr Samraoui Boudjéma Professeur Université d'Annaba

Président : Mme Souiki Linda Professeur Université de Guelma

Examinatrice: Mme Chaib Nadjla MCA Université de Skikda

Examineur: Mr Nedjah Riad MCA Université de Guelma

Année 2017

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 Mai 1945 de GUELMA
FACULTE SNV STU

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE
L'ENVIRONNEMENT



**Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat
Spécialité: Sciences Biologiques**

Intitulé

**Contribution à l'étude comparative des peuplements
Odonatologiques des oueds du Nord-Est algérien**

Présenté par : Mme Satha Yalles Amina

Devant le jury

Directeur de thèse : Mr Samraoui Boudjéma Professeur Université d'Annaba

Président : Mme Souiki Linda Professeur Université de Guelma

Examinatrice: Mme Chaib Nadjla MCA Université de Skikda

Examineur: Mr Nedjah Riad MCA Université de Guelma

Année 2017

Sagesse des anciens

Fais de ta vie un rêve, et d'un rêve, une réalité.

Antoine de Saint-Exupéry

Laissez-vous guider par votre rêve, même si vous devez momentanément le mettre de côté pour trouver un emploi ou payer votre loyer. Et restez toujours ouvert aux opportunités de sortir du cadre pour mener la vie et faire les choses qui vous inspirent profondément... n'ayez pas peur.


Jane Goodall

Notre plus grande gloire n'est pas de ne jamais tomber, mais de se relever à chaque fois

Confucius

Les dures épreuves que nous subissons dans la vie sont des bénédictions du créateur afin de faire jaillir notre force intérieure. Alors joie et chagrin, plaisir et tristesse nous habitent alternativement, tout comme le jour et la nuit, la vie et la mort. Si on souhaite progresser spirituellement, on doit les considérer comme les deux rives d'un fleuve qui coule dans le même sens. La volonté ouvre des chemins et ce sont ceux qui donnent d'eux mêmes qui donnent réellement même s'ils ne reçoivent rien en retour c'est là que réside la richesse de l'âme. En chacun de nous il y a une source de bien qui peut toujours jaillir si on creuse toujours. Ce que nous avons fait ne sera pas perdu à tout jamais. Tout murît à temps et devient fruit à son heure.

Autres auteurs



*L'univers est concerné par ce que vous êtes
et il introduira dans votre existence,
dans n'importe quelle situation,
à n'importe quel moment,
ce dont vous avez besoin
pour devenir vraiment vous-même.
La clé de votre équilibre réside
dans la confiance et la patience.*

Elisabeth Kübler-Ross, Leçons de Vie, p 199-200



Je dédie ce travail

A la mémoire de ma mère défunte dans la fleur de l'âge, " tu nous manques énormément"

A mon père, pour son infinie sagesse et bonté, "je ne te remercierai jamais assez pour tes incessants encouragements, pour ton écoute, pour ton inquiétude pour moi, tu es notre trésor que Dieu te garde et te prête longue vie".

A Dalila, merci pour ta bonne humeur et toutes tes gentillesse

A mon autre moitié, pour tes multiples sacrifices pour ta présence à mes côtés, pour m'avoir secondé avec les enfants, pour avoir eu peur pour moi à chaque sortie.

A mes enfants, mon réconfort, ma raison de vivre
"Rachida, Amine, Sofiane et Manel, je vous souhaite le meilleur
Que Dieu vous protège."

A mes sœurs, je ne peux que vous aimer et vous souhaiter santé et bonheur pour vous, vos enfants et petits-enfants bonne retraite et longue vie

A Kamel et Abdallah, je ne vous remercierai jamais assez pour votre aide sur le terrain, je vous serai toujours reconnaissante pour vos sacrifices

A mes frères, Nourredine, Mustapha, Mohamed, Youcef et merci à Mehdi pour les Odonates que tu as réussi avec Sofiane à faire rentrer dans ton filet

A Mohcen mon frère qui a tout partagé avec moi et qui n'a jamais cessé de m'aider de très bon cœur sur le terrain, à notre complicité depuis l'enfance
"il faut dire que tu es un mordu des Odonates également, ils ne t'ont pas laissé indifférent et toutes mes excuses Rahima pour te l'avoir pris à chaque week-end, ta patience et tes sacrifices me vont droit au cœur, tu es une sœur".

A mes nièces Amina, Asma, Assia, Fouzia, Houda, Mouna, Ouarda, Amira, ouafa et Imen, Yousra, Sara

A mes neveux Djamo, Mohamed Tahar, Yacine, Nadir, Zinou, Raouf, Mohamed, Aymen et Nabil A Sinou, Tasnime, ouassimet, Sara et Ines

A ma belle soeur Tounes et son mari Salah et leurs enfants Kamel, Nabil, Mijou, Mounira et Assia

A toute la Famille Satha, Hamidi, Yalles et Boughida.

A nos collègue Rachid et Farida " Que votre âme repose en paix"

Remerciements

La recherche n'est pas un travail en solitaire. En effet, ce travail s'est concrétisé non seulement grâce à la persévérance, aux données de terrain, au travail de laboratoire, aux longues heures passées devant mon ordinateur mais également grâce au soutien d'un grand nombre de personnes dont la confiance, l'amitié et la générosité m'ont permis de progresser dans cette période délicate d'apprentissage et de recherche.

En premier lieu, j'adresse mes sincères remerciements au professeur Boudjéma Samraoui mon directeur de thèse, pour m'avoir confié ce projet de recherche, pour son apport et appui scientifiques, ses multiples conseils, pour toutes les heures passées à diriger ce travail, pour cette liberté d'action qu'il m'a accordée lors de la réalisation de mes recherches et d'avoir patiemment accueilli mes maladresses. Je remercie vivement Farah Samraoui son épouse que j'ai appris à connaître au fil des années, pour son soutien, sa sensibilité et pour ses qualités humaines d'écoute et de compréhension.

Qu'il me soit permis de présenter l'expression de ma profonde gratitude aux membres du jury: Madame le professeur Souiki Linda pour en avoir accepté la présidence et monsieur Nedjah Riad d'avoir gentiment accepté d'examiner le présent travail ; Je tiens à remercier du fond du coeur madame Nadjla Chaib de l'université de Skikda, pour son soutien et ses encouragements incessants et encore merci pour le coup de pouce en statistiques. Je sais grè à tous les membres du jury d'avoir pris de leur précieux temps afin d'évaluer et d'enrichir davantage mon travail de thèse .

Tout un chapitre ne me suffirait pas à remercier comme il se doit toutes les personnes qui m'ont ouvert leurs portes et leur cœurs à travers les différentes wilayas: Guelma, Annaba, Constantine, El Taref, El Milia, Mila..... Un grand merci à Mr Mebarki pour la généreuse documentation empruntée, à Mr Leulmi ex directeur de l'ANAT pour ses conseils et pour les multiples cartes de référence qui m'ont été d'un grand secours dans l'approche de terrain, à Mounira et Sandra. A Mr Medour de la station météorologique de Guelma merci de m'avoir facilité l'accès aux données climatiques de Guelma et également des autres wilayas.

Mes vives remerciements vont aux chefs des laboratoires de l'ONA et l'ADE: Mrs Boudjahem faïçal pour son sérieux et sa gentillesse et Amraoui Salah pour son accueil , pour l'aide qu'ils m'ont apportée avec le personnel des laboratoires: Amel , Mebarka et Rym. je n'oublierai jamais l'aide précieuse de Nedjoua Djoudi "Chafia Santé" pour tout le mal qu'elle s'est donnée pour la commande du matériel et également Amrani Selma et Satha Mabrouk pour les produits chimiques.

Toute ma gratitude à Mr Khalfallah ainsi que tout le personnel de la direction de l'environnement Mme Gueroui, Abdaoui, Djebbar, Amrani Assia et en particulier Redaounia Amor pour sa précieuse aide. Je n'omettrai pas de remercier grandement les services de l'hydraulique de la wilaya de Guelma pour leur accueil chaleureux depuis 2007 en particulier, Benmars Kadour, Boudjebiar Assia et Mouchara Nabil. A Saida (Ingénieur des mines) pour son soutien: que le bonheur t'accompagne toujours. Mes respects à Mr Moussaoui pour le calcul des pentes: "Toujours serviable malgré ses multiples tâches".

Je remercie beaucoup le chef de département d'écologie Mr Ksouri Samir pour sa gentillesse ainsi que le personnel veillant au bon fonctionnement des départements. Un remerciement particulier au personnel du laboratoire: Bravo pour votre sérieux : Asma, Houria, Bahia, Imène, Hassiba, Ghania, Wafa, Rym, Leila, Houda, Najah et Mehdi ..

Mes remerciements vont également à toute ma famille, mes ami(e)s, aux collègues, aux membres de ma promotion.. qui ne se lassent jamais de me poser toujours cette question angoissante « Quand est-ce que tu soutiens ta thèse ?", "C'est pour bientôt la thèse ?" Eh bien j'y suis !

Mes profonds respects pour la sincérité de ceux que j'ai côtoyés et avec qui j'ai partagé mes moments les plus difficiles . A ceux que j'ai omis de citer. Merci.....

Sommaire

Dédicaces.....	II
Remerciements.....	III
Table des matières.....	IV
Liste des acronymes.....	VII
Liste des photos.....	VIII
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	XV
Résumés.....	XVI
Introduction	1

Chapitre I: Biologie et écologie des Odonates

I.1. Systématique des Odonates	4
I.2. Morphologie des Odonates.....	8
I.2.1. Morphologie des adultes	8
I.2.2. Morphologie des larves	10
I.3. Biologie des Odonates.....	12
I.4. Ecologie des Odonates	15

Chapitre II Description des sites d'étude

Première partie : Description des bassins exoréiques de l'Est algérien

II-1 Le bassin versant de la Seybouse.....	
II.1.1 Description des sous bassins versant de la Seybouse.....	21
II.1.2 Les caractéristiques lithologiques du Bassin Versant.....	22
II.1.3 Les principaux barrages de la Seybouse.....	23
II.1.4. Altitude, pente des oueds du bassin de la Seybouse.....	23
II.1.5. Les rejets.....	23
II.1.5.1. Les eaux usées des agglomérations urbaines.....	23
II.1.5.2 Les rejets industriels.....	23
II.1.6 Climatologie.....	26
II.1.7. La couverture végétale	29
II.2 Le bassin des côtières constantinois Est	
II.2.1 Topographique et Morphologie du Bassin Versant.....	32
II.2.1.1 Les Plaines Littorales.....	32
II.2.1.2. Les Bassins Intérieurs.....	32
II.2.1.3. Les Basses Montagnes.....	33
II.2.1.4. Les Hautes Montagnes (Djebels).....	34
II.2.2. Pente un facteur favorisant l'écoulement ou l'infiltration.....	34

II.2.3. Réseau hydrographique de Kebir-Est.....	36
II.2. 4. Les principaux barrages du Kebir-Est.....	37
II.2.5. Climat général du bassin versant Kébir-Est.....	37
II.2.6. Les formations superficielles du sol.....	38
II.2.7. Le couvert végétal.....	42
II.3. Le Bassin Versant Kebir-Rhumel	
II.3.1 Localisation géographique et description du bassin versant Kebir-Rhumel.....	43
II.3.2 Le réseau hydrographique.....	44
II.3.3 Altitude moyenne et pente des oueds.....	45
II.3.4 Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel.....	45
II-3-5 Caractères lithologiques du Bassin et capacité de rétention souterraine.....	46
II.3.6 Les principaux barrages du bassin versant du Kébir –Rhumel.....	47
II.3.6.1 Le barrage de Hammam Grouz.....	47
II.3.6.2 Le barrage de Beni Haroun	47
II.3.7 Climat général du bassin versant Kébir-Rhumel.....	48
II.3.8 La couverture végétale du bassin du Kébir-Rhumel.....	52
II.3.9 Assainissement et traitement des eaux urbaines rejetées.....	53
II.3.10 Industrie et rejets industriels.....	53
II;3.11. Agriculture et rejets agricoles.....	54

Deuxième partie : Qualité des eaux superficielles des bassins versant de l'Est

II.4. Le réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles.....	55
II.4.1 : Le Bassin de la Seybouse.....	55
II.4.2 : Le Bassin du Kebir-Est.....	57
II.4.3 : Le Bassin du Kebir-Rhumel.....	59

Chapitre III Matériel et méthodes

III.1.Période de prospection et critères de sélection des stations.....	66
III.1.1. Stratégie d'échantillonnage.....	66
III.1. 2. Localisation des stations d'études.....	67
III.2. Description des stations d'étude.....	74
III.2.1. Les stations du Kébir-Est.....	74
III.2.2. Les stations du Kébir-Rhumel.....	78
III. 3. Pressions anthropiques exercées au niveau des stations du Kébir-Rhumel.....	85
III.3.1. Le surpâturage.....	85
III.3.2. Les rejets de déchets.....	85
III.3.3. Des modifications de l'environnement.....	85
III.3.4. Les prélèvements d'eau.....	85
III. 4. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux	
III.4.1. Les facteurs abiotiques	89
III.4.2. Les paramètres de pollution	89

III. 4.3. Analyses des données	90
--------------------------------------	----

Chapitre IV Résultats et discussion

IV.1. Check- list.....	96
IV.2. Phénologie.....	100
IV.3. Fréquence.....	108
IV.4. Richesse spécifique	118
IV.4.1 Indice de Shannon.....	120
IV.4. 2. Indice de Jaccard/Tanimoto.....	121
IV.5. Caractérisation physico-chimique de l'eau (Année 2011).....	123
IV.6. Caractérisation physico-chimique des eaux du Kebir-Rhumel (Année 2013).....	132
IV.7. Cartographie de la qualité des eaux du Kebir-Rhumel.....	150
IV.8. Cartographie de distribution des espèces au sein des trois bassins-versants.....	156
Conclusion	176
Références Bibliographiques	180
Glossaire	189
Annexes	I

Liste des acronymes

AEP: Alimentation en eau potable

ANRH : l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

A.N.B : Agence Nationale des Barrages

A.P.D : Avant Projet Détaillé

BENELUX: Est une union, à l'origine économique, entre la Belgique, les Pays-Bas et le Luxembourg.

D.G.I.H : Direction des Grandes Infrastructures Hydrauliques

DPRP: Duration of prereproductive period (Durée de la période préreproductive)

DO: Dissolved oxygen

E.N.R.B : Entreprise Nationale de Réalisation des Barrages

ETP : Evapotranspiration potentielle

FIDA: Fonds international de développement agricole (International fund for agricultural development)

GPI : Grands périmètres d'irrigation

IBGE: Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement

LARHYSS: Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface (Biskra)

LRCZH: Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides (Guelma)

OPI: Office des grands périmètres d'irrigation

P.M.I : Petites et moyennes industries

P.M. H : Petite et moyenne hydraulique

S.A.U : superficie agricole utile

SEQ-EAU, 2003: Dernière version du Système d'évaluation de la Qualité de l'eau, grille commune à tous les acteurs de l'eau en France.

UNEP: United Nations Environmental Programme : Programme des nations unies pour l'environnement.

Logo du PNUE



Liste des photos

Photo 01: Femelle de <i>Calopteryx exul</i>	20
Photo 02: Barrage de Cheffia.....	41
Photo 03: Barrage de la Mexa.....	41
Photo 4 : Barrage de Hammam Grouz (Aval).....	47
Photo 05: Barrage de Hammam Grouz (Amont).....	47
Photo 06 : Barrage de Beni Haroun (Amont).....	48.

Liste des figures

Figure 1: Détail d'une tête de libellule (Anisoptère)	9
Figure 2: Détail du thorax d'une libellule (Anisoptère).....	9
Figure 3: Nervation alaire (Anisoptère).....	9
Figure 4: Les différentes parties d'une patte d'un arthropode	10
Figure 5: Pièces copulatrices du mâle, vue de côté	10
Figure 6: Pièces buccales de la larve d'Odonate (tête vue de dessus).....	11
Figure 7: : Morphologie des larves	11
Figure 8: Extrémités abdominales des larves d'Odonates.....	11
Figure 9: Le système circulatoire chez les arthropodes.....	12
Figure 10: Système respiratoire chez les arthropodes.....	12
Figure 11: Lamelles caudales des Zygoptères.....	13
Figure 12 : Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord	21
Figure 13 : Carte des Sous-Bassins.....	23
Figure 14: : Implantation des barrages.....	24
Figure 15 Carte des grands ensembles physiques de la wilaya de Guelma.....	24
Figure 16 : Profil en long de l'oued Seybouse et ses affluents.....	25
Figure 17: Carte des rejets de la Seybouse.....	25
Figure 18 : Evolution des températures moyennes à Guelma (2002-2013).....	27
Figure 19 : Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2013).....	27
Figure 20 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la ville de Guelma ...	27
Figure 21: Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger.....	27
Figure 22 : Evolution des températures moyennes à Annaba (2004-2013).....	28
Figure 23 Evolution des précipitations moyennes à Annaba (2004-2013).....	28
Figure 24: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la ville d'Annaba (2004-2013).....	29
Figure 25: Situation de la région d'Annaba dans le climagramme d'Emberger (2004-2013).....	29
Figure 26: Carte des formations forestières.....	30
Figure 27: Carte d'affectation des terres.....	31
Figure 28: Carte des Sous-Bassins.....	33
Figure 29 : Carte des pentes du Kebir-Est.....	36
Figure 30 : Longueur des principaux oueds par sous-bassin.....	39
Figure 31: Carte structurale de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens.....	39
Figure 32 : Réseau hydrographique du Kebir-Est.....	40
Figure 33: Profil en long du Kebir-Est.....	40
Figure 34: Carte des principaux barrages.....	40
Figure:35 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations d'El Kala et Ain Assel (2003/2004- 2008/2008).....	41
Figure 36: Diagramme ombrothermique à la station d'El Kala	41
Figure 37 : Extrait de la carte structurale régionale de J.M. Vila (1980) au 1/500000.....	42

Figure 38: Carte schématique des unités géomorphologiques dans la région d'El Taref.....	42
Figure 39 : Utilisation potentielle des terres dans la région d'El Taref.....	43
Figure 40: Carte du couvert végétal du bassin versant de la Mafrag.....	43
Figure 41 : Carte des sous -bassins du Kébir-Rhumel	44
Figure 42 : Réseau hydrographique du Kebir-Rhumel	45
Figure 43: Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents.....	46
Figure 44 : Longueur des principaux oueds du Kebir-Rhumel par sous-bassin.....	46
Figure 45 : Barrage de Béni Haroun.....	48
Figure 46 : Variations des précipitations mensuelles dans la région du Kebir-Rhumel (2004/2013).....	48
Figure 47 : Pluviométrie annuelle au niveau du barrage Béni-Haroun (2003/2011)..... Situation du barrage de Beni Haroun dans le Kebir-Rhumel.....	49
Figure 48 : Variation mensuelles des températures dans le bassin versant du Kebir-Rhumel (2004-2013).....	49
Figure 49 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN Constantine (2004- 2013)	50
Figure 50 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Mila (2010-2013)	50
Figure 51 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station du Barrage Beni Haroun (2008-2011).....	51
Figure 52: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Jijel	51
Figure 53 : Positionnement des différentes stations dans le climagramme d'emberger.....	52
Figure 54 : Les zones bioclimatiques de l'Est algérien.....	52
Figure 55 : La couverture végétal du Bassin du Kébir-Rhumel.....	53
Figure 56: Pollution émise par secteur d'activité	54
Figure 57 : Evolution de la qualité des eaux superficielles dans le bassin versant de la Seybouse 1998-200.....	56
Figure 58: Qualité des eaux –Medjaz Amar 1.....	56
Figure 59: Qualité des eaux –Medjaz Amar2.....	57
Figure 60: Qualité des eaux a) Segmen Amar b) El Hadjar.....	57
Figure 61: Carte de distribution des stations dans le Kebir-Est.....	58
Figure 62: Qualité des eaux du barrage a) de Chaffia b) da la Mexa.....	58
Figure 63: Evolution de la qualité des eaux superficielles dans le bassin versant des Côtiers Constantinois -Est 1998-2003.....	58
Figure 64: Qualité des eaux superficielles de l'extrême Nord-Est algérien.....	59
Figure 65 : Evolution de la qualité des eaux superficielles dans le bassin versant du Kebir- Rhumel 1998-2003.....	60
Figure 66: Qualité des eaux du barrage de Hammam Grouz b) Ain Smara c) El Milia.....	61
Figure 67) a): Qualité des matières organiques et oxydables (1994-1998).....	61
Figure 67) b): Qualité des matières organiques et oxydables (1999-2003).....	62
Figure 68) a): Qualité des matières phosphorées (1994-1998).....	62
Figure 68) b): Qualité des matières phosphorées (1994-2003).....	63

Figure 69: Qualité a) des matières azotées (1999-2003) b) des matières en suspension (1994/1998).....	63
Figure 70: a): Les nitrates (1994/1998) b) (1999- 2003).....	63
Figure 71: Qualité des eaux des oueds (Fév 1994-Sep 1997).....	64
Figure 78: a) : Carte des bassins versants de l'oued Seybouse.....	71
b) : Carte des bassins versants de l'oued Kebir-Est.....	71
c) : Carte des bassins versants de l'oued Kebir-Rhumel	72
Figure 79 a) Carte de positionnement des stations dans le bassin de la Seybouse.....	72
b) Carte de positionnement des stations dans le Kebir- Est	73
c) Carte de positionnement des stations dans le bassin versant du Kebir-Rhumel	73
Figure 80 : Fréquence des espèces du Kebir-Est par rapport aux sites.....	115
Figure 81: Fréquence des espèces du Kebir-Rhumel par rapport aux sites.....	116
Figure 82 a) a'): Richesse spécifique de toutes les stations prospectées du Kebir- Est et du Kebir-Rhumel.....	119
Figure 83 a): Richesse spécifique de toutes les stations prospectées du Kebir- Est.....	119
Figure 83 b): Richesse spécifique des stations régulièrement prospectées du Kebir-Rhumel.....	119
Figure 83 c): Evolution de la richesse spécifique mensuelle au Kebir-Est et au Kebir-Rhumel	120
Figure 84 : Indice de Shannon des stations d'études du Kebir-Rhumel.....	121
Figure 85 : Indice de Shannon des stations d'études du Kebir-Est.....	121
Figure 86 : Variation spatio-temporelle de la température a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime.....	123
Figure 87 : Variation spatio-temporelle du pH a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime.....	124
Figure 88 : Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime.....	125
Figure 89 : Variations spatio-temporelle de la salinité a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime.....	126
Figure 90 : Variations spatio-temporelle de l'oxygène a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime.....	127
Figure 91 : Variations spatio-temporelle de l'oxygène en pourcentage de saturation a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime.....	127

Figure 92 : Variations spatio-temporelle de la vitesse de l'eau a) Kebir-Rhumel	
b) Kebir-Est.....	128
Figure 93 : Analyse en composantes principales du Kebir-Est (2011).....	129
Figure 94 : Analyse en composantes principales du Kebir-Rhumel (2011).....	130
Figure 95 : Variation spatio-temporelle de la température moyenne de l'eau	
a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	132
Figure 96 : Variation spatio-temporelle du pH a) Rhumel amont b) Rhumel aval	
c) Kebir maritime.....	133
Figure 97 : Variation spatio-temporelle de la conductivité et de la salinité a) a')	
Rhumel amont b) b') Rhumel aval c) c') Kebir maritime.....	134
Figure 98 : Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous en mg/l et en pourcentage	
de saturation a) a') Rhumel amont b) b') Rhumel aval c) c') Kebir	
maritime.....	135
Figure 99 : Variation spatio-temporelle de la turbidité a) Rhumel amont b) Rhumel	
aval c) Kebir maritime.....	136
Figure 100 : Variation spatio-temporelle des nitrates a) Rhumel amont b) Rhumel aval	
c) Kebir maritime.....	136
Figure 101 : Variation spatio-temporelle des nitrites a) Rhumel amont b) Rhumel aval	
c) Kebir maritime.....	137
Figure 102 : Variation spatio-temporelle de l'ammonium a) Rhumel amont b) Rhumel	
aval c) Kebir maritime.....	138
Figure 103 : Variation spatio-temporelle des matières minérales azotées a) Rhumel	
amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	138
Figure 104 : Variation spatio-temporelle des orthophosphates a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	139
Figure 105 : Variation spatio-temporelle des chlorures a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	140
Figure 106 : Variation spatio-temporelle des sulfates a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	141
Figure 107 : Variation spatio-temporelle du calcium a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	142
Figure 108 : Variation spatio-temporelle du Magnésium a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	143
Figure 109 : Variation spatio-temporelle du titre hydrotimétrique a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	144
Figure 110 : Variation spatio-temporelle des matière en suspension a) Rhumel amont	
b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	145
Figure 111 : Variation spatio-temporelle de la demande biologique en oxygène	
a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	146
Figure 112 : Variation spatio-temporelle de la demande chimique en oxygène a) Rhumel	
amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	146
Figure 113 : Variation spatio-temporelle des matières organiques a) Rhumel amont	

b) Rhumel aval c) Kebir maritime.....	147
Figure 114 : Analyse en composantes principales du Kebir-Rhumel (2013).....	148
Figure 115 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Demande chimique en oxygène.....	151
Figure 116 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Demande biologique en oxygène en cinq jours.....	152
Figure 117 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Oxygène en pourcentage de saturation.....	152
Figure 118 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Oxygène en milligramme par litre.....	153
Figure 119 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en nitrites.....	153
Figure 120 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en nitrates.....	154
Figure 121 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en ammonium.....	154
Figure 122 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en Orthophosphates	155
Figure 123 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Calopteryx exul</i> et <i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	156
Figure 124 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Lestes numidicus</i> et <i>Lestes viridis</i>	157
Figure 125 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Lestes barbarus</i> et <i>Lestes virens</i>	158
Figure 126 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Sympecma fusca</i> et <i>Platycnemis subdilatata</i>	159
Figure 127 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Ischnura pumilio</i> et <i>Ischnura graellsii</i>	160
Figure 128 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Coenagrion coerulescens</i> et <i>Coenagrion mercuriale</i>	161
Figure 129 a) et b) : Répartition spatiale de <i>coenagrion puella</i> et <i>Enallagma deserti</i>	162
Figure 130 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Erythromma lindenii</i> et <i>Erythromma viridulum</i>	163
Figure 131 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Aeshna mixta</i> et <i>Anax imperator</i>	164
Figure 132 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Anax parthenope</i> et <i>Gomphus lucasii</i>	165
Figure 133 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Paragomphus genei</i> et <i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i>	166

Figure 134 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Onychogomphus costae</i> et <i>Orthetrum cancellatum</i>	167
Figure 135 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Orthetrum coerulescens</i> et <i>orthetrum trinacria</i>	168
Figure 136 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Orthetrum chrisostigma</i> et <i>orthetrum nitidinerve</i>	169
Figure 137 a) et b) : Répartition spatiale d' <i>Acisoma panorpoides ascalaphoides</i> et <i>Diplacodes lefebvrii</i>	170
Figure 138 a) et b) : Répartition spatiale de <i>crocothemis erythraea</i> et <i>Brachythemis impartita</i>	171
Figure 139 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Sympetrum fonscolombii</i> et <i>Sympetrum meridionale</i>	172
Figure 140 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Sympetrum striolatum</i> et <i>Trithemis annulata</i> .	173
Figure 141 a) et b) : Répartition spatiale de <i>Trithemis arteriosa</i> et <i>Trithemis Kirbyi</i>	174
Figure 142 : Répartition spatiale d' <i>Urothemis edwardsii</i>	175

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quotients pluviométrique et étages bioclimatique de la région d'étude.....	51
Tableau 2: Grille de la qualité des eaux superficielles.....	55
Tableau 3 : Dates de prospection des régions d'étude.....	66
Tableau 4 : Wilayates et communes visités dans les deux bassins lors de l'échantillonnage..	68
Tableau 5.a: Stations échantillonnées dans le bassin versant de la Seybouse.....	69
b Stations échantillonnées dans le bassin versant du Kebir-Est.....	70
c Stations échantillonnées dans le bassin versant du Kebir -Rhumel.....	70
Tableau 6: Répartition des espèces dans les sous-bassins.....	98
Tableau 7: Espèces communes et propres à chaque bassin versant.....	99
Tableau 8: Phénologie du Kebir-Rhumel.....	102
Tableau 9: Phénologie du Kebir-Est.....	103
Tableau 10: Phénologie des trois oueds.....	104
Tableau 11: Période de vol et activité reproductive des Odonates de la Numidie.....	107
Tableau 12: Fréquence des espèces par site dans le bassin versant du Kebir-Rhumel.....	108
Tableau 13: Fréquence des espèces par site dans le bassin versant du Kebir-Est	110
Tableau 14: Fréquence des espèces durant la phase d'inventaire au Kebir-Est.....	112
Tableau 15: Fréquence des espèces durant la phase de l'inventaire au Kebir-Rhumel.....	114
Tableau 16: Richesse spécifique des stations régulières du Kebir-Est.....	118
Tableau 17 : Richesse spécifique des stations régulières du Kebir-Rhumel.....	118
Tableau 18 : Indice de jaccard des stations du Kebir-Est.....	122
Tableau 19: Indice de jaccard/Tanimoto des stations du Kebir-Rhumel.....	122
Tableau 20 : Classes de vitesses selon l'échelle de Berg.....	128
Tableau 21: Normes de qualité de base pour les eaux de surface	147

Résumés

Résumé

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'approfondissement de nos connaissances sur l'odonatofaune des milieux lotiques. En 2011, nous nous sommes intéressés à deux autres bassins -versants du Nord-Est algérien: Le Kebir-Est où très peu de recherches y étaient faites et le Kebir-Rhumel, le plus grand bassin d'Algérie qui n'a fait l'objet d'aucune recherche systématique.

Le suivi mensuel de 24 stations a permis d'inventorier 34 espèces au Kebir-Est dont deux: *Coenagrion coerulescens* et *Trithemis kirbyi ardens* sont notées pour la première fois en Numidie ce qui accroît les espèces de la Numidie à 51 espèces. Au Kebir-Rhumel, 32 espèces ont été répertoriées. La richesse spécifique est focalisée dans les régions crénons des cours d'eau qui sont encore à l'état vierge et peuvent par conséquent être considérés comme des sites référence.

Au cours de notre Magistère qui remonte à 2007, nous avons effectué l'inventaire des Odonates de la Seybouse: ce travail s'est concrétisé par la mise en évidence de 33 espèces et la redécouverte en mai 2007 de *Calopteryx exul* appartenant à la famille des Calopterygidae: Une espèce non signalée depuis un siècle et demi

Abstract

Our research is a contribution to the knowledge of the Odonata of running waters. In 2011, we focused on two sub-bassins localised in the North-East of Algeria: The Kebir-East where very little research was made there and Kebir-Rhumel the largest sub-basin in Algeria which no systematic research has been made yet.

The monthly monitoring of 24 stations enabled to inventory 34 species including two species *Coenagrion coerulescens* and *Trithemis kirbyi* ardens which are noted for the first time in Numidia which increases Numidia Odonata Fauna to 51 species. At Kebir-Rhumel, 32 species were identified. Species richness is focused in the areas of crenon rivers that are still in pristine condition and can therefore be considered as reference sites.

Our first investigations conducted in 2007, at Seybouse watershed revealed the existence of 33 species which 32 are specific to wadi Seybouse and its main tributaries. We also rediscovered *Calopteryx exul* an endemic species after a century and half.

ملخص

بحثنا هذا يدخل في اطار تعميق معرفتنا بعشائر الرعاشات التي تقيم في المجاري المائية في سنة ألفين وإحدى عشر ركزنا عملنا على حوضين : الكبير الشرقي حيث أجريت فيه القليل من البحوث وحوض الرمال ، أكبر حوض في الجزائر والذي لم يحض بأية دراسة منهجية قبلية في هذا الميدان .

مكننا الرصد الشهري لأربعة وعشرون محطة عبر الحوضين لحوصل أربعة وثلاثون نوعا في الكبير الشرقي من بينهم نوعان وجدا في نوميديا لأول مرة وهما *Coenagrion*

Trithemis kirbyi ardens caerulescens، مما يزيد حصيلتنا الانواع في نوميديا الى واحد وخمسون نوعا؛ اما في كبرى لرمال فقد تم جرد اثنان وثلاثون نوعا.

ثراء الأنواع تركز في المحطات الواقعة في منبع الوادي والتي لاتزال في حالة نقاء ويمكن بالتالي اعتبارها كمواقع مرجعية

ندكر أن عملنا الأول يعود الي سنة ألفين وسبعة حيث قمنا بجرد رعاشات وادي سييوس و بوهمدان و توصلنا الى جرد ثلاثة وثلاثون نوعا وأعدنا اكتشاف *Calopteryx exul* من عائلة الكلوبتريجيدي *Calopterygidae* والذي لم يعثر عليه مند حوالي قرن ونصف .

Introduction

Introduction

Les paléontologues considèrent les odonates parmi les insectes les plus anciennement apparus sur terre il ya plus de 320 millions d'années au Carbonifère. Les Zygoptères sont connus dès le permien, quant à l'apparition des Anisoptères et Anisozygoptères, elle remonte au jurassique; ces derniers sont répandus jusqu'au crétacé puis ont presque disparu exceptée deux espèces asiatiques qui représentent de vrais fossiles vivants : *Epiophlebia superstes* (Japon) et *Epiophlebia laidlawi* au (Népal) (Grand & Boudot, 2006).

Au moyen âge, aucune culture n'est restée insensible à ses créatures: En effet, au Japon , les libellules symbolisaient la force et la bravoure et au XVII^{ème} siècle, elles furent utilisées comme emblème sur les casques et les bottes des Samouraïs. Leur élégance naturelle, les particularités de leur accouplement et notamment la formation du cœur copulatoire leur ont valu d'être devenues le symbole de l'amour noble et pure. En Asie, jusqu'en 1960, il était encore possible de trouver des mixtures médicinales agissant comme de puissants aphrodisiaques. En Indonésie, en Birmanie, aux Philippines, en Thaïlande, au Vietnam, dans certaines contrées d'Afrique et d'Amérique du sud, en Inde, les libellules sont un complément alimentaire (Grand & Boudot, 2006).

Les milieux lotiques sont les écosystèmes les plus menacés (Abell 2002). le déclin de la biodiversité est estimé à cinq fois plus dans certaines rivières que dans les écosystèmes terrestres les plus dégradées (Dudgeon et al , 2006 in Simaika & Samways, 2012). Des changements profonds (Pêche, usage de fertilisants, tracés de routes et d'autoroutes, surpâturage, déforestation, fragmentation des habitats, pollutions industrielles) transforment progressivement et négativement les paysages ce qui affecte négativement les biocénoses et la survie même de certaines espèces.

Les caractéristiques de l'habitat et le microhabitat de ces milieux ont une importance cruciale pour la faune odonatologique (Hardersen, 2008). En effet, ces insectes comme prédateur et proie jouent un rôle fonctionnel très important dans l'équilibre de ces écosystèmes. Ils sont considérés comme des indicateurs écologiques et constituent un taxon qui reflète l'état biotique ou/et abiotique d'un environnement (Hodkin et Jackson, 2005 in Fulan et al, 2008).

Les études écologiques sur les Odonates ont permis une avancée des connaissances des exigences écologiques dans la sélection de l'habitat d'un grand nombre d'espèces dont les plus importantes sont l'hétérogénéité des habitats exprimée entre autre par la qualité et la quantité

des plantes aquatiques et semi-aquatiques, les structures riveraines, les caractéristiques hydrologiques et l'ensoleillement (Schindler, 2002). Le suivi du succès reproducteur des Odonates basé sur l'autochtonie des espèces par l'échantillonnage des exuvies et le comportement reproducteur peut-être également un outil pour l'évaluation de la qualité de l'habitat (Chovanec & Waringer, 2001 in Schindler, 2003).

Comme en Europe, les Odonates en Algérie sont un groupe d'espèces assez bien connu. Leur historique remonte à l'époque coloniale "Exploration scientifique". Les premiers travaux furent initiés par Lucas, (Sély-Longchamps, 1849). D'autres travaux suivirent: (Sély-Longchamps, 1865, 1866, 1871, 1902, Kolbe, 1885; Mc Lachlan, 1897; Martin, 1901, 1910, ; (Morton, 1905). Au début du XX^{ème} siècle, l'intérêt des scientifiques se focalisa sur le Sahara (Le Roi, 1915; Kimmins, 1934; Reymond, 1952; Nielsen, 1956; Dumont, 1978) (Menai, 2004).

Depuis la création du Laboratoire de recherche et de conservation des zones humides, l'étude de ce taxon a été au centre de ses investigations. Durant presque trois décennies, beaucoup de travaux ont été réalisés: Une mise à jour de l'odonatofaune d'Algérie (Samraoui & Menai, 1999). Egalement, de la Numidie (Samraoui & Corbet, 2000 part I et II). La redécouverte des espèces *Urothemis edwardsii* et *Acisoma panorpoides ascalaphoides*. En 2003, un second taxon dans *Lestes virens*: *Lestes numidicus* a été découvert à partir de l'analyse de son ADNr par Samraoui, Weekers et Dumont. Afin de suivre les différents stades du développement embryonnaire des expériences sur l'élevage d'odonates ont été effectuées au laboratoire (LRZH) pour la première fois (Saouache, 1993) et (Benchaalel & Samraoui 2012).

Récemment, les travaux du laboratoire furent focalisés sur les milieux lotiques (Seybouse): Travaux de Magister (Bouchelaghem & Yalles Satha 2008), (Khelifa et al, 2011).

Il est vrai que beaucoup d'efforts ont été entrepris jusque là pour mettre à jour la liste globale des Odonates d'Algérie, cependant des lacunes persistent dans notre connaissance de la distribution, de l'écologie saisonnière et du statut de la plupart des espèces d'odonates qui pourraient peupler d'autres bassins-versants de l'Algérie.

Notre présent travail poursuit les efforts entrepris en 2007 au niveau de la Seybouse. Nous avons opté pour deux autres bassins-versants : Le Kebir-Est et le Kebir-Rhumel, rappelons que très peu d'études y ont été faites de façon systématique.

Nos objectifs dans la présente étude étaient

- Dresser une liste des espèces peuplant les cours d'eau du Kebir -Est et du Kebir-Rhumel, sachant que très peu d'études y étaient faites de façon systématique.
- Comparer la similarité et/ou l'hétérogénéité dans la composition des assemblages d'odonates adultes.
- Comparer la phénologie des espèces des deux cours d'eau avec celle de la Seybouse précédemment étudiée Travaux de Magister (Yalles Satha & Bouchelaghem , 2008) l'hypothèse est " le microclimat d'une région peut -il affecter des changement dans le cycle de vie des Odonates?",
- Définir le statut de chaque espèce,
- Déterminer les cortèges d'odonates rhéophiles (Des milieux lotiques),
- Evaluer s'il existe une corrélation entre la présence des odonates et certaines caractéristiques de l'habitat,
- Cartographier la distribution de chaque espèces au sein des trois cours d'eau étudiés.

Notre thèse est structurée en quatre chapitres : Le premier est consacré à la systématique, la biologie et l'écologie des Odonates. Le second chapitre présente de façon exhaustive les sites d'études à savoir les trois bassins versants du Nord-est algérien. Le troisième chapitre portera sur le matériel et les méthodes utilisés. Dans le quatrième chapitre seront exposées les principaux résultats de chaque bassin ainsi que leur interprétation avant de conclure.

Chapitre 1

Biologie et Ecologie des Odonates

I.1. Systématique des Odonates:

L'ordre des odonates compte près de cinq milles espèces qui se divisent en trois sous-ordres : Les Anisoptères, Les Zygoptères, Les Anisozygoptères (Grand et Boudot , 2006).

Chaque sous-ordre est composé de 5 familles excepté l'ordre des Anisozygoptères qui est représenté seulement par deux espèces.

➔ **Les Anisoptères** : Ce sont des espèces fortes et trapues, les ailes antérieures et postérieures sont toujours dissemblables et écartées du corps, parfois ramenées vers l'avant du corps, ils sont caractérisés par un vol puissant.

➔ **Les Zygoptères** : Ce sont des espèces fines et grêles, les ailes postérieures et antérieures sont de forme identique, les yeux largement séparés, leur vol est peu soutenu

➔ **Les Anisozygoptères** : Ce sont des espèces intermédiaires, ne comprennent que deux espèces Asiatiques qui vivent à plus de 3000 mètres d'altitude. Elles sont dotées d'yeux et d'ailes proches des Zygoptères, le reste de leur corps est semblable à celui des Anisoptères.

Liste des espèces d'Europe et d'Afrique du Nord

✓ **Sous-ordre des Zygoptères** : Comprend cinq familles en Europe et en Afrique du Nord

❖ **Famille des Caloptéridae** : 1 genre et cinq espèces

✚ <i>Calopteryx</i>	<i>haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825) <i>splendens</i> (Harris 1776) <i>virgo</i> (Selys 1873) <i>xanthostoma</i> (Charpentier, 1825) <i>exul</i> Selys, 1853
---------------------	--

❖ **Famille des Lestidae** : 2 genres et 7 espèces

✚ <i>Lestes</i>	<i>numidicus</i> Samraoui, Weekers & Dumont, 2003 <i>viridis</i> (Vander Linden, 1825)
-----------------	---

barbarus (Fabricius, 1798)

dryas Kirby, 1890

macrostigma (Eversmann, 1836)

sponsa (Hansemann, 1823)

virens (Charpentier, 1825)

fusca (Vander Linden, 1820)

paedisca Brauer, 1882

✚ *Sympecma*

➤ **Famille des Platycnemididae** : 1 genre et 3 espèces

✚ <i>Platycnemis</i>	<i>latipes</i> (Rambur 1842)
----------------------	------------------------------

acutipennis Selys, 1841

pennipes (Pallas, 1771)

subdilatata Selys, 1849

❖ **Famille des Epallagidae** : 1 genre 1 espèce

✚ <i>Epallage</i>	<i>fatime</i> (Charpentier, 1840)
-------------------	-----------------------------------

- **Famille des Coenagrionidae : 7 genres**
 - ✚ ***Pyrrhosoma* :** *nymphula* (Selzer, 1776)
 - ✚ ***Ischnura* :** *elegans* (Vander Linden, 1820)
fountainei Morton, 1905
genei (Rambur, 1842)
pumilio (Charpentier, 1825)
saharensis Aguesse, 1958
graellsii (Rambur, 1842)
senegalensis (Rambur, 1842)
 - ✚ ***Coenagrion*** *caerulescens* (Fonscolombe, 1838)
hastulatum (Charpentier, 1825)
lunulatum (Charpentier, 1840)
mercuriale (Charpentier, 1840)
ornatum (Selys, 1850)
puella (Linnée, 1758)
pulchellum (Vander Linden, 1825)
scitulum (Rambur, 1842)
johanssoni (Wallengren, 1894)
freyi Bilek, 1954
armatum (Charpentier, 1840)
 - ✚ ***Enallagma* :** *cyathigerum* (Charpentier, 1840)
deserti Selys, 1870
 - ✚ ***Ceriagrion*** *tenellum* (de Villers, 1789)
 - ✚ ***Erythromma*** *najas* (Hansemann, 1823)
viridilum (Charpentier, 1840)
lindenii (Selys, 1840)
 - ✚ ***Nehalennia*** *speciosa* (Charpentier, 1840)
- ✓ **Sous ordre des Anisoptères :** Comprend cinq (5) familles
 - **Familles des Aeschnidae :** avec sept (7) genres
 - ✚ ***Boyeria*** *irene* (Fonscolombe, 1838)
 - ✚ ***Caliaeschna*** *microstigma* (Schneider, 1845)
 - ✚ ***Brachytron*** *pratense* (Müller, 1764)
 - ✚ ***Aeschna*** *juncea* (Linné, 1758)
subarctica Walker, 1908
caerulea (Ström, 1783)
cyanae (Müller, 1764)
grandis (Linné, 1758)
mixta Latreille, 1805

	<i>affinis</i> Vander linden, 1820
	<i>serrata</i> Hagen, 1856
	<i>crenata</i> Hagen 1856
	<i>viridis</i> Eversmann, 1836
✚ <i>Anaciaeshna</i>	<i>isosceles</i> (Müller, 1767)
✚ <i>Anax</i>	<i>ephippiger</i> (Burmeister, 1839)
	<i>imperator</i> Leach, 1815
	<i>parthenope</i> Selys, 1839

❖ Famille des Gomphidae : avec cinq (5) genres

✚ <i>Gomphus</i> :	<i>flavipes</i> (Charpentier, 1825)
	<i>graslini</i> Rambur, 1842
	<i>pulchellus</i> Selys, 1840
	<i>similimus</i> Selys, 1840
	<i>vulgatissimus</i> (Linnée, 1758)
	<i>lucasi</i> Selys, 1850
✚ <i>Paragomphus</i> :	<i>genei</i> (Selys, 1841)
✚ <i>Ophiogomphus</i> :	<i>serpentinus</i> (Charpentier, 1825)
✚ <i>Onychogomphus</i> :	<i>forcipatus</i> (Linnée, 1758)
	<i>uncatus</i> (Charpentier, 1840)
	<i>costae</i> Selys, 1885
	<i>lefebvrii</i> (Rambur, 1842)
✚ <i>Lindenia</i> :	<i>tetraphylla</i> (Vander Linden, 1825)

➤ Famille des Cordulegastridae : un (1) genre six (6) espèces

✚ <i>Cordulegaster</i> :	<i>boltonii</i> (Donovan, 1807)
	<i>picta</i> Selys, 1854
	<i>heros</i> Theischinger, 1979
	<i>princeps</i> Morton, 1915
	<i>bidentata</i> Selys, 1843
	<i>insignis</i> Schneider, 1845
	<i>trinacriae</i> Waterston, 1976
	<i>helladica</i> (Lohmann, 1993)

❖ Famille des Cordulidae : avec cinq (5) genres

✚ <i>Cordulia</i>	<i>aenea</i> (Linné, 1758)
✚ <i>Oxygastra</i>	<i>curtisii</i> (Dale, 1834)
✚ <i>Macromia</i>	<i>splendens</i> (Pictet, 1843)
✚ <i>Epitheca</i>	<i>bimaculata</i> (Charpentier, 1825)
✚ <i>Somatochlora</i>	<i>alpestris</i> (Selys, 1840)
	<i>sahlbergi</i> Trybom, 1889
	<i>metallica</i> (Vander linden, 1825)
	<i>flavomaculata</i> (Vander Linden, 1825)
	<i>arctica</i> (Zetterstedt, 1840)
	<i>meridionalis</i> Nielsen, 1935
	<i>borisi</i> Marinov, 2001

➤ **Famille des Libellulidae** : Comprend treize (13) genres

- ✚ **Libellula**
 - depressa* Linné, 1758
 - quadrimaculata* Linné, 1758
 - fulva* Müller, 1764
 - pontica* Selys, 1887

- ✚ **Orthetrum**
 - cancelatum* (Linné, 1758)
 - albistylum* (Selys, 1848)
 - coerulescens* (Fabricius, 1798)
 - brunneum* (Fonscolombe, 1837)
 - trinacria* (Selys, 1841)
 - chrysostigma* (Burmeister, 1839)
 - nitidinerve* (Selys 1841)
 - ransonneti* (Brauer, 1865)
 - sabina* (Drury, 1773)

- ✚ **Acisoma**
 - panorpoides* Rambur, 1842
- ✚ **Diplacopdes**
 - lefebvrii* (Rambur, 1842)
- ✚ **Crocothemis**
 - erythraea* (Brullé, 1832)
 - servilia* (Drury, 1773)

- ✚ **Brachythemis**
 - impartita* (Burmeister, 1839)

- ✚ **Sympetrum**
 - fuscopalliata* (Selys, 1887)
 - pedemontanum* (Müller in Allioni, 1766)
 - danae* (Sulzer, 1776)
 - depressiusculum* (Selys, 1841)
 - sanguineum* (Müller, 1764)
 - flaveolum* (Linné, 1758)
 - fonscolombii* (Selys, 1840)
 - meridionale* (Selys, 1841)
 - striolatum* (Charpentier, 1840)
 - vulgatum* (Linné, 1758)
 - nigrescens* (Lucas, 1912)
 - nigrifemur* (Selys, 1884)
 - sinaiticum* Dumont, 1977
 - haritonovi* Borisov, 1983

- ✚ **Leucorrhinia**
 - dubia* (Vander Linden, 1825)
 - pectoralis* (Charpentier, 1825)
 - rubicunda* (Linné, 1758)
 - caudalis* (Charpentier, 1840)
 - albifrons* (Burmeister, 1839)

- ✚ **Pantala**
 - flavescens* (Fabricius, 1798)
- ✚ **Zygonix**
 - torridus* (Kirby, 1889)
- ✚ **Trithemis**
 - annulata* (Palisot de Beauvois, 1807)
 - arteriosa* (Burmeister, 1839)
 - kirbyi* (Selys, 1891)
 - festiva* (Hambur, 1842)

- ✚ **Selsyothemis**
 - nigra* (Vander Linden)
- ✚ **Urothemis**
 - edwadsii* (Selys, 1849)

I.2. Morphologie des Odonates

I.2.1. Morphologie des adultes: Le corps de ces insectes est divisé en 3 parties : La tête, le thorax et l'abdomen

La tête : Très mobile, présente un aspect différent dans les deux sous –ordres

- **Chez les Zygoptères :** Les yeux séparés, l'occiput est marqué par deux taches postoculaires, le vertex avec trois ocelles disposées en triangle, le front porte deux antennes de 7 articles (un scape, un pédicelle et un flagelle de 5 articles) ; le postclypéus, le labre et le labium qui cache les pièces buccales.
- **Chez les Anisoptères :** La tête est globuleuse, les yeux composés, se rejoignent très souvent sauf pour les *Gomphidae* où ils restent nettement séparés. Les différentes pièces se trouvent ainsi ramenés vers la face sauf l'occiput qui est réduit à un triangle en arrière des yeux ; on observe à partir du sommet à la partie inférieure : le vertex, les ocelles, le front, le postclypéus, l'anteclypéus, le labre et le labium (**Fig.1**).

Le thorax_: formé de deux parties le prothorax qui porte la tête et la paire antérieure de pattes, le synthorax volumineux, porte les ailes et les pattes médianes et postérieures, il est formé du **méso** et du **métathorax**, chaque partie étant formé d'un **épistérne** et d'un **épimère** séparés par des (**sutures**). La partie médiane du synthorax, forme une **crête** dorsale à partir de laquelle on peut distinguer : l'épistérne mésothoracique, la suture humérale, l'épimère mésothoracique, la suture méso-métapleurale, l'épistérne métathoracique, la suture métahumérale et l'épimère métathoracique qui précède le premier segment abdominal (**Fig. 2**).

Les ailes : Elles sont au nombre de quatre. Elles sont parfois colorés ou maculées (tachetées), constituées par des nervures longitudinales et transverses formant entre elles de nombreuses cellules* (**Fig.3**).

Les pattes : Elles ne servent pas au déplacement, mais permettent à l'insecte de s'accrocher sur des supports (ponte) et au maintien des proies. Chaque patte est constituée d'un coxa, d'un trochanter, d'un fémur, d'un tibia, et d'un tarse composé de 3 articles dont le dernier porte deux griffes (**Fig. 4**).

L'abdomen : Il est toujours allongé, cylindrique est formé de dix segments bien visibles dont le dernier est très réduit. *La nervation alaire, les couleurs et dessins sur l'abdomen sont des critères d'identification.

Chez le mâle : le 2^{ème} segment porte ventralement l'organe copulateur dont les pièces accessoires ne sont pas reliées aux voies génitales : un pénis de 3 articles et d'une ou deux

paires d'hameçons. La vésicule séminale est située sur la face ventrale du neuvième segment - Les appendices anaux sont formés de 2 appendices supérieurs (les cercoïdes) et les appendices inférieurs sont formés chez les zygoptères de deux branches (les cerques). Chez les Anisoptères, d'un appendice unique (la lame supra-anale) (**Fig.5**).

Chez la femelle : Les organes génitaux sont situés sur la face ventrale des segments 8 et 9: un ovipositeur qui permet l'insertion des œufs et qui comprends 3 paires de valves. Chez les espèces exophytes, les paires de valves sont réduites à l'état vestigial et il ne reste que la lame vulvaire pour larguer les œufs. Les appendices anaux des femelles sont formés uniquement de lames supérieures (cercoïdes)

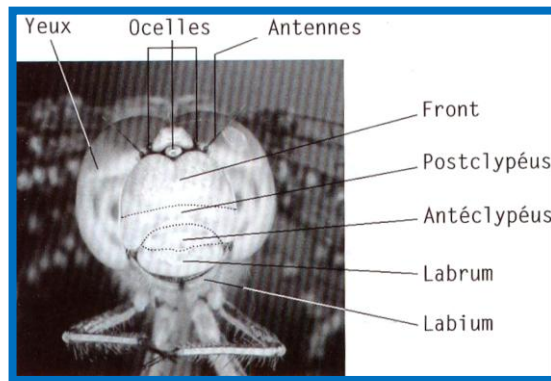


Figure 1 : Détail d'une tête de libellule [1]

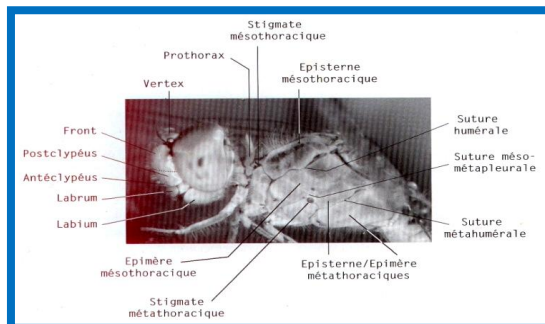


Figure 2: Détail du thorax d'une libellule [1]

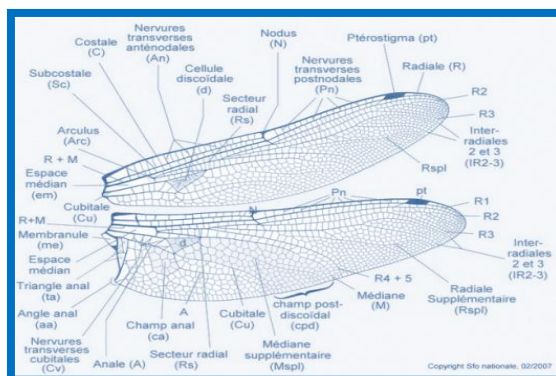


Figure 3: Nervation alaire (Anisoptère) [2]

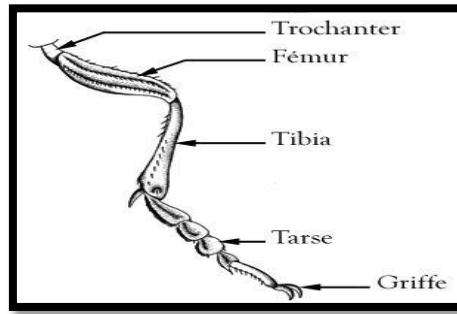


Figure 4 : Les différentes parties d'une patte d'un arthropode [3]

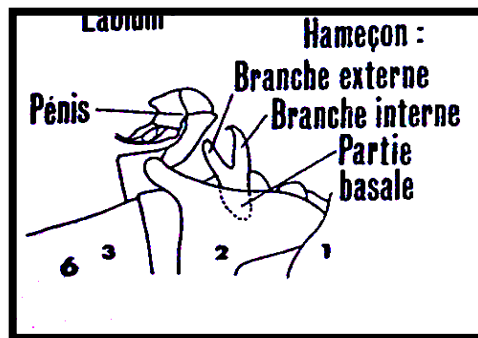


Figure 5 : Pièces copulatrices du mâle, vue de côté (d'Aguilar & Dommangeat, 1985)

I.2.2. Morphologie des larves: La forme générale des larves de Zygoptères est très allongée, courte et élargie chez les Anisoptères. le corps de la larve se divise en trois parties :

La tête : peu mobile, les yeux sont réduits, les ocelles sont peu distincts, les antennes composées de 3 à 7 articles, le front et le clypéus ne sont pas divisés, les mandibules sont peu différents de celles des adultes.

Le labium : organe de capture des proies, il est formé d'un submentum, un mentum, deux palpes labiaux mobiles munis de soies dont l'extrémité se termine par un crochet. Ces pièces sont des caractères de distinction des espèces (Fig. 6).

Le thorax : se divise en 2 parties : le prothorax et le méso-métathorax sur lequel apparaissent les 4 fourreaux alaires ; les pattes sont plus longues que celles de l'adulte et adaptées à la marche.

L'abdomen : Formé de 10 segments visibles et un 11^{ème} vestigial. Chez les Zygoptères , il est fin, cylindrique et allongé. Chez les Anisoptères, aplati et élargi et sur chaque segment on peut noter la présence ou l'absence d'épines ou tubercules médio-dorsaux ou d'épines

latérales. L' appareil de ponte est réduit à de simples ébauches à la face ventrale des segments 8 et 9, chez le mâle, le dessous du segment 2 présente des traces d'organes copulateur (Fig.7)

Les appendices anaux : Chez les Zygoptères : Ils sont constitués par 3 lamelles caudales ou branchies anales, composées de deux lamelles latérales ou (paraproctes) et d'une lamelle médiane ou épiprocte. Chez les Anisoptères : les appendices anaux forment une pyramide anale qui se compose de deux appendices supérieurs, les paraproctes ou lames infra-anale et d'un appendice médian, l'épiprocte ou lame supra-anale (Fig. 8).

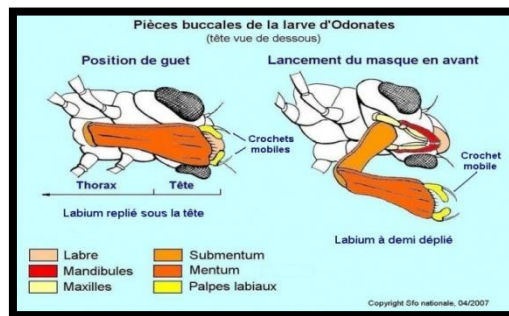


Figure 6 : Pièces buccales de la larve d'Odonate [2]

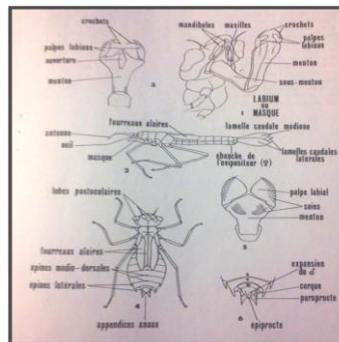


Figure 7 : Morphologie des larves (d'Aguilar & Dommanget, 1985)

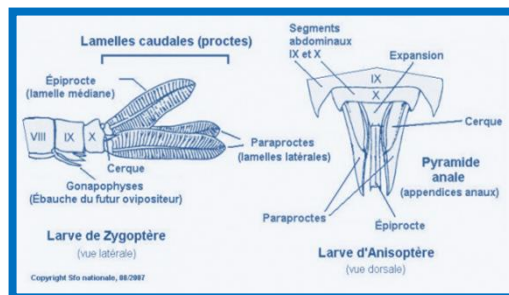


Figure 8 : Extrémités abdominales des larves d'Odonates [2]

I. 3. Biologie des Odonates

I. 3. 1. La vision: Les yeux des odonates sont constitués d'ommatidies. L'image formée est une juxtaposition des informations de chaque ommatidie. Ils peuvent détecter les couleurs, la lumière ultraviolette (UV proches (380-200nm) et ultraviolets extrêmes (200-100nm)), le plan de polarisation de la lumière, le mouvement.

I. 3. 2. Le système nerveux: le système nerveux est ventral, sauf dans la région de la tête où trois paires de ganglions sont fusionnés pour former le cerveau.

I. 3. 3. Le système circulatoire: l'hémolymphe est pompé à l'avant par un vaisseau dorsal .

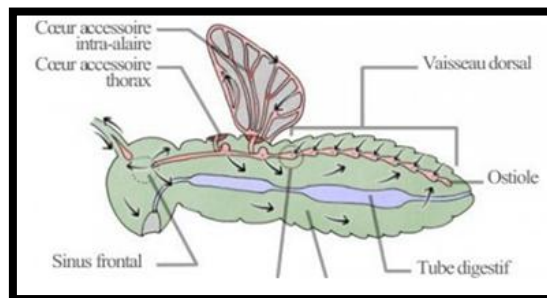


Figure 9 : Le système circulatoire chez les arthropodes [4]

I. 3. 4. Le système respiratoire: La respiration est assurée par les trachées qui relient l'air ambiant depuis le stigmate jusqu'aux tissus. C'est une diffusion exclusive (**Fig. 11**).

Cas des larves:

✓ **Chez les Anisoptères** La respiration se fait grâce à des branchies situées sur la surface interne du rectum (Corbet,1954). L'eau est pompée par des muscles segmentaux dorso-ventraux (4,5) et des bandes de muscles transverses. Le rejet par contraction du liquide de la chambre rectale provoque la propulsion en avant de l'insecte (Komnick 1993 in Corbet 1999).

Chez les Zygoptères : Elle est assurée par les trois lamelles caudales (**Fig. 10**); chez quelques espèces , il ya diffusion transcuticulaire à travers les ptérothèques. **Exemple :** Chez deux espèces d'*Enallagma*, les lamelles caudales assurent une absorption efficace de l'oxygène que le reste du corps (Pennack & Mac Call, 1944 in Corbet 1955).



Figure 10 : Lamelles caudales des Zygoptères [5]

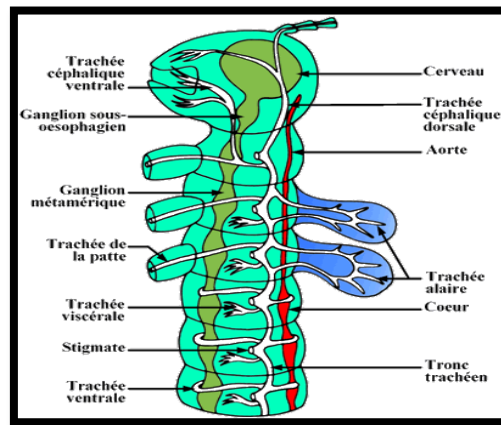


Figure 11: Système respiratoire chez les arthropodes (J-P. Grillo, 1999/2000)

I.3.5. La nutrition: les larves sont carnivores qui se nourrissent de proies vivantes dont la quantité est très importante en période de croissance. La chasse se fait à l'affût. On a noté que des espèces australiennes pouvaient rester en diète de trois (3) à huit (8) mois (Tillyard 1910 in Corbet, 1950). le cannibalisme existe également chez les adultes et les larves.

I.3.6. Le déplacement : Ils Peuvent atteindre des vitesses de l'ordre de 40 km/h, grâce à la capacité qu'elles ont de battre les 4 ailes séparément et indépendamment. De plus les nodus permettent la torsion de la partie distale (moitié extérieure) de l'aile, ce qui leur permet de reculer en vol, aller en avant, voler sur place (vol stationnaire), copuler en vol, monter. Le vol est soutenu par des muscles directement reliés aux ailes.

I. 3. 7. Le cycle biologique des Odonates:

Le stade adulte : On peut distinguer trois périodes importantes dans la vie de l'adulte :

- **La période pré-reproductive :** S'étend de l'émergence à la maturité sexuelle, les gonades étant immatures, il n'ya aucun comportement sexuel. La DPRP se fait par le marquage des individus fraîchement émergés.
- **La période reproductive:** Elle débute lorsque les adultes montrent un comportement sexuel. Cette période comporte deux phases essentielles: l'accouplement et la copulation

L'accouplement : Précédée par les préludes où il y a présentation du site de ponte et identification de l'espèce. Ensuite, le tandem se forme et recourbe son abdomen en vue de l'ancrage des organes copulateurs (huitième et neuvième segments abdominaux de la femelle et le deuxième segment abdominal chez le mâle).

- ✓ **Retrait du sperme** : Les femelles copulent avec plusieurs mâles et stockent les spermatozoïdes dans la bourse copulatrice et la spermathèque, grâce au pénis et aux appendices du mâle (Aedeagus) une partie du sperme antérieur est retirée.
 - ✓ **Transfert du sperme**: Le mâle recourbe son abdomen en ramenant **l'orifice génital** (neuvième segment) au contact de **l'appareil copulateur** (deuxième segment).
 - ✓ **la copulation**: le mâle soulève son abdomen en repliant vers la bas son extrémité, la femelle courbe à son tour son abdomen pour joindre son orifice génital à l'organe copulateur du mâle (deuxième segment) il y a alors formation du cœur copulatoire ou **The wheel position (Corbet, 1999)**. L'insémination peut-être très brève en vol (*Libellula*, *Crocothemis*) ou peut durer jusqu'à une heure si le couple est posé.
 - ✓ **L'oviposition**: La ponte succède à la copulation (Aguilar & Dommanget 1985). Le mâle peut se fixer à sa conjointe lui assurant une aide au cas où elle pond très profondément dans l'eau ou s'en séparer afin d'assurer sa protection des mâles rivaux.
 - ♦ Il y a 3 types de ponte: **Endophyte** en insérant leurs œufs à l'intérieur d'incision faites dans les tissus des plantes grâce aux valves de l'oviscapte. **Epiphyte**, à la surface de la végétation immergée ou émergée. **Le type exophyte**, lorsque les œufs sont déposées sous l'eau seules ou en tandem.
- NB/ La mortalité durant cette phase résulte de la prédation**
- ✓ **Le stade œufs**: le développement des œufs est conditionné par la température, la photopériode et l'altitude (Portmann, 1921 in Corbet, 1962). Chez certaines espèces, le développement est direct et se fait aussitôt après la ponte et se poursuit sans interruption et l'éclosion de la prolarve survient avant l'hiver, chez d'autres espèces l'embryogenèse est interrompue après la ponte et ne reprend qu'après l'hiver, l'éclosion est différée au printemps suivant.
 - ✓ **Le stade larvaire**: S'effectue dans l'eau, il dure de quelques mois à plusieurs années (5 à 6 ans pour les *Cordulegaster* en altitude). Les extrêmes connus au niveau mondial sont de 20 jours à une dizaine d'années (Boudot & Grant, 2006). Le nombre de mues est variable d'une espèce à l'autre et parfois chez la même espèce varie de 9 à 16 mues.
 - ✓ **La métamorphose**: Elle se traduit par de profonds changements morphologiques, physiologiques et comportementaux irréversibles s'effectuant durant le stade larvaire final (Corbet, 1999). Cette métamorphose est **sous contrôle hormonal**, induite par une élévation du taux d'ecdysone sécrétée par des glandes ventrales ou prothoraciques (logées dans la partie inférieure de la tête) et une diminution du taux d'hormones juvéniles

secrétées par les corps allates responsables de l'inhibition de la métamorphose durant le stade larvaire (Corbet, 1999). **Expérience** : Chez *Aeshna cyanae*, la métamorphose est inhibée en procédant à l'ablation des glandes ventrales (Staler, 1948 in Corbet, 1999).

✓ **L'émergence**: L'enveloppe chitineuse se fend derrière la tête entre les deux fourreaux alaires, la fente s'agrandit ; le thorax, la tête puis les pattes en sortent. Pour la délivrance de l'abdomen, il ya deux variantes: Chez les **Zygoptères**, l'insecte s'agrippe au support au dessus de la dépouille après un temps de repos et tire vers le haut. Chez les **Anisoptères**, Le jeune adulte se renverse complètement et la phase de repos a lieu tête en bas opérant des mouvements de balancements. L'insecte parvient à se redresser et à s'accrocher à la partie antérieure de sa dépouille. La durée des émergences dépend des conditions climatiques et des espèces et dure généralement de une à trois heures.

NB: Le taux de mortalité à l'émergence est de 3 à 30% du total annuel des émergences, et peut atteindre 50% d'un effectif journalier (Boudot & Grant, 2006).

➤ **La période post-reproductive**: Peu d'individus passent cette période, leurs couleurs ternissent, leurs ailes amochées et finissent par mourir . La période de vol des différentes espèces est en général inférieure à un an. La longévité est variable en fonction des espèces, des intempéries, de la prédation, des combats rivaux, du parasitisme et des ressources trophiques.

I. 4. Ecologie des Odonates

I. 4. 1. L'occupation des habitats

Les larves d'odonates sont à prédominance aquatiques, on les trouve dans les cours d'eau permanents, intermittents, lacs, les mares, les tourbières , et même dans les habitats où la salinité est forte.

✓ **Occupation des microhabitats** : les auteurs s'accordent à penser que les larves d'odonates possèdent une morphologie et un comportement corrélés avec les microhabitats qu'ils occupent nous pouvons distinguer :

- ◆ **Ceux qui s'agrippent : (Claspers)**: Un abdomen allongé, un corps lisse et un prémentum (submentum) plat, allongé chez les Ashnidae une protection contre le cannibalisme. Ce sont les Ashnidae et les cordulidae dans les cours d'eau rapides à torrentiels et qui sont capables d'immobilisation réflexe.
- ◆ **Les espèces vautrées ou étendues (Sprawlers)** avec un abdomen accroupi
- ◆ **Celles qui se cachent (Hiders)**

- ◆ **Les espèces fouisseuses (Burrowers)** qu'on trouve au fond du lit dans les sédiments fins

✓ **Présence de poissons** : certaines espèces d'odonates coexistent avec les poissons alors que d'autres sont limitées aux habitats qui en sont dépourvus. (Corbet, 1999).

Les assemblages d'odonates sont corrélés avec certaines caractéristiques de l'habitat. Ce taxon à lui seul peut nous informer sur les conditions du milieu. En effet, ces espèces sont hémimétaboles et capables d'occuper des habitats variés selon leur état de développement: Œuf, larve ou adulte.

I. 4. 2. L'environnement physico- chimique

➤ **L'altitude** : Les travaux de Samways (1989a) en Afrique du Sud, ont révélé une diminution du nombre de taxons avec l'augmentation de l'altitude. Selon un gradient altitudinal, il existe des assemblages ou des cortèges d'espèces corrélés avec la végétation et le climat.

➤ **Tolérance aux hautes températures** : certaines espèces peuvent se maintenir dans des habitats peu hospitaliers (hautes températures) généralement tolérantes à forte salinité c'est le cas d' *Ischnura senegalensis*, les larves développent des adaptations à ces milieux en se logeant dans les détritits, dans les karsts.

➤ **La salinité** : La pression de la prédation est moindre dans les milieux saumâtres, C'est la mesure du taux de chlorure de sodium (NaCl en g/l) dans le milieu. Elle est étroitement corrélée avec la distribution des organismes aquatiques à cause de leur capacité d'osmorégulation, réalisée par une régulation ionique en particulier du sodium et des chlorures (Herzog 1987 in Corbet 1999).

Les larves de la plupart des odonates sont des régulateurs hyperosmotiques dans les eaux douces aux eaux salées modérées et sont incapables de la régulation hypoosmotique.

Plusieurs espèces disposent d'adaptations physiologiques (l'épithélium intra rectal de revêtement spécialisé dans l'absorption ionique (Corbet, 1999)) très particulières leur permettant de coloniser des habitats très originaux. C'est le cas de certaines espèces qui supportent des salinités élevées :

- ◆ *Libellula depressa* → 14g/l
- ◆ Au Maghreb, *Orthetrum sabina* → 22g/l (Boudot & Grant, 2006).
- ◆ En Camargue, *Ischnura pumilio* et *Ischnura elegans* se développent dans des milieux qui oscillent de 2 grammes à 20g/l.

De façon générale, les odonates des régions arides sont adaptés à une forte salinité, il s'agit d'une adaptation qui leur permet de se maintenir dans des régions géographiques où l'eau douce fait défaut.

- ◆ *Erythrodiplax berenice* : Recherche les eaux saumâtres des côtes américaines.
- ◆ Au Japon, des larves d'*Orthetrum albistylum speciosum* ont été trouvées dans la mer (Boudot, & Grand, 2006).
- **La conductivité** : mesure la concentration en ions indifféremment du type d'ions présents, c'est la mesure de la quantité de sels dissous
- **Le pH** : C'est un indicateur des conditions écologiques dans les environnements aquatiques. Il est corrélé avec la salinité, la conductivité et la décomposition des matières organiques (Verbeek et al 1986 in Corbet, 1999) .
 - L'augmentation de l'acidité influence la distribution des espèces et leur composition.
 - Calopteryx virgo* 5,1- 5,4
 - Somatochlora metallica* 5,1-5,8
 - Cordulegaster boltonii* 5,6- 6,1.
 - L'augmentation de l'acidification est accompagnée d'un succès moindre de l'émergence de *Ischnura elegans* (Blatmen 1990 in Corbet 1999).

Le pH peut influencer les organismes aquatiques en présence de métaux :

 - Le plomb affecte la taille à la maturation lorsque le pH est compris entre 3,5 et 4,5 (Gerhardt 1993 in Corbet 1999).
 - L'interaction du pH et de l'aluminium induisent des changements structuraux et ultra structuraux dans les différents tissus larvaires de *Pyrrhosoma nymphula* (Blattmen, 1990 in Corbet, 1999).
 - Les zygoptères sont plus tolérants à l'élévation du pH que les Anisoptères (Hart & Fuller 1974).
 - Dans les estuaires, on remarque une adaptation des larves de
 - Cordulegaster boltonii* et *Erythromma najas* à un pH de 8 et une conductivité de 8000µS/cm ; très loin de leur environnement normal.
 - Somatochlora metallica* : pH (4,6-6,4) (Müller, 1986).
 - Ischnura pumilio* occupe des eaux acides (pH 4) à alcalines (pH 8.1) (Rudolph, 1979, Fox, 1979).
- **Oxygène dissous**: La concentration dans l'eau de l'oxygène dissous (DO) exprimée en mg/l affecte le métabolisme et la survie des odonates.

❖ **Les mouvements de l'eau** : Il y a une ségrégation des espèces selon la vitesse de l'eau (Corbet, 1999). Les larves des eaux lotiques peuvent être délogées lors des crues et sont charriées vers des habitats inconvenables, il y a une contre adaptation (St Quentin, 1973 in Corbet, 1999) :

- ✓ En s'agrippant, en se dissimulant ou en s'enfouissant dans le substrat.
- ✓ Certaines espèces s'agrippent aux roches (Jhonson, 1968 in Corbet 1999).

La taille des particules du substrat détermine la faisabilité de l'enfouissement des Gomphidae (Müller, 1995 in Corbet 1999). l'angle adopté par l'avant de la tête aide à contrer le délogement. La larve de *Gomphus vulgatissimus* pointe son corps puis se propulse jusqu'au fond. Une autre contremesure c'est que la larve peut quitter l'eau et gravir la berge (cas du terresterialisme).

I. 4. 3. Les odonates et la bioindication: Les bio indicateurs ou indicateurs écologiques sont des taxons ou des groupes d'animaux qui montrent des signes qu'ils sont atteints sous la pression environnementale en raison des activités humaines (Mc Geoch,1998; Dalam Shalabuddin,2003). Les mesures chimiques de la qualité de l'eau sont ponctuelles (Spellerburg, 1991, Resh et al 1996) et lorsqu'elles sont difficiles à réaliser ou trop chères, elles peuvent être déduites à travers les bioindicateurs (Landres et al 1988, Caro et O'Doherty 1999).

Cette méthode est couramment utilisée dans plusieurs pays par des agences de conservation afin d'évaluer les impacts des activités anthropogéniques: (United Nations Environment Programme) (UNEP), World Conservation Monitoring Centre, United States Environmental Protection Agency (US EPA), (World Wide Fund for Nature) (WWF), Friends of the earth (FOE), (US EPA 2002a, UNEP 2002) .

Selon Pearson (1994) pour qu'un genre puisse être utilisé comme bioindicateur il faut qu'il soit facile à surveiller et à manipuler, son histoire de vie est connue, le ou les taxons sont largement distribués dans différents types d'habitats et parmi eux un nombre réduit sont des spécialistes et sont sensibles aux changements d'habitats.

Parmi ces indicateurs écologiques, le seul taxon des odonates peut indiquer la qualité d'un cours d'eau selon les espèces sensibles ou tolérantes. la mesure de cette évaluation se fait à travers :

- ◆ La présence/Absence
- ◆ L'abondance relative
- ◆ Le succès reproducteur
- ◆ La structure de la communauté (composition, diversité)

I. 4. 4. Le parasitisme

Le parasitisme des œufs de libellules est toujours léthal et contribue à la régulation des populations, les libellules sont parasitées à divers stades de leur existence.

➤ **Le parasitisme des œufs :** Les hyménoptères appartenant aux familles des calcididae, Mymaridae et Trichogrammatidae recherchent les œufs de libellules à ponte endophyte.

Exemple: Les femelles d'*Anagrus incarnatus* d'une taille d'un millimètre parasitent les pontes de *Chalcolestes viridis* après avoir dévoré l'embryon de l'hôte pour réaliser son développement larvaire .

➤ **Le parasitisme des larves :**

✓ **Endoparasites,** qui accomplissent leur développement partiel ou complet à l'intérieur des larves. Les plus fréquents sont les sporozoaires de la classe des Grégarines

Mécanisme: L'hôte ingère les spores les oocytes contenant les sporozoïtes qui une fois libérés restent à l'intérieur de l'intestin ou traversent la paroi intestinale et pénètrent à l'intérieur des organes de l'hôte où elles effectuent une partie de leur cycle de développement avant d'être libérées et ingérées par un autre hôte pour achever son cycle de vie.

NB: Après les Orthoptères, les odonates sont de l'ordre des insectes le plus infectés (Abro 1974 in Corbet 1999).

- Les grégarines prédominent plus chez les Zygoptères que chez les Anisoptères et un individu peut-être infesté par plus d'une espèce simultanément.
- Les grégarines bloquent le milieu de l'intestin causant une malnutrition et la mort par rupture de l'intestin lorsque leur nombre est compris entre 300 et 500.

✓ **Exoparasites:** Se fixent à l'extérieur sur leur enveloppe chitineuse (Grand & Boudot, 2006) . Les plus répandus sont les hydracariens qui sont des arthropodes de la classe des Arachnides

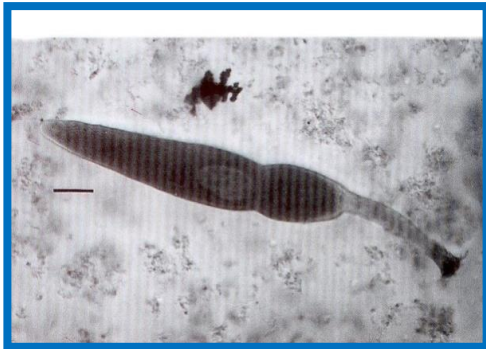
Exemple : *Arrenurus papillator* se fixe sur les corps ou les nervures des Coenagrions et des Sympetrum aspire l'hémolymphe. Ces nymphochrysalides quittent l'adulte et retournent à l'eau dès qu'ils auront entamés la phase de reproduction.

NB: Ce parasitisme est une phase de vie ralentie et une forme de résistance de l'espèce à la saison sèche (Grand & Boudot, 2006). Le taux d'infection varie largement 60 % chez les larves et 100% chez les adultes (Jarry & Jarry 1961 in Corbet, 1999). Chez *Enallagma cyathigerum* , il atteint 100% lors de la période de vol (Abro 1974 in Corbet 1999).

Dans l'ordre des plathelminthes les trématodes et les cestodes peuvent infecter les odonates jusqu'au stade adulte. Le Trématodes *Prosthogonimus* passent des larves aux adultes de libellules, une fois ingéré par des oiseaux provoque une maladie « La prosthogonimose des

volailles » qui provoque une inflammation aigue au niveau de l’oviducte des oiseaux et se traduit par une production anormale d’œufs (Dumont et Hinnekint 1973 in Corbet 1999).

NB : Ce fort taux de prédation induit la migration de *Libellula quadrimaculata*.



Grégarines Hoplorhynchus [1]



Grégarines Trophozoïtes [1]

L’homme contracte ces parasites par les larves infectées qui sont souvent consommées crues, il pourrait éviter cette infection en faisant cuire ces larves avant de les consommer c’est ce qui est d’usage aujourd’hui au Japan (Katsuya, 1989).



Photo 1: Femelle de Calopteryx exul (Jean pierre Boudot)

Chapitre 2

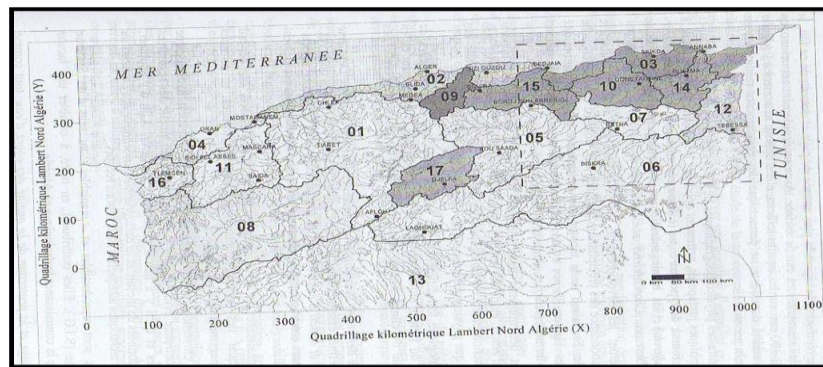
Première partie

Description des sites d'étude

Première partie : Les bassins exoréiques de l'Est

Les bassins de l'Est ont été largement décrits par le professeur Mebarki (1982, 2005, 2009): Le Bassin du Kebir-Rhumel, Hydrologie des Bassins de l'Est, Ressources en eau et aménagement en Algérie. Ces travaux sont les principales références citées dans le présent chapitre.

Introduction: Le bassin versant est défini comme une entité topographique et hydrographique où se produisent des entrées d'eau (Précipitations et apports souterrains) où l'écoulement s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur. L'Algérie compte dix sept bassins-versants (**Fig.12**) ; Notre étude a porté sur trois bassins hydrographiques exoréiques : La Seybouse (**14**), les côtiers constantinois Est (**03**) et le bassin du Kebir-Rhumel (**10**).



01 : Cheliff 02 : Côtiers algérois 03 : Côtiers constantinois 04 : Côtiers oranais 05 : Chott Hodna
06 : Chott Melhir 07 : Hauts Plateaux constantinois 08 : Hauts Plateaux oranais 09 : Isser 10 : Kebir-Rhumel 11 : Macta
12 : Medjerda 13 : Sahara 14 : Seybouse 15 : Soumam 16: Tafna 17: Zahrez

Figure 12: Bassins hydrographiques de l'Algérie du Nord (Mebarki, 2005)

II.1 Le bassin versant de la Seybouse: La Seybouse est un oued méditerranéen, naît dans les hautes plaines semi-arides de l'Atlas Tellien. Il draine un vaste bassin ayant une surface de 6570 km², il occupe la troisième place quant à la superficie après oued El Kebir du Rhumel et Medjerdah-Mellegue. Cet oued mesure 134,74Km de long dont 57,15Km sont traversés au niveau du Bassin de Guelma et 77,59Km dans la basse Seybouse

II.1.1 Description des sous bassins versant de la Seybouse: Nous pouvons distinguer trois zones principales :Bouhamdane (14-03) 1136Km², la moyenne Seybouse (14-04) : 818Km², la basse Seybouse (14-06) : 1057Km² (Fig.13)

✓ **Le Sous-Bassin de Bouhamdane:** Il est traversé par oued Bouhamdane (37,49Km) qui est alimenté par plusieurs affluents : Oued Zenati 52,40 Km, oued

Dardar 10,53 Km, oued Sabath 10,86 Km, oued El Aria 10,79 Km. (Cahiers de l'agence A.B.H. 1999). Les oueds Zenati et Sabath forment par leur jonction oued Bouhamdane qui rencontre oued Cheref à Medjaz Amar pour former la Seybouse.

- ✓ **Le Sous- Bassin de Guelma ou (Moyenne Seybouse):** A partir de Medjaz amar, la Seybouse accrue par l'union du Bouhamdane et du Cheref débouche dans le Bassin de Guelma où des cours d'eau viennent y affluer : Oued Boumia 12,70 Km, oued Bou Sorra 16,32 Km, oued El Maiz 10,16 Km, oued Helia 18,41 Km, oued Bou Djedra 10,07 Km. (Cahiers de l'Agence A.B.H.1999). L'oued est orienté de l'Ouest à l'Est et traverse Nador pour déboucher dans la dépression de Bouchegouf où converge un nouveau système hydrographique qui se jete dans la Seybouse au Sud- Ouest de Bouchegouf.

- ✓ **Le sous bassin du Mellah :** Son cours principal est formé par la réunion de l'oued Sfa, Cheham et oued Ranem qui plus haut porte le nom de oued R'biba, Sekaka avant de recevoir les eaux de l'oued Rhirane formé à son tour par la réunion oued Hammam et oued R'biba. Au Nord-Est, les oueds Bou Redine et maaza forment oued El Mellah en aval (Fig. 13).

- ✓ **Le sous bassin de la basse Seybouse:** La Seybouse se fraie un chemin entre Bouchegouf et Drean, de direction Sud-Nord c'est la dernière étape à franchir . A ce niveau, la Seybouse est alimentée de l'Ouest par : Oued Ressoul 17.56 Km, Dardara 25,56 Km, Frarah 12,76 Km, Boudjemaa 17,71 Km.

II. 1. 2. Les caractéristiques lithologiques du Bassin Versant

- ✓ **Le sous bassin de Bouhamdane :** Le secteur de Oued Zenati est dominé par des grès, d'argiles et de marnes ne permettant pas l'infiltration de l'eau. Du côté de Oued Sabath c'est des Marno- calcaires.
- ✓ **Le sous bassin de Guelma :** A Guelma, ce sont des terrains sédimentaires ; entre Medjaz Amar et Bentabouche apparaissent les Marno-calcaires. (Ghachi, 1986).
- ✓ **Le sous bassin de Mellah :** En saison sèche, oued Ghanem traverse les terrains gypseux de la région de Oued Cheham qui est peu perméable.
- ✓ **Le sous bassin de la basse Seybouse:** Au Sud-Ouest marno-calcaires de Aïn Berda ainsi que des argiles à Aïn Berda et Meboudja. L'analyse du milieu physique du territoire de la Wilaya fait ressortir 04 ensembles (zones) à **savoir :** Le bassin de Guelma, La vallée de Guelma- Bouchegouf, La plaine d'Oued Zenati et La plaine de Tamlouka (Fig.15).

II. 1. 3 Les principaux barrages de la Seybouse: Le bassin de la Seybouse compte quatre barrages (Fig.14), la capacité de ces derniers est estimée à 360,66Hm³ et le volume annuel s'élève à 115,9Hm³ .

II. 1. 4 Altitude et pente des oueds du bassin de la Seybouse

L'étude du profil en long (Fig16) montre des ruptures de pente (gorges amont de Medjaz Amar) qui s'expliquent par des roches résistantes à l'érosion, en revanche, l'oued Bouhamdane présente un profil en long régulier entre Medjaz Amar et l'embouchure où la valeur de la pente n'est que de 3% à 5%. En résumé, la haute Seybouse présente des pentes faibles inférieures à 7,5%. La moyenne Seybouse et ses affluents descendant de l'Atlas Tellien donnent des gorges profondes qui renforcent la vitesse des eaux (Guachi, 1986).

II. 1. 5. Les rejets

II. 1. 5. 1. Les eaux usées des agglomérations urbaines

L'oued Seybouse évacue à la mer autour de 1,43 m³/s (45,33 hm³/an). Le sous- bassin de Seybouse maritime (Annaba) fournit 865,9 l/s, soit 60% du flux total à l'embouchure. Il est secondé par le sous-bassin de la moyenne Seybouse (Guelma), avec un débit de rejet de 282,9 l/s (19,7%).

II.1. 5. 2 Les rejets industriels : Pourvu d'un tissu industriel dense (49 unités industrielles), le bassin de la Seybouse est consommateur d'eau, le volume des eaux usées est estimé à 500l/s. La plus importante part s'effectue dans le bassin de la Seybouse maritime où se concentre la majorité des industries (Complexe d'El Hadjar, zone industrielle de Pont Bouchet). Le sous –bassin de la moyenne Seybouse est le siège rejets SYCMA (Cycles, motocycles), ENASUCRE (Sucrierie raffinerie), ECVE (Vaissellerie), localisés autour de Guelma et subissent une épuration partielle par décantation (Fig.17)

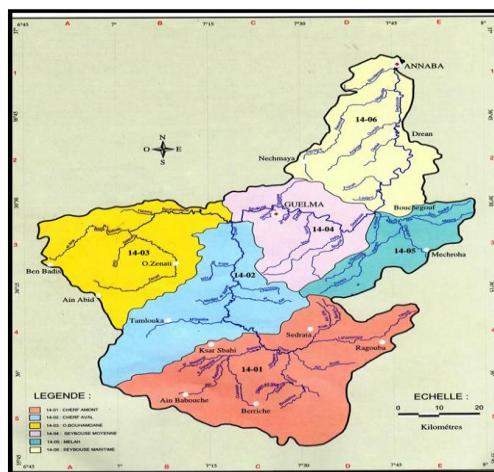


Figure 13 : Carte des Sous-Bassins (A. B. H, 1999)

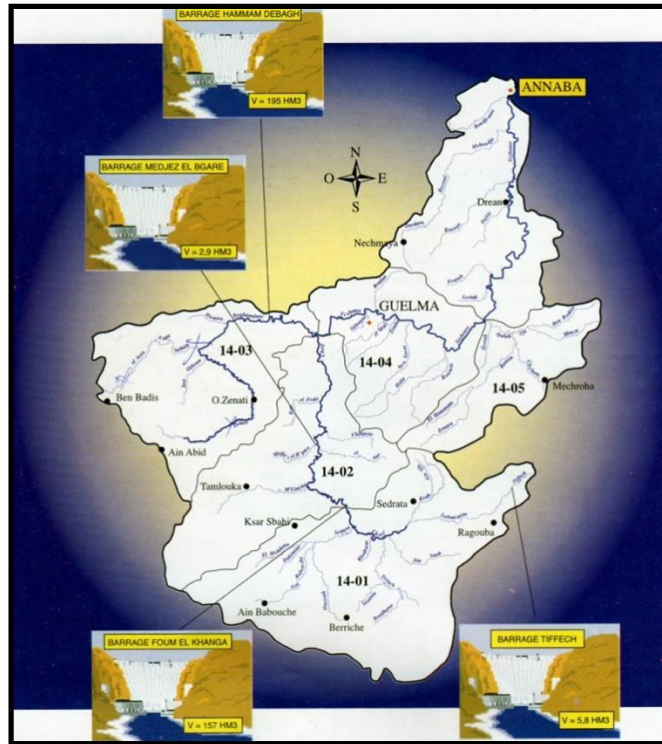


Figure 14: Implantation des barrages (A.B.H, 1999)

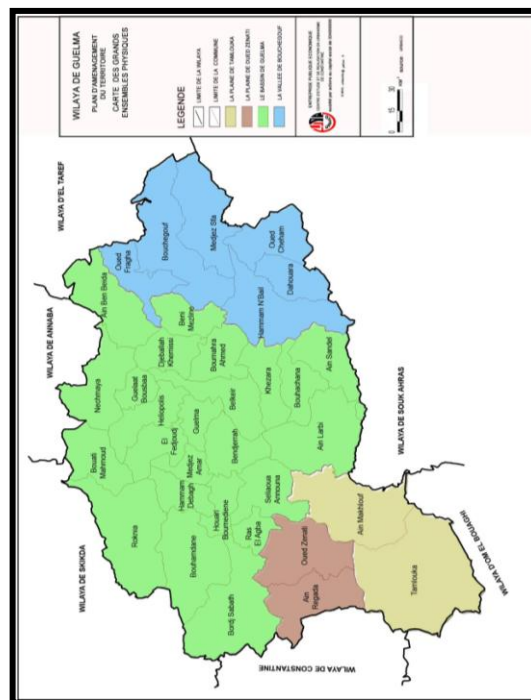


Figure 15: Carte des grands ensembles physiques de la wilaya de Guelma (URBACO, 2012)

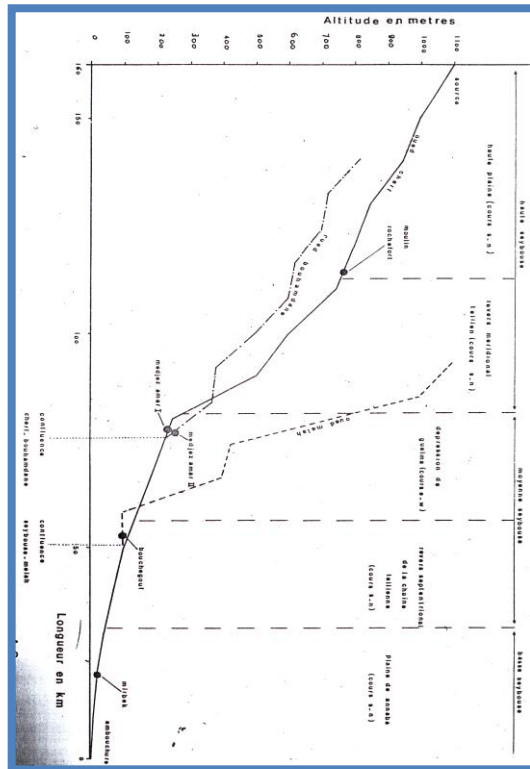
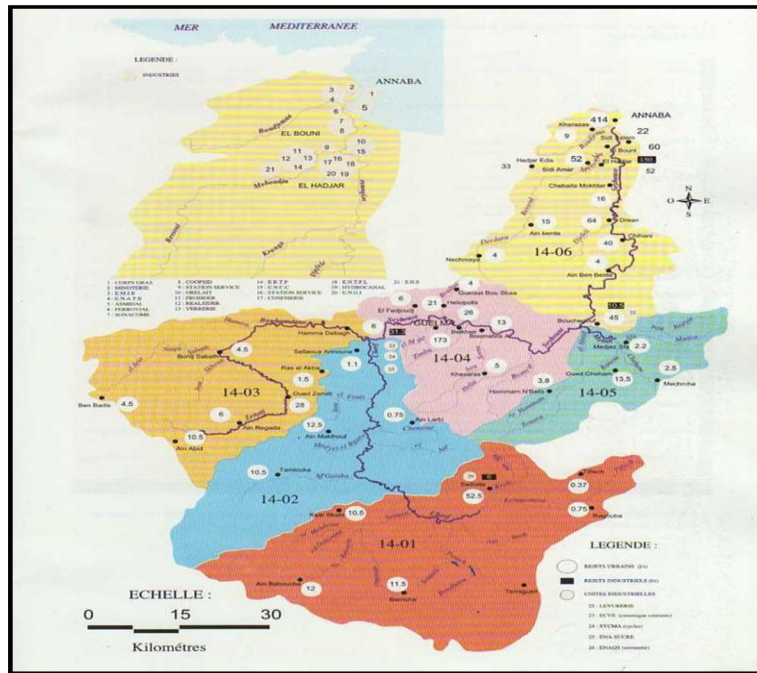


Figure 16 : Profil en long de l'oued Seybouse et ses affluents (Guachi, 1986)



○ Rejets urbains (L/s) ■ Rejets industriels (L/s) ○ Unités industrielles

22 Levurerie 23 ECVE (Céramique courante) 24 SYCMA 25 ENASUCRE 26 ENAQS SERRURERIE

Figure 17 : Carte des rejets de la Seybouse (A.B.H, 1999)

II. 1. 6. Climatologie : Guelma

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes: L'une humide marquée par une forte pluviosité et par de faibles températures; L'autre, sèche et chaude, avec de fortes températures atteignant le maximum au mois d'août.

II. 1. 6. 1. La température: On remarque que les moyennes les plus élevées s'étendent du mois de juin à septembre variant entre 23,47°C et 27,54°C. Les températures moyennes les plus basses quant à elles, sont enregistrées en hiver durant les mois de janvier (9,76°C) et février (9,64°C). la courbe ci-dessous montre l'évolution des températures avec un maximum durant l'été et un minimum en hiver (Fig.18)

II. 1. 6. 2. Les précipitations: On remarque que les précipitations sont abondantes en hiver avec un maximum au mois de janvier (90,29 mm) et un minimum en été au mois de juillet avec 3,72 mm (Fig.19).

II. 1. 6. 3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson: Permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec **P=2T**. La figure 20 porte le Diagramme Ombrothermique de la région de Guelma établit à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de douze (12) ans.

On peut distinguer deux périodes : La première froide et humide qui s'étale sur 07 mois, d'octobre à la fin du mois d'avril. La deuxième chaude et sèche qui s'étable sur 05 mois de mai à septembre (Fig.20).

II. 1. 6. 4. Climagramme d'Emberger : Notre région d'étude se situe au Nord-est algérien . Selon QUEZEL (1978), cette région appartient au domaine méditerranéen, appelé aussi domaine méditerranéen Nord Africain. Emberger a montré que le bassin méditerranéen peut être subdivisé en cinq étages bioclimatiques : aride, semi aride, subhumide, humide et per-humide.

- Aride (**P** compris entre **100** et **400** mm), - Semi-aride (**P** entre **400** et **600** mm)
- Sub-humide (**P** entre **600** et **800** mm), - Humide (**P** entre **800** et **1200** mm)
- Per-humide (**P** > **1200** mm) (QUEZEL, 2000).

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'**Emberger** (**Q**) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique . Il est déterminé comme suit : $Q = 3,43 \times P/M-m$ **Q** : le quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm = à 649,02 mm, - **M** : Moyenne maximale du mois le plus chaud = à 36,65° C , - **m** : Moyenne minimale du mois le plus froid = à 4,52°C

- ♦ Le quotient pluviométrique Q est égal à 69,28, ce dernier situe la région de Guelma dans l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver frais (Fig.21).

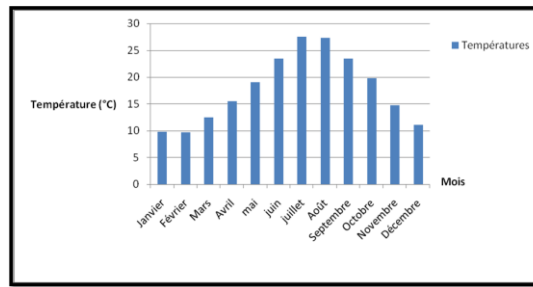


Figure 18 : Evolution des températures moyennes à Guelma (2002-2013)

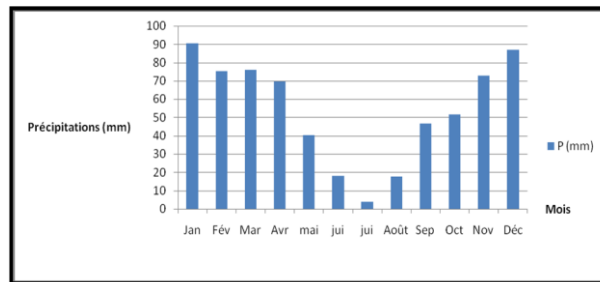


Figure 19: Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2013)

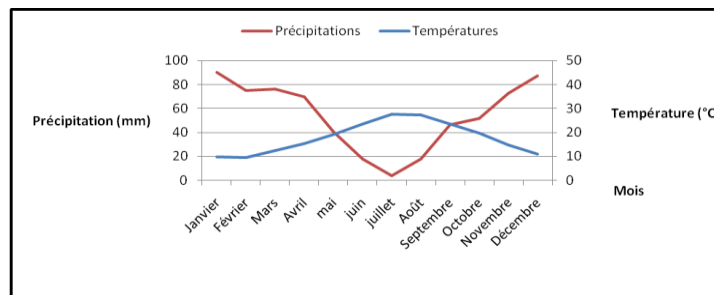


Figure 20: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la ville de Guelma (2002-2013)

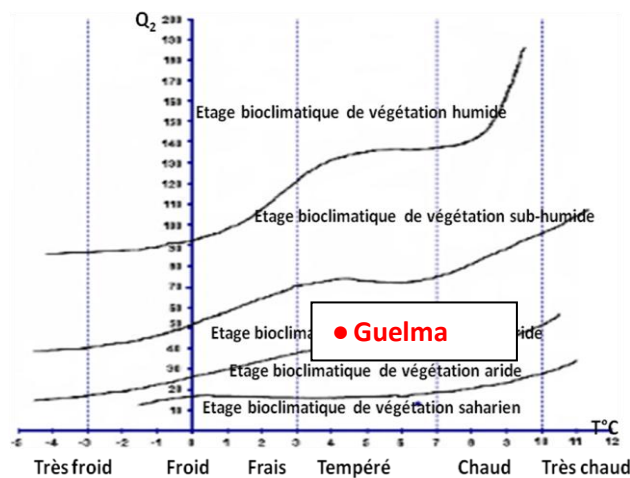


Figure 21 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2013)

❖ **Annaba** : Le climat est méditerranéen. connu par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides, la neige est rare. Les pluies sont abondantes et peuvent être diluviennes.

II. 1. 6. 5. Les températures: Les moyennes les plus élevées s'étendent du mois de juin à septembre variant entre 22,1°C et 25,5°C. Les températures moyennes les plus basses, sont enregistrées en hiver durant les mois de janvier (11°C) et février (10,8°C).

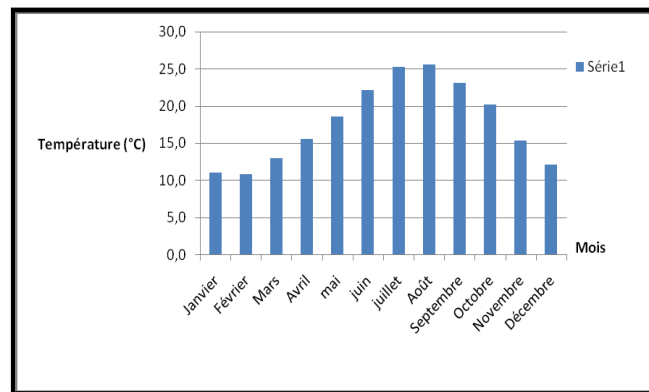


Figure 22 : Evolution des températures moyennes à Annaba (2004-2013) (ONM Constantine)

II. 1. 6. 6. Les précipitations

On remarque que les précipitations sont abondantes en hiver avec un maximum au mois de Novembre (176 mm) et un minimum en été au mois de juillet avec 1,9 mm.

II. 1. 6. 7. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

D'après ce diagramme établi à partir des données de la station météorologie d'Annaba, on peut distinguer deux périodes : La première froide et humide qui s'étale sur 06 mois, d'octobre à la fin du mois de mars. La deuxième chaude et sèche qui s'établit sur 06 mois d'Avril à septembre.

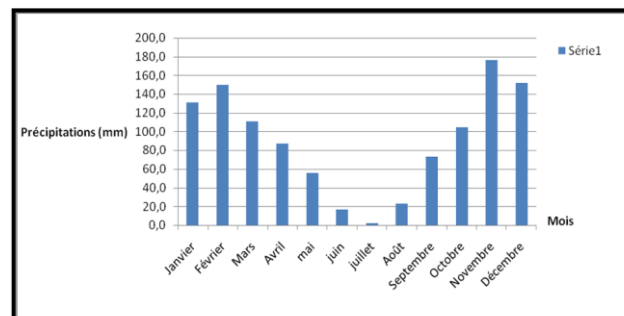


Figure 23: Evolution des précipitations moyennes à Annaba (2004-2013)

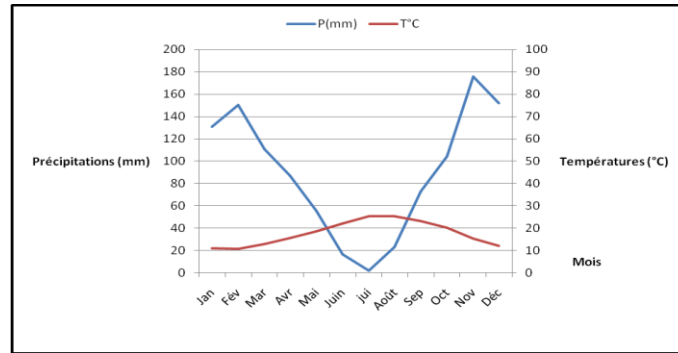


Figure 24: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la ville d'Annaba (2004-2013)

II. 1. 6. 8. Climagramme d'Emberger

ce dernier situe la région d'Annaba dans l'étage bioclimatique de végétation humide à hiver doux (Fig. 25).

- Q : le quotient pluviométrique; $P = 1074,1$ mm, $M = 31,5^{\circ}$ C, $m = 6,7^{\circ}$ C, Q est égal à 148,55

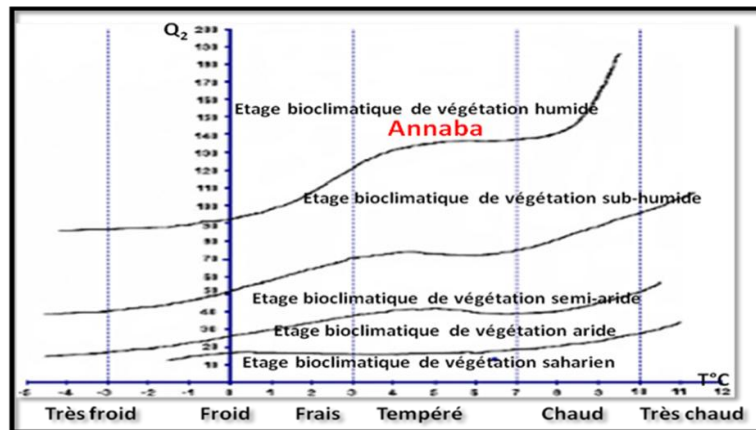


Figure 25: Situation de la région d'Annaba dans le climagramme d'Emberger (2004-2013)

II. 1. 7. La couverture végétale

La Wilaya de Guelma comprend une superficie de couverture forestière de 105.395 ha, soit un taux de 28,59% de la superficie totale de la wilaya à un paysage discontinu et hétérogène, confiné dis continuellement dans les massifs répartis d'Ouest en Est. Les grands espaces de terrains sont à vocation forestière dans la partie Sud-Est (Fig. 26 & 27) Selon la densité, les forêts se répartissent comme suit :

- Forêts denses : **19.459** ha - Forêts claires : **10.491** ha -Maquis et broussailles et parcours **57.402** ha -Reboisements : **3.589** ha -Vides : **14.457** ha.

Le taux de reboisement est de **10 %** dénotant un effort considérable de reforestation du territoire. Les principales forêts sont :

- Forêts de Béni Salah : réserve nationale en liège (12.745 ha).
- Forêt de la Mahouna : d'une vocation récréative s'étalant sur 1.035 ha.
- Forêt de Houara : avec une superficie de 2.374 ha.
- Forêt dense Beni Medjalel à Bouhamdane : 3.506 ha.

Les principales essences sont le chêne liège (localisé dans Beni Salah, Houara, Djeballa, Mahouna), l'eucalyptus, le pin d'Alep, le pin maritime, le chêne zeen et le cyprès. Ces dernières se répartissent comme suit :

- Chêne liège : 21.884 ha. - Eucalyptus : 2.657 ha. - Pin d'Alep : 2.915 ha.
- Chêne zeen : 2.753 ha - Cyprès : 1.517 ha. - Pin maritime : 1.410 ha.

Les principales productions sont le chêne liège et le chêne zeen, avec un volume de production de **1.500** stères. Pour le bois, l'eucalyptus et le pin d'Alep avec **29.358** m³ environ (Zouaidia , 2006).

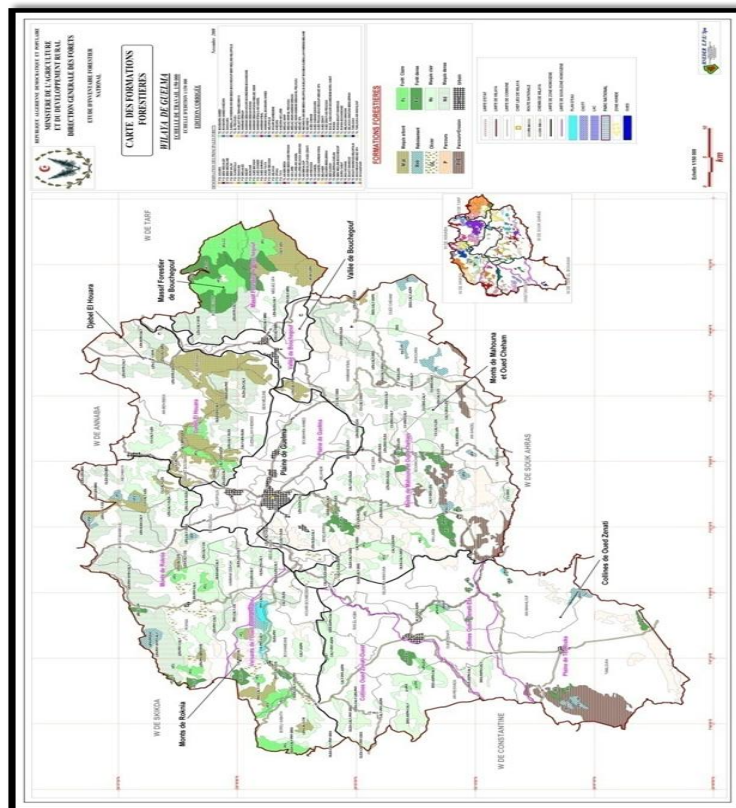


Figure 26 : Carte des formations forestières (Conservation des forêts de Guelma)

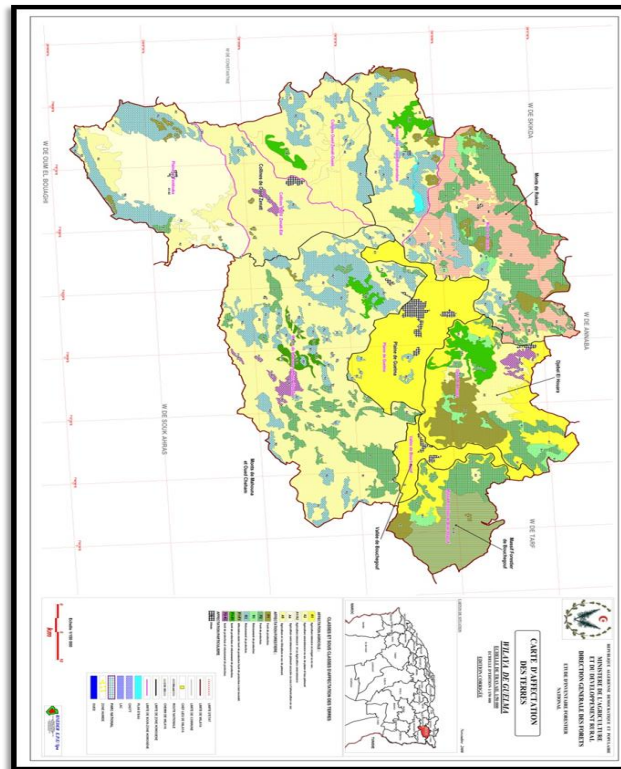


Figure 27 : Carte d'affectation des terres (Conservation des forêts de Guelma)

II. 2. Le bassin des côtiers constantinois

Les travaux de Chaib (2011) sur le Kebir-Est et Affoun (2006) sur la Mafragh sont les principales références utilisées dans cette partie en plus de celles citées au départ.

Introduction

Le bassin hydrographique « Côtiers Constantinois » se décompose en Côtiers Est (Quatre sous-bassins répartis sur 3203 Km²), Côtiers centre (neuf sous bassins répartis sur 5524 Km²) et Côtiers Ouest (cinq sous-bassins répartis sur 2724 Km²) (Fig.12)

Il 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 11509 km² et s'étend sur dix wilayas regroupant une population d'un million huit cent soixante quatre mille cent quatre vingt et un habitants.

II. 2. Le bassin des Côtiers Constantinois-Est

A une superficie de 3.203 km², soit 27.83 % de la superficie totale du bassin des côtiers Constantinois, la population est estimée à trois cent huit mille huit cent onze (308.811) habitants, répartis sur (27) communes et (4) wilayas. (A.B.H.C.S.M, 1999).

Le sous-bassin Oued Kebir-Est (03-16) s'étend de la frontière Algéro-tunisienne à l'Est, jusqu'à la confluence des oueds Kebir-Est et Bounamoussa à la Mafrag à l'Ouest (03-17). Au Nord, il est limité par le sous bassin des côtiers la Calle et au Sud par le sous-bassin des côtiers de Bounamoussa (Fig. 28).

II .2.1 Topographique et Morphologie du Bassin Versant

II .2. 1. 1. Les Plaines Littorales

A. La Plaine de Boutheldja (basse vallée du Kébir-Est)

Tout à l'Est, la plaine de Boutheldja correspond à la basse vallée de l'Oued Kebir-Bougous. Occupée sur ses bordures par des étangs marécageux (Lac des Oiseaux, Région de Righia).

B. Les Bordures de la Plaine de Annaba (Basse vallée de la Mafragh)

La terminaison extrême Nord-Est de la grande plaine de Annaba s'organise autour de Garaat M'Khada où convergent les Oueds El Kebir, Bou Namoussa et Bouhllalah donnant naissance à L'Oued Mafragh avant de se jeter dans la Méditerranée. La partie Est de la grande plaine de Annaba correspond au bassin du secteur aval de la Mafragh en réalité, cette partie est couverte de Garaats, au milieu desquelles serpentent des «kheldjjs» (Kheldij Esseba, Kheldij E Nakhla, Kheldij Eddib). Ces «kheldjjs», sont des faux bras de rivières où l'eau ne coule parfois que par intermittence et dont le réseau est largement anastomosé (Joleaud,1936 in Affoun, 2006).

II. 2. 1. 2. Les Bassins Intérieurs

Trois types de bassins internes peuvent être distingués : Des bassins montagnards, des bassin de plaine et des bassins littoraux occupés par des lacs.

A. Les Bassins Montagnards

Ces bassins, à caractère montagnard, sont des fenêtres qui ont été creusées dans la nappe des grés numidiens, des failles normales ont conditionnées la localisation et les limites des bassins versants (Marre,1987 in Affoun, 2006) où on distingue : Le bassin De la Chaffia, Ain El Karma et le bassin de Bouhadjar

B. Le Bassin des Plaines : Au Nord-Est, le bassin d'El Tarf -Ain Assel est une véritable plaine interne. L'altitude varie de 2 à 28 m, et est parcourue par l'amont de Oued El Kebir. Au Nord, le Lac Oubëira qui occupe une dépression. Plus au Sud l'ensemble du bassin est dominé par des escarpements gréseux qui le ceignent complètement. Des vallées étroites drainent ce bassin avant de rejoindre Oued Kebir qui met en communication le bassin d'El Tarf avec la plaine de Boutheldja vers l'Ouest par un couloir étroit.

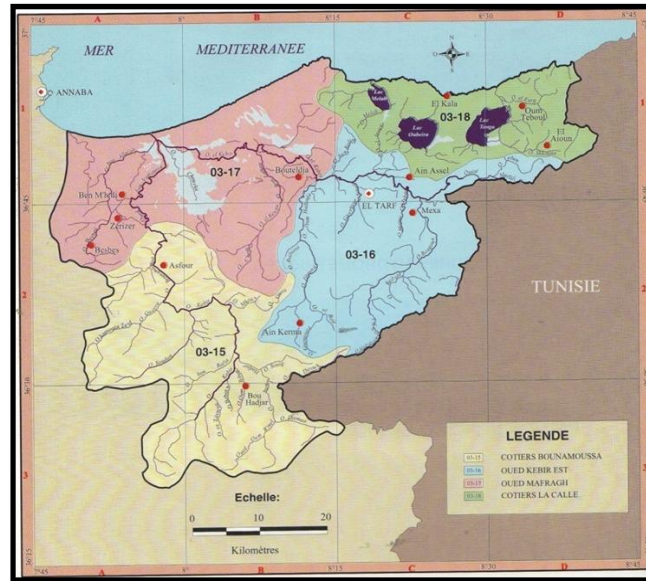


Figure 28 : Carte des Sous-Bassins (A. B. H, 1999).

C. Les Bassins Littoraux : Les crêtes de la ligne de partage des eaux au nord de l'Oued El-Kebir et qui sépare le bassin versant de la Mafragh des côtiers de La Calle sont caractérisées par des altitudes basses allant d'Ouest vers l'Est de 177m à Djebel Bourdim à 156m à Djebel Hdjar Siah pour atteindre les 254m dans l'extrême Est à la limite Algéro-Tunisienne (Kef Maatallah).

Ces bassins littoraux font la limite Nord-Nord-Est de notre région d'étude et c'est dans la région d'El Kala (La Calle) que se localisent les bassins littoraux. Ces trois bassins sont occupés par des lacs : Le lac Melah qui est en relation avec la mer par un grau, le Lac Oubëira à 2m d'altitude et le lac Tonga à 2-3m d'altitude. Ce dernier, drainé incomplètement vers la Baie de la Messida, prend l'aspect de plaines très humides durant les années sèches.

II. 2. 1. 3. Les Basses Montagnes des Monts de la Cheffia: A Bougloub, première barrière topographique qui constitue la limite Sud de l'aval du bassin de la Mafragh où l'altitude s'élève à 569m, pour atteindre les 739m à Djebel Bou-Abed, puis s'abaisse à 367m à Kef Medina.

II.2. 1. 4. Les Hautes Montagnes (Djebels)

A. Les Monts de la Cheffia

Les Monts de la Cheffia constituent une deuxième barrière topographique, d'orientation SW-NE où l'altitude varie entre 996m à Bled Djemaat El Guerfi (Forêt de l'Oued Soudan), en allant vers le NE et 808 m à Djebel Souani, 659m à Djebel Oum Ali et 463m à Ras El Ourda. Elle est de l'ordre de 396m à Kef Rhorf Dbeïa et ne dépasse pas les 179 m à Kef El M'kouz.

B. Les Monts de la Calle (El Kala)

Les monts de la Calle font la continuité des Monts de la Cheffia à travers une zone de reliefs, sans lignes directrices bien marquées, découpés par les quatre vallées transversales (SSO-NNE), des oueds Cheffia, Bouhalloufa, Guergour et Bougous, tous tributaires de L'Oued El Kebir (haute Mafragh).

C. Les Monts de la Medjerdah

Le long de la frontière algéro-tunisienne, les Monts de la Medjerda constituent une barrière topographique d'orientation SW-NE dont le point le plus élevé culmine à 1406m (Djebel M'Sid). L'altitude s'abaisse vers le Nord-Est pour atteindre 1041m à Djebel Dir, 1202 m à Kef Rokba « Ghorrat el Hammam » et 821m à Kef Mzaza (Affoun, 2006).

II. 2. 2. La Pente : un facteur favorisant l'écoulement ou l'infiltration

Les pentes, nous permettent de caractériser les aspects du relief et les différentes inclinaisons des versants. Elles sont liées à la dynamique du milieu car elles jouent un rôle fondamental dans l'explication de certaines formes d'érosion.

Les différentes classes de pentes (Fig. 29), sont déterminées par la méthode des inter-courbes qui consiste à établir une échelle millimétrique des distances qui correspondent à chaque pente. La formule utilisée est la suivante: $P\% = (eq \times 100) / (D \times Echelle)$

D = distance verticale (cm). Eq =équidistante entre les courbes de niveau (m).

A. La classe (0-3 %)

Cette classe est localisée sur un matériel alluvionnaire (sablo-limoneux, sablo argileux) de la basse vallée de la Mafragh (autrement dit Plaine de Annaba/Boutheldja et ElTarf /Ain Assel), et apparaît également sur les replats des sommets gréseux. Cette zone reçoit les apports de l'amont du bassin versant. Cette classe de pente s'étend sur une surface de 1100 Km², soit 41.17 % de la surface totale.

B. La classe (3-6 %)

Cette classe apparaît dans le bassin de Bouhadjar, Cheffia et Ain Karma comme les glacis de Djebel Oum-Ali, ainsi que sur le cordon dunaire qui se caractérise par une pente généralement faible. Elle couvre une surface de 172 Km² soit 6.48 % de la superficie totale.

C. La classe de (6-12 %)

Cette classe de pente qui reste relativement faible, marque spatialement le Sud-Est du bassin versant. On la rencontre dans le bassin de Ain Karma « Djebel Loulidja », sur le versant d'Oued Zitouna à Mechtat Bou Barouk et Haoud Safsafa, dans la partie Ouest. Elle est moins fréquente à Ragoubet Al Missa et Kef Rahmer notamment au niveau du cordon dunaire à Djebel El Koursi. Il y apparaît un ravinement intense provoquant l'instabilité des versants, où on assiste à quelques glissements de terrains, en l'absence d'un couvert végétal et les terrains argileux ou des marno-calcaires. Cette classe représente 22.09 % de la superficie totale du bassin versant.

D. La classe de 12-25%: Elle est localisée sur les hauts piémonts de Djebel El Ghorra à l'Est et M'Sid au Sud, ainsi que djebel Souani qui fait limite entre le bassin de Cheffia et de Bouhadjar. Plus vers le Nord on la rencontre sur Djebel Bouabed et Djebel Bourdim (Mechtat Oum El Agureb) au niveau du cordon dunaire, et à Djebel Ain Bagrat à l'Ouest. Cette zone représente 20.09 % de la superficie totale.

E. La classe supérieure à 25 %

Elle occupe 9.84 % de la superficie totale, et est localisée sur la partie amont de Djebel Ghorra à l'Est, Bled Djemaa El Guerfi à l'Ouest, plus au Nord à Kef El Naoura et Kaf El Kourate (bassin de Asfour) et au Sud sur Djebel M'Sid (Kef R'keb) Cette classe de pente synchronise aux escarpements rocheux des massifs gréseux.. 70 % de la superficie totale présente une pente inférieure à 12 % et seulement 9.84 % où la pente est supérieure à 25 % (Fig.29). Sur cette dernière, il y a une mise en place d'un réseau hydrographique moyennement ramifié.

La lithologie caractérisée par des roches imperméables moyennement résistantes, et des roches très perméables, a influencé le développement d'un réseau de drainage d'une densité moyenne à faible, selon le type de roche en place. Le réseau est totalement absent sur les sables du cordon dunaire donnant naissance à des Garâats ou à des Nechâas (Gaârats el Khoubzi et Nechâas Oum El Agareb et Righia) (Affoun, 2006).

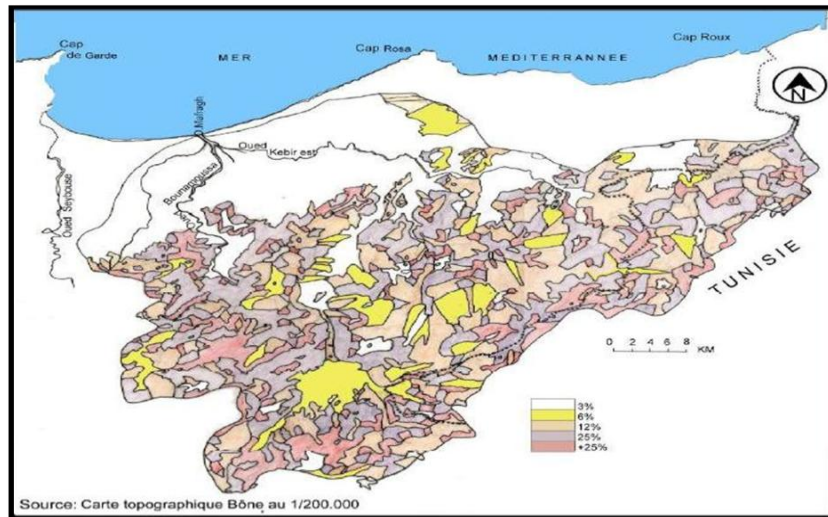


Figure 29: Carte des pentes du Kebir-Est (Affoun, 2006)

II. 2. 3. Réseau hydrographique de Kebir-Est

Le Bassin des Côtiers Constantinois- Est présente un chevelu hydrographique totalisant un réseau de plus de 1760 km. La figure 30 représente les principaux oueds dont la longueur dépasse cinq (5) km. Deux cours d’eaux principaux drainent le bassin versant de la Mafragh. Ils convergent vers le marais et rejoignent la mer par un exutoire unique : l’Oued Mafragh. Ce sont à l’Ouest Oued Bounamoussa et à l’Est Oued Bougous qui prend le nom de Kebir-Est à la sortie de la montagne. **L’Oued Bougous** draine le versant Algérien à partir de la frontière Algéro-Tunisienne. Il passe dans les petits bassins par des vallées étroites.

L’Oued Bounamoussa draine la partie Ouest du bassin versant de la Mafragh. Il descend depuis Djebel M’Sid. La figure 32, relative au réseau hydrographique, permet de distinguer trois secteurs s’individualisant de fort belle manière :

A l’ouest: Oued Bounamoussa recoupe les structures et s’adapte localement aux accidents tectoniques, ce qui lui donne un tracé en baïonnette (Marre, 1987 in Affoun, 2006).

Au milieu (partie centrale): les oueds se sont surimposés à partir de la surface fin tertiaire (Marre, 1987 in Affoun, 2006). Ainsi Oued Zitoun , qui prend naissance dans la fenêtre de direction SW-NE d’Ain Karma qu’il quitte au niveau de Zitouna sous le nom d’Oued Bouhaloufa, pour traverser en gorge les grés numidiens vers Boutheldja. Il est en fait surimposé et suit la pente de la topographie de la forêt d’Ouerda. Oued Cheffia, de son côté, qui prend naissance dans Djebel Nador à l’Est et Kef Bni Fradj à l’Ouest, coule vers le Nord-Est en traversant les grés numidiens, avant de prendre le nom de Oued Boulathane.

A l’Est: l’Oued Bougous suit un tracé très varié avec de nombreux coudes à 90°, Oued Bouhaloufa, qui suit aussi la topographie de la forêt de Ouerda, et qui est guidé localement

par des accidents tectoniques d'âge Plio-Quaternaire, et enfin la subsidence de la plaine d'Annaba. (Marre, 1987 in Affoun 2006).

Vue que le Lac Obéira joue un rôle spécifique dans la partie Nord-Est du bassin versant en période de crue sur l'Oued Kébir-Est, le lac reçoit les eaux apportées par l'Oued Messida. Pendant la période d'étiage, les eaux du lac s'écoulent par l'Oued Messida vers Oued Kébir. Une petite vanne a été construite sur l'Oued Messida près du lac afin de régulariser cet écoulement à deux sens (Fig.32 & 34).

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.

Ces oueds rejoignent la mer au Nord, après leur passage à travers les sols lourds de la plaine qui sont gorgés d'eau. La forte pluviosité et la topographie (moins de 10 à 20 m en moyenne au dessus du niveau de la mer sont la cause du mauvais drainage de la plaine).

La vallée de l'oued El Kebir, assez étroite du côté des plaines d'Ain El Assel et d'El Frine à l'Est, s'élargit à l'Ouest de Bouteldja, jusqu'en bordure du marais d'El Mekhada ; Ce dernier constitue une sorte de delta intérieur des oueds El Kebir et Bounamoussa (Côte, 1996 b in Mebarki, 2010).

Au Sud de la vallée, s'étend la chaîne numidique. Au Nord, les dunes sableuses du littoral se prolongent plus à l'Est par des collines, jalonnées dans les parties les plus basses par des zones lacustres (lacs Oubeira, Mellah et Tonga) .

II. 2. 4. Les principaux barrages du Kebir-Est: Après la mise en eau en 1965 du barrage de **Cheffia** destiné à l'irrigation du périmètre de 16000 ha de la haute vallée Bounamoussa et à l'approvisionnement du pôle urbano-industriel d'Annaba, l'année 1999 a vu la mise en eau du barrage de la **Mexa** sur l'Oued Kebir-Est avec une capacité de 51Hm³ au lieu des 170 Hm³ prévus initialement. Comme le bassin d'alimentation du barrage déborde sur le territoire tunisien (L'oued Kébir proprement dit et l'oued Ballouta prennent naissance en Tunisie sur une aire respective de 150 et 240 km²).

Pour compenser le manque à gagner subi par Mexa, un deuxième barrage a été construit sur l'oued **Bougous** qui constitue la branche « algérienne » du Kébir Est (capacité : 80 Hm³ , volume régularisé : 60 Hm³ par an les eaux des deux barrages (Mexa et Bougous) sont destinées à l'irrigation des terres de la vallée du Kébir Est (périmètre de 15000 ha) mais aussi à l'alimentation en eau potable du couloir El Kala-Annaba.

II.2.5. Climat général du bassin versant du Kébir-Rhumel

II. 2. 5. 1. Les Précipitations

Les précipitations annuelles oscillent entre 600 et 1200 mm/an, ce qui permet de classer cette région parmi les plus arrosées du pays. Ces pluies assurent un apport hydrique de près de 700 millions de mètres cubes, cependant, seule une partie de cette ressource est retenue par les barrages de la Mexa et de Chaffia soit 228 millions de mètres cubes ce qui représente 30% du volume total reçu. L'histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la période 2003 à 2009 montre un maximum de l'ordre de 192,17mm à 197,1mm au mois de décembre et un minimum de 0,30 mm à 0,42 mm au mois de juillet. Ces valeurs sont enregistrées respectivement aux stations d'Ain Assel et El Kala (Fig. 35).

II. 2. 5. 2. Le rythme climatique

II.2.5.2.1 Le diagramme Ombrothermique

Durant la période s'étalant de 2003 à 2009, nous notons une période sèche qui s'étend de mai à Septembre et une période humide s'étalant d'octobre à avril (Fig.36).

II. 2. 6. Les formations superficielles du sol

➤ **Oligocène moyen supérieur** : Les argiles numidiennes de couleurs verdâtres ou brunâtres, schisteuse avec intercalations de petits bancs de grès.

➤ **Aquitaniens** : Type du « Numidien ». Les faciès sont très peu variés. Des grès et des argiles schisteuses se superposent (flyschs). On y décèle des grès fins à des grès grossiers. Ils sont consolidés et compacts, jaunes ou rouges. Les argiles sont en réalité, des formations de marnes argileuses, plus ou moins schisteuses, avec des bancs de grès quartzeux.

➤ **Quaternaire** : On y trouve le **quaternaire ancien** qui correspond aux alluvions de la haute et moyenne terrasse de la vallée de Oued Kebir-Est. Il est composé de sable et de cailloux et se situe à 30-35cm au dessus du Talweg moderne. Le **quaternaire récent** est constitué de limons, de sable et de cailloux. La formation du massif dunaire provient de la délapidification des grès constitués de sable, renfermant 80 à 90% de silice ; la couleur est blanche, jaune ou rouge suivant la teneur en oxyde de fer, les grains de sable sont de 0,15 à 0,5mm de diamètre (80 à 85%) (Chaib, 2011).

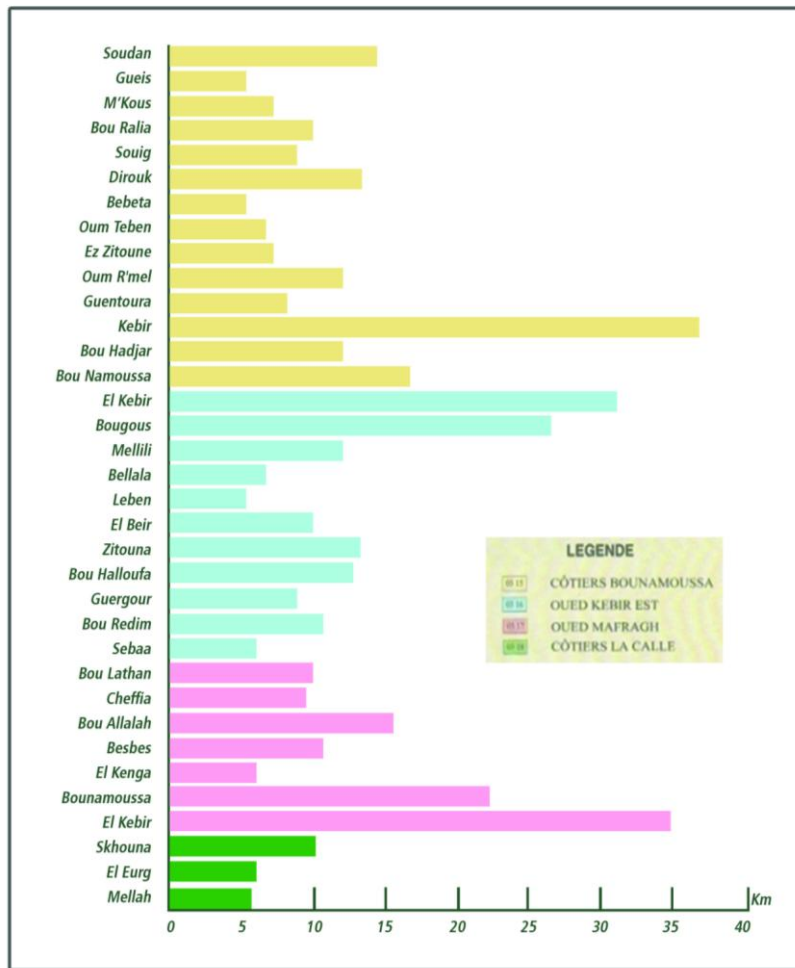


Figure 30: Longueur des principaux oueds par sous-bassin (ABH, 2000)

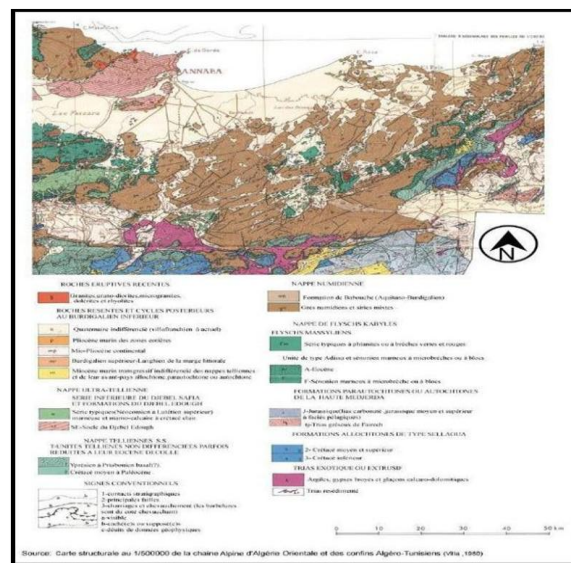


Figure 31: Carte structurale de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-tunisiens (Villa, 1950)

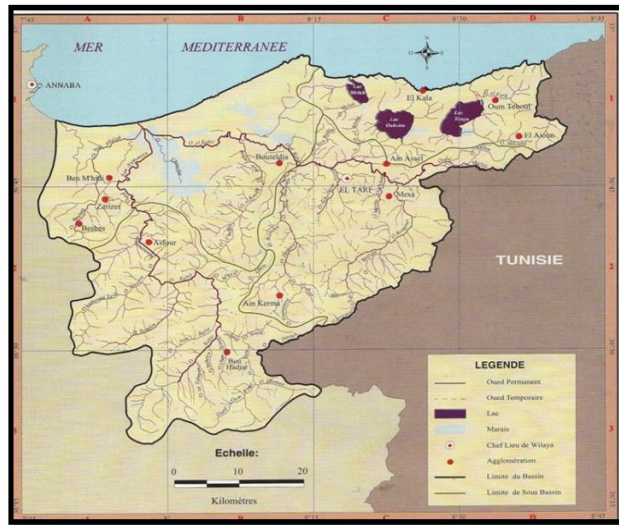


Figure 32 : Réseau hydrographique du Kebir-Est (ABH, 2000)

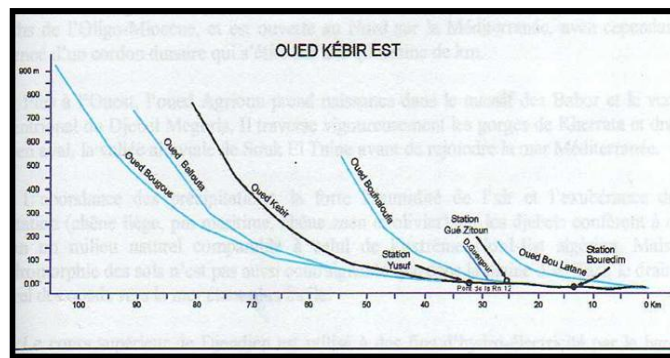


Figure 33: Profil en long du Kebir-Est (Samie , Annuaire hydrologique de 1956/57) in Ressources en eau et aménagement en Algérie, Mebarki, 2010)

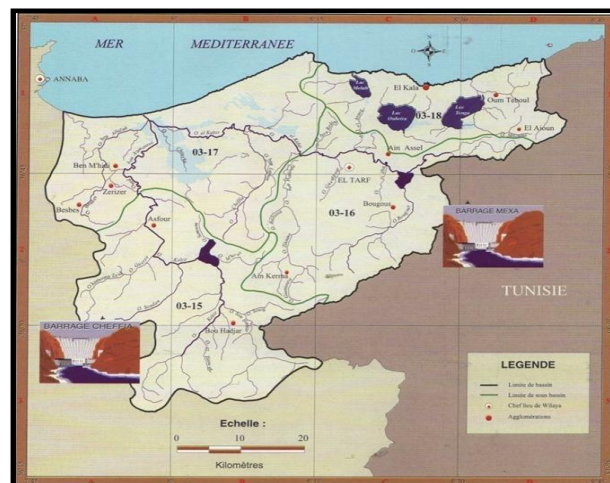


Figure 34: Carte des principaux barrages (ABH, 2000)



Photo 2 : Barrage de Cheffia



Photo 3 : Barrage de la Mexa

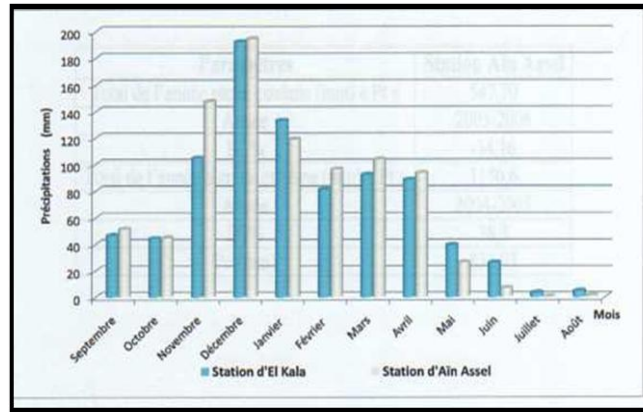


Figure 35 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles aux stations d'El Kala et Ain Assel (2003/2004- 2008/2008) Source : Chaib (2011)

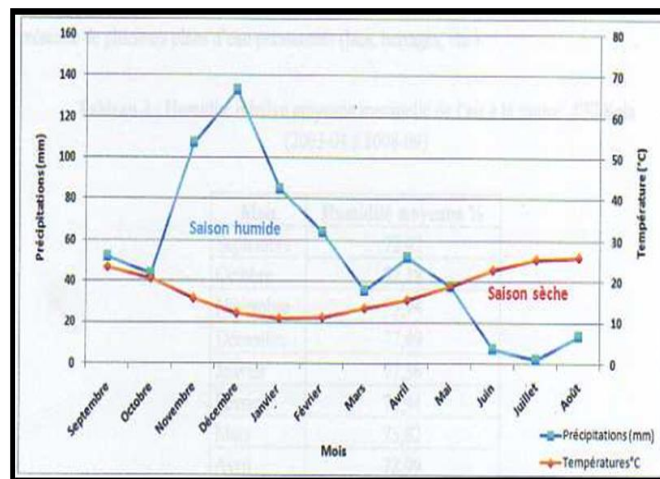


Figure 36: Diagramme ombrothermique à la station d'El Kala (2003/2004- 2008/2009) (Chaib, 2011)

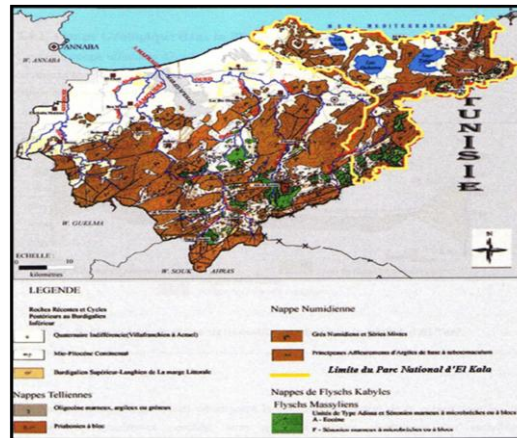


Figure 37 : Extrait de la carte structurale régionale

II. 2. 7. Le couvert végétal: La zone des plaines, où la couverture forestière est moins contraignante, dispose de l'essentiel de la surface agricole utile (SAU) totale, alors que dans la zone du littoral et la zone montagneuse, la SAU se voit réduite. A ces variations de la SAU, s'ajoutent les différenciations pluviométriques et pédologiques individualisant des sous-espaces.

- Les plaines littorales (où domine l'irrigation en grande hydraulique) et sublittorales où se développe une polyculture riche basée sur les cultures maraîchères, le foin et les cultures industrielles.
- Les bassins côtiers non aménagés et utilisés surtout (à cause de leur tendance marécageuses comme garâat el Mekhada) pour l'élevage extensif des bovins.
- Le domaine collinaire et montagneux, consacré aux forêts ainsi qu'à la polyculture vivrières sur sols pauvres (céréales, oliviers et jardinage) où la petite hydraulique introduit des îlots de cultures maraîchères.

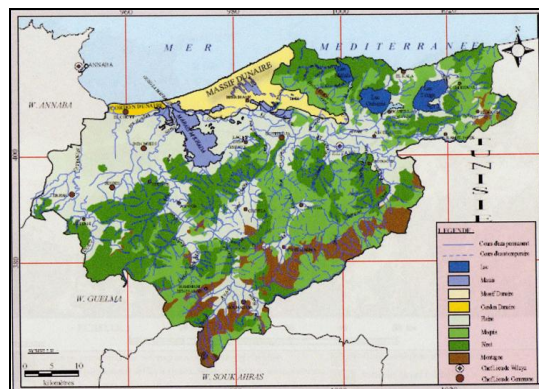


Figure 38 : Carte schématique des unités géomorphologiques dans la région d'El Taref (Chaib, 2011)

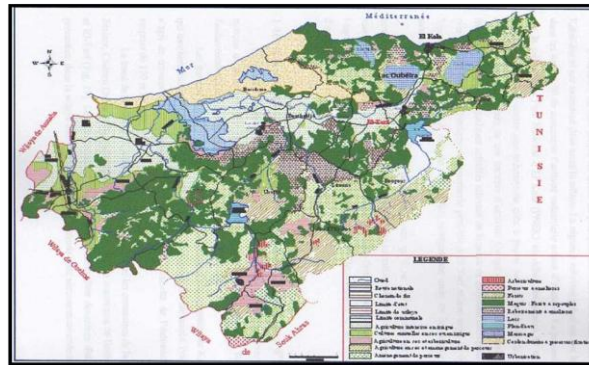


Figure 39 : Utilisation potentielle des terres dans la région d'El Taref
Source : plan d'aménagement de la wilaya d'El Taref (PAE) (Chaib, 2011)

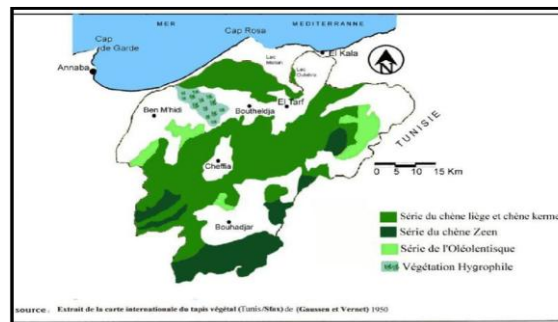


Figure 40: Carte du couvert végétal du bassin versant de la Mafrag
(Affoun, 2006)

II.3. Le Bassin Versant Kebir-Rhumel

II.3.1 Localisation géographique et description du bassin versant Kebir-Rhumel

Vaste de 8800 km² environ, le bassin du Kébir-Rhumel déborde largement les limites géographiques du Constantinois. Il s'étend des marges septentrionales des Hautes plaines des chotts au Sud à la mer Méditerranée au Nord. A l'Est, il est limité par le Bassin de la Seybouse et à l'ouest par le Bassin de la Soummam (Fig.12).

Il est possible de délimiter trois grandes parties de bassins:

- Le bassin supérieur : Correspondant à l'Oued Rhumel et l'Oued Bou Merzoug jusqu'à leur confluence à l'amont de Constantine,
- Le bassin moyen : Formé par l'Oued Endja et l'Oued Rhumel inférieur, à l'aval de Constantine, jusqu'à leur confluence aux environs de Sidi Mérouane,
- Le bassin inférieur : correspondant à l'Oued El Kebir, à l'aval de la confluence Endja-Rhumel (Fig.41).

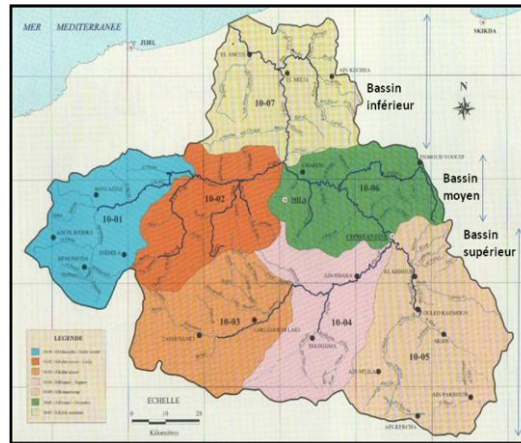


Figure 41 : Carte des sous -bassins du Kébir-Rhumel (ABH, 2000)

II. 3. 2. Le réseau hydrographique

Le bassin du Kébir-Rhumel résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : L'oued Rhumel et l'oued Endja, drainant respectivement une superficie de 5315 km² et de 2160 km² et dont la confluence donne naissance à l'oued El Kebir (Fig.42 et Fig. 43).

Le Rhumel prend sa source vers 1160m dans les marges méridionales du Tell, au NW de Bellaâ ; il traverse les Hautes plaines constantinoises, avec une orientation SW-NE jusqu'à Constantine (côte 500-550 m) où il s'encaisse très profondément dans des gorges calcaires. Là, il change brusquement de direction et coule en oblique vers le Nord-Ouest pour confluer avec Oued –Endja aux environs de Sidi Mérrouane (côte 125 m). Durant tout ce parcours, l'Oued Rhumel reçoit : L'Oued Dekri, l'Oued Athménia, L'Oued Seguin, l'Oued Bou Merzoug, l'Oued Smendou et El Ktone (Fig.42, 43, 44).

L'Oued Endja est formé à l'amont par la confluence de l'Oued Dehamecha et l'Oued Menaâ, le premier prenant sa source au seuil des Hautes plaines, au Nord d'El Eulma, le second aux environs de Ain El Kebira, dans les massifs de la petite Kabylie). A l'instar de la Haute vallée du Rhumel, il suit une direction SW-NE, mais cette fois, à travers les reliefs montagneux du Tell, parallèlement à la chaîne numidique qui le borde au Nord. L'Oued Endja ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive gauche, mais sur sa rive droite, il collecte les eaux des Oueds Rarama (ou Djemila), Bou Selah, Redjas et Melah (Fig.42,43 & 44).

Enfin, l'Oued El Kebir résultant de la jonction des deux grands cours d'eau précédents, prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit la chaîne numidique (massifs d' Zouagha, de Msid Aicha, de Sidi Driss et de Moulded Demamène). Ensuite, il traverse les massifs de la petite Kabylie d'El Milia et de Collo avec une orientation SE-NW et s'écoule dans une large vallée vers la mer méditerranée. L'Oued El Kebir reçoit en rive droite, l'Oued Bou Siaba et en rive gauche, l'Oued Irdjana (Fig. 42,43 & 44).

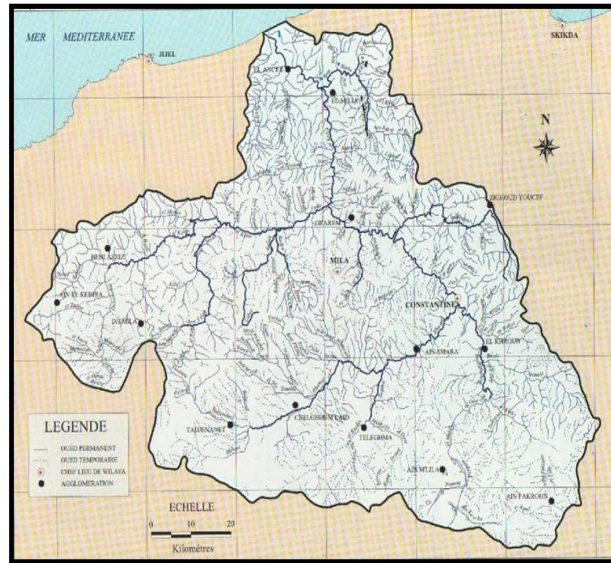


Figure 42 : Réseau hydrographique du Kebir-Rhumel (ABH, 2000)

II. 3. 3. Altitude moyenne et pente des oueds

L'altitude moyenne du bassin est de l'ordre de 738 m. Elle est plus significative si nous répartissons la superficie du bassin par tranche d'altitude: Les secteurs d'altitude supérieure à 1200m correspondent à des massifs montagneux importants: Les zones d'altitude comprise entre 600 et 1200 m couvrent 6305 km² (72%) de la superficie totale et correspondent au domaine des hautes plaines - Les secteurs d'altitude inférieure à 600 m (26,2%) concernent essentiellement la moitié septentrionale du bassin

II. 3. 4 Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel

De ce profil, il ressort : La rupture de pente de l'Oued Rhumel à sa sortie du rocher de Constantine ce qui accentue la vitesse de propagation des crues, à l'aval du seuil rocheux.

➤ L'opposition entre la faible déclivité des cours d'eau des Hautes plaines (Rhumel à Constantine (6,5%), Bou Merzoug (4%) et les fortes pentes des affluents naissant dans les massifs montagneux du Tell (Oued Bou Siaba au confluent de Oued El Kebir 18,5%).

Le bassin inférieur, à un degré moindre, le bassin moyen, présentent les conditions les plus favorables au déclenchement de crues rapides : Concentration relativement poussée du chevelu hydrographique*- Densités de drainage permanent élevées- Pentés des thalwegs les plus fortes.

- ♦ Le bassin du Kebir-Rhumel présente un chevelu hydrographique très dense, totalisant un réseau de plus de 4200km. Quarante trois (43) Oueds ont une longueur supérieure à 10 km (Fig. 44).

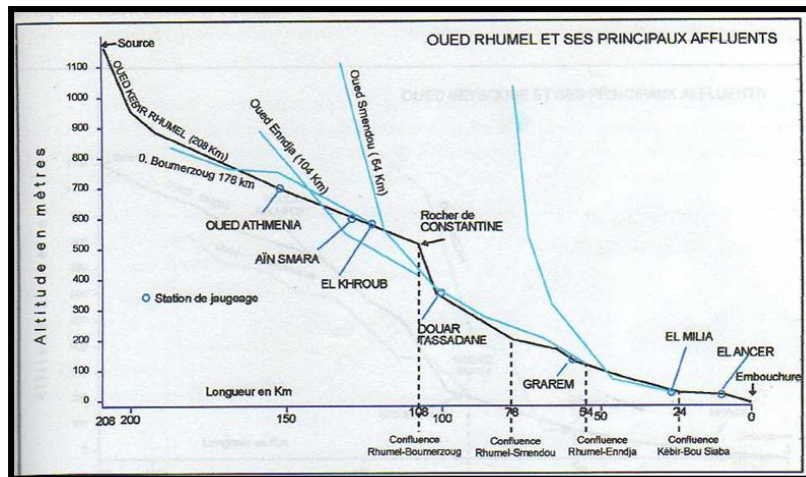


Figure 43 : Profil en long de l'Oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents (Mebarki, 1982)

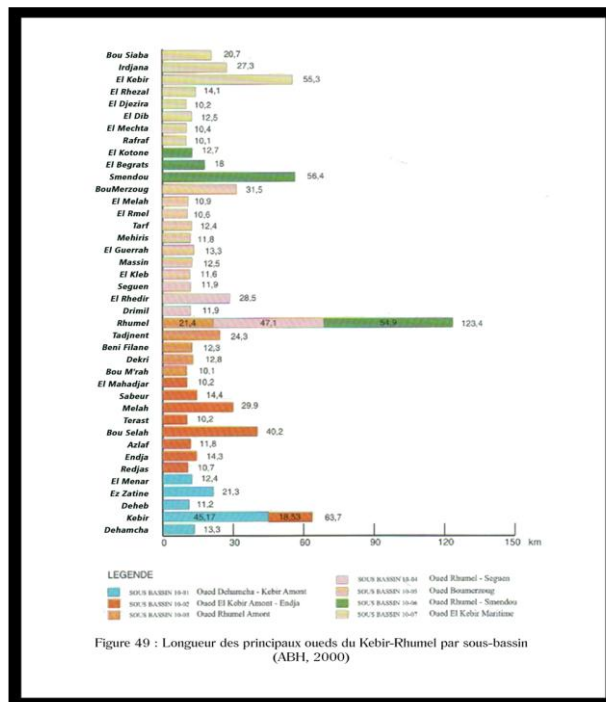


Figure 49 : Longueur des principaux oueds du Kébir-Rhumel par sous-bassin (ABH, 2000)

II. 3. 5. Caractères lithologiques du Bassin et capacité de rétention souterraine

La majorité des formations lithologiques du bassin ont une perméabilité assez faible. Les réserves en eaux souterraines sont liées essentiellement aux nappes superficielles des formations plio-quaternaires et aux phénomènes Karstiques des massifs calcaires. Par ailleurs, la partie Nord du bassin, donc la plus arrosée, correspond aux terrains à dominance

imperméable : roches cristallines roches marneuses ou argileuses, flyschs. Au contraire, dans la partie méridionale du bassin, la présence de formations perméables contribue de pair avec des facteurs climatiques et morphologiques défavorables, à limiter les possibilités de l'écoulement de surface.

II. 3.6. Les principaux barrages du bassin versant du Kébir –Rhumel

II. 3. 6. 1. Le barrage de Hammam Grouz : Les eaux qu'il régularise sont traitées puis transférées de façon gravitaire sur une quarantaine de kilomètres vers la ville de Constantine. Il a une hauteur de 49,5m et une longueur en crête de 217m, la retenue représente un volume total de 45 millions de m³. Sa mise en eau fut en 1987 et conçu par un bureau d'étude Anglais (Binnie and partners), l'assistance technique est confiée à une entreprise roumaine. la présence de **Karst** (cavités et fissures) a été comblé par la mise en place d'un tapis imperméable en argile (33 ha) et en béton . Le problème d'étanchéité de la retenue persiste, puisque des fuites y persistent.



Photo 4 : Barrage de Hammam Grouz(Aval)

Photo 5 : Barrage de Hammam Grouz (Amont)

II. 3. 6. 2. Le barrage de Beni Haroun: Il constitue le plus imposant aménagement hydraulique en Algérie. Situé à l'aval de la confluence des oueds Rhumel et Endja, à une quarantaine de kilomètres de Constantine, et à une distance équivalente par rapport à l'embouchure de Oued El Kebir (mer Méditerranée) (Cf. Fig. 45). Fonctionnel depuis 2003,

le volume emmagasiné est de 960 millions de m³ pour une digue de 710 m de longueur et 120 m de hauteur. Selon l'A.N.B.T, couvre les besoins en eau potable et industrielle à l'horizon 2030, des wilayates de la région (Mila, Constantine, Oum El Bouaghi, Batna, Khenchela et El Milia). Il permet, par ailleurs l'irrigation des Hautes plaines Sud-Constantinoises d'une superficie totale de 40 000 ha.

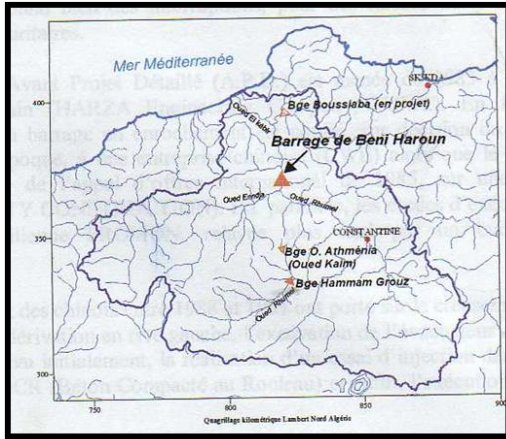


Figure 45 : Barrage de Beni Haroun (Mebarki, 2009)



Photo 6: Barrage de Beni Haroun

II. 3.7. Climat général du bassin versant Kébir-Rhumel

II. 3. 7. 1. Les précipitations : D'après les cartes pluviométriques (Mebarki, 1982) couvrant les périodes (Septembre 1930- Août 1960) et (Septembre 1972-Août 1979), les précipitations décroissent du Nord au Sud et on peut distinguer trois régimes :

- **Un régime maritime :** Dans le bassin inférieure ou Tell maritime, et correspond aux étages bioclimatiques **subhumide et humide** comme définis par M. Côte (1974).
- **Un régime de transition Tellien :** Dans le bassin moyen ou Sud Tellien, relevant de l'étage subhumide et parfois semi-aride.
- **Un régime bimodal « continental » :** Exclusivement dans le domaine des Hautes plaines (Chelghoum Laid, Tadjanet, Ain M'lila, Ain Fakroun) et appartient à un bioclimat semi-aride .

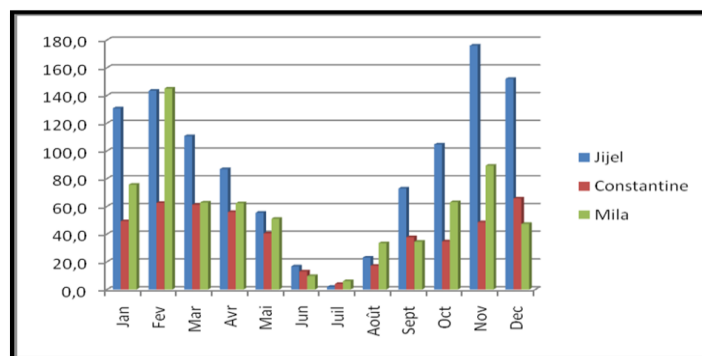


Figure 46 : Variations des précipitations mensuelles dans la région du Kebir-Rhumel (2004/2013)

NB/ Les figures 46 et 47 montrent une grande variabilité temporelle des précipitations dans le bassin du Kébir-Rhumel.

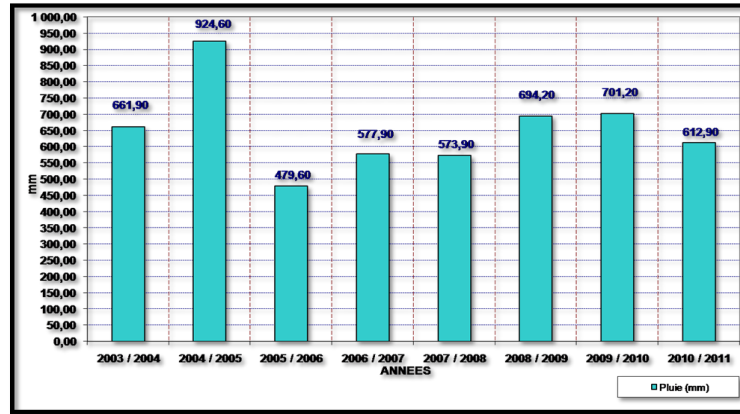


Figure 47 : Pluviométrie annuelle au niveau du barrage Béni-Haroun (2003/2011)
 Source: Station du barrage Béni-Haroun

II. 3. 7. 2. Les températures

Contrairement aux précipitations, les saisons thermiques sont bien tranchées : La saison chaude s'étend de mai à octobre, alors que la saison froide correspond à novembre–avril. Le maximum des températures est atteint en août ou juillet autour de 25°Celsius et le minimum se situe en janvier ou février 5° Celsius à plus de 10°

On remarque qu'il y a un décalage du mois le plus chaud : il se produit déjà en juillet dans les Hautes plaines à cause des variations rapides de la température de l'air alors qu'il est reporté en août sur le littoral du fait de l'influence maritime qui retarde la montée des températures.

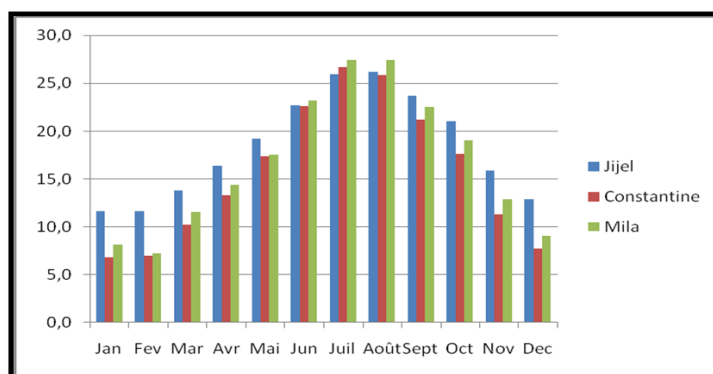


Figure 48: Variations mensuelles des températures dans le bassin versant du Kebir-Rhumel (2004-2013)

❖ La figure 48 traduit les données recueillies auprès de l'office national de Constantine (Jijel et Constantine de 2004/2013 quant à Mila les données ne s'étalent que de 2010 à 2013)

II. 3. 7. 3. Le rythme climatique

II.3.7.3.1 Le diagramme Ombrothermique

❖ Pour la wilaya de Constantine

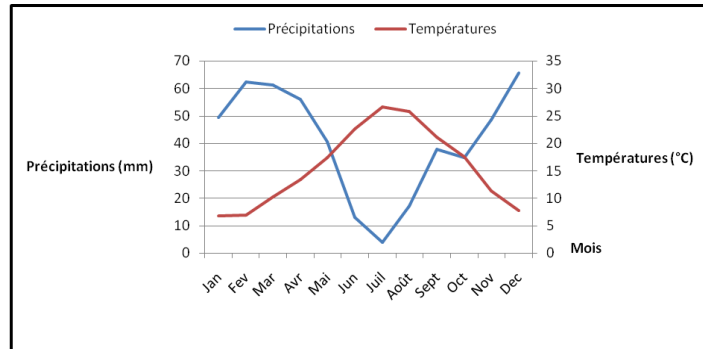


Figure 49: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN Constantine (2004-2013) Source : Office National de Météorologie de Constantine

Les données qui nous ont été fournies par l'office national de météorologie confirment la stabilité du climat (Fig.49)

Le quotient pluviométrique calculé est de 48,74, il montre que la région de Constantine se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

❖ Pour la wilaya de Mila

La figure 50 montre une saison sèche qui s'étale de la fin du mois de mai à la fin septembre et une période humide d'environ cinq mois de la fin octobre à la fin avril. Quant à la figure 51, on peut distinguer une courte période sèche allant de mai à la fin septembre et une période humide plus pluvieuse s'étalant d'octobre à avril ce qui montre que le barrage de Béni-Haroun se situe dans une région très arrosée.

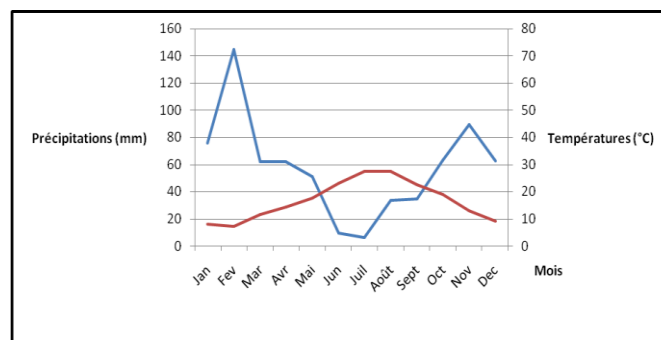


Figure 50: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Mila (2010-2013)

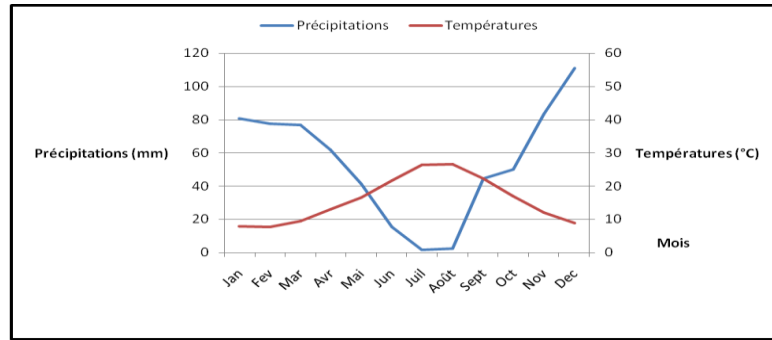


Figure 51: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station du Barrage Beni Haroun (2008-2011))

Le quotient pluviométrique calculé est de 76,89, il montre que la région de Mila se situe dans l'étage bioclimatique de végétation subhumide

❖ **Pour la wilaya de Jijel:** Le quotient pluviométrique calculé est de $Q = 129,92$, la région de Jijel se situe dans l'étage bioclimatique de végétation humide à hiver frais

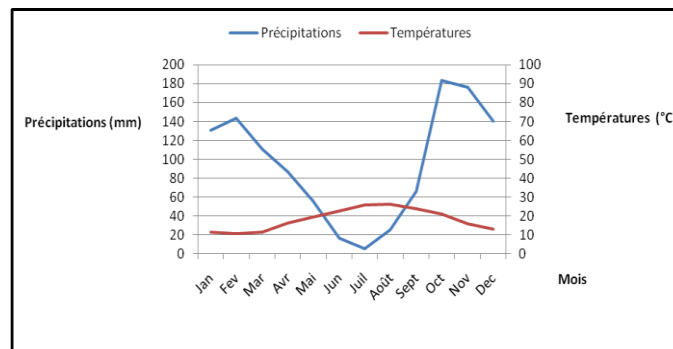


Figure 52: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Jijel (2004-2013)

II. 3. 7. 3. 2. Le climagramme d'Emberger

Les quotients pluviométriques calculés d'après les données fournies par l'office national de météorologie (2014), situe les cinq régions étudiées dans les différents étages bioclimatique:

Tableau 1 : Quotients pluviométrique et étages bioclimatique de la région d'étude

Guelma	Q= 69,28	Etage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver doux
Annaba	Q= 148,55	Etage bioclimatique de végétation humide à hiver doux
Jijel	Q= 129,92	Etage bioclimatique de végétation humide à hiver frais
Constantine	Q = 48,74	Etage bioclimatique de végétation semi-Aride à hiver frais
Mila	Q=76,89	Etage bioclimatique de végétation sub-humide à hiver frais

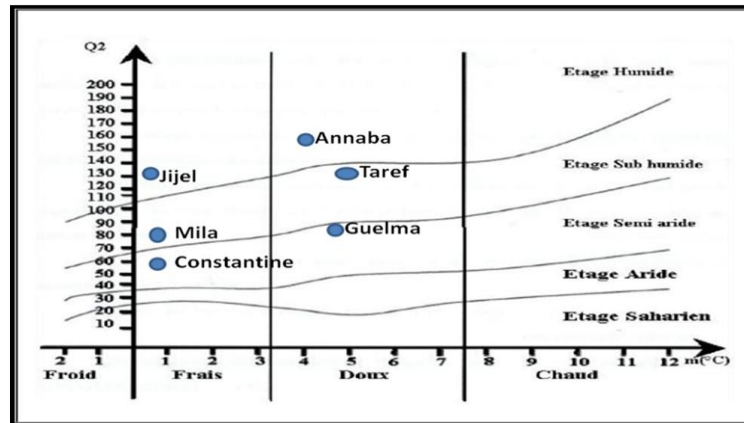


Figure 53 : Positionnement des différentes stations dans le Climagramme d'Emberger

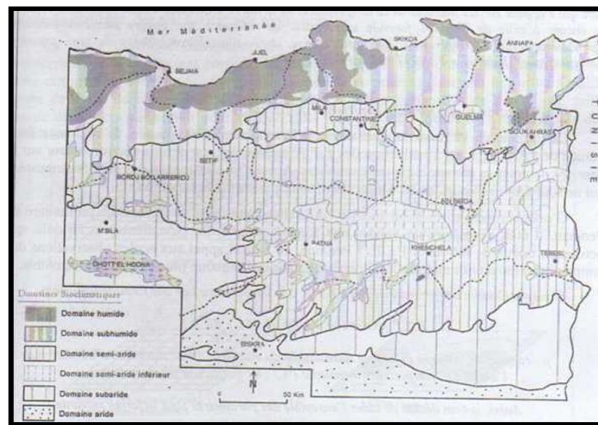


Figure 54 : Les zones bioclimatiques de l'Est algérien (Etablie d'après Côte, 1998a in Mebarki, 2010)

II. 3. 8. La couverture végétale du bassin du Kébir-Rhumel

Les formations forestières sont limitées 15% environ, en particulier dans les massifs côtiers de la petite kabylie (chêne liège (*Quercus suber*), sur les sommets plus épais, le chêne liège est relayé par le chêne zen (*Quercus mirbeckii*) ou par le chêne afares (*Quercus afares*)

Dans les marges semi-arides, la forêt disparaît et laisse place au chêne vert et genévrier. Quant à la couverture végétale saisonnière, ce sont les cultures céréalières qui dominent largement dans le bassin 54% environ.

Dans les Hautes plaines, c'est la céréaliculture qui est pratiquée, les prairies occupent seulement 2% et leur répartition suit la vallée du Kebir-Rhumel et certains affluents. Les vergers sont répartis entre les bassins inférieur et moyen où les conditions climatiques s'y prêtent (Fig. 55).

Toute maîtrise des bassins versants doit passer par la mise en place d'une couverture végétale continue et dense et a des effets importants sur l'érosion hydrique qui se traduit par une amplification de la charge solide des oueds

II. 3. 9. Assainissement et traitement des eaux urbaines rejetées

Le réseau d'assainissement totalise près de 1400 km. Le traitement des eaux rejetées se fait au niveau de deux stations d'épuration :

- La première à Constantine d'une capacité de 400000 équivalents-
- La deuxième à Oued Athmania traitant les eaux usées de Chelghoum –Laid d'une capacité de 45000 équivalents-habitants, (A.B.H C.SM, 1999).

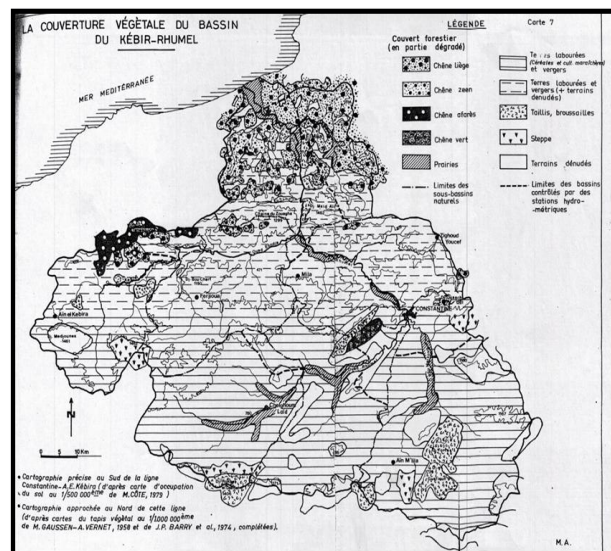


Figure 55 : La couverture végétal du Bassin du Kébir-Rhumel (Mebarki, 1982)

II. 3. 10. Industrie et rejets industriels

Le bassin du Kébir-Rhumel compte 37 unités industrielles concentrées autour des grandes agglomérations (Constantine, El Khroub, Chelghoum Laid, Hamma Bouziane, Mila, Ain El Kebira). (A.B.H C.S.M, 2004).

Les effluents les plus importants et les plus nocifs se localisent dans un rayon de 20km de la ville de Constantine. Ce sont en particulier les rejets des industries de construction mécanique de Oued Hamimine et d'Ain Smara et ceux générés par les unités textiles et de produits laitiers de Constantine, par le complexe tabagique et le dépôt d'hydrocarbures d'El Khroub, par la cimenterie de Hamma, par les unités de matériaux de construction et autres

petites et moyennes industries (P.M.I). ils ont pour milieux récepteurs, l'Oued Rhumel et son principal affluent, Bou Merzoug (Mebarki, 2009).

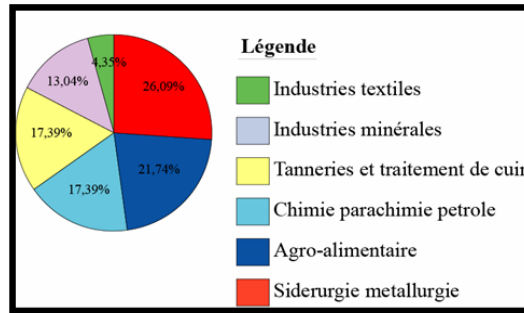


Figure 56: Pollution du Kebir-Rhumel (Kerdoud, 2006).

II. 3.11 Agriculture et rejets agricoles: L'agriculture et l'élevage sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface, ces composés azotés issus des déchets des animaux et engrais chimiques se déversent dans les cours d'eau et influencent négativement la faune Benthique.

Chapitre 2

Deuxième partie

Qualité des eaux superficielles des bassins versant de l'Est

II. 4. 1. : Le Bassin de la Seybouse

II. 4. 2.: Le Bassin du Kebir-Est

II.4. 3. : Le Bassin du Rhumel

Introduction

En Algérie et partout dans le monde, le problème de la pollution de l'eau continue de croître et menace les écosystèmes d'eau douce dont dépend notre survie. ces écosystèmes subissent de fortes pressions anthropiques telles que la construction de barrages, les prélèvements d'eau à des fins d'irrigation. D'autre part, les rejets des eaux industrielles dans les cours d'eau réduisent sa qualité et augmentent sa charge en nutriments (nitrites, nitrates et ortho phosphates) en causant le phénomène d'eutrophisation qui se répercute négativement sur la biocénose de ces cours d'eau.

II. 4. Le réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles: Tous les bassins versants sont dotés d'un large réseau de surveillance de la qualité des eaux superficielles et souterraines, les stations au niveau de chaque bassin sont gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). Ce réseau s'est fixé comme objectifs, le suivi de la qualité des eaux des barrages destinées à l'approvisionnement en eau potable et d'établir un programme de lutte contre la pollution selon les données recueillies

❖ **Carte de qualité des eaux et paramètres mesurés:** A partir de relevés mensuelles, une carte de qualité des eaux a été établie, accompagnée d'histogrammes par station de mesure représentant chacun des paramètres suivants : Nitrates, Nitrites, Phosphates, Ammonium, Demande biochimique en oxygène à cinq jours.... Ces paramètres permettent de déterminer le type de pollution (Tab 2).

Tableau 2 : Grille de la qualité des eaux superficielles

Source: ABH-CSM.n°8 actualisation au 31.12.2002

Classe de qualité Paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
O2 dissous	mg/l	> 7	5 à 7	3 à 5	< 3	0
% saturation	%	> 90	70 à 90	50 à 70	< 50	0
DBO5	mg/l	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	> 25
DCO	mg/l	< 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	> 80
NH ₄	mg/l	< 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	> 8
PO ₄ ³⁻	mg/l	< 0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	> 2
NO ₃	mg/l	< 5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	> 80
NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	> 2
Conductivité	µs/cm	< 2500	2500-3000	3000-3500	3500-4000	< 4000

II. 4. 1. Le Bassin de la Seybouse

Il existe quatre points de contrôle dans le bassin versant de la Seybouse :

- Medjaz Amar 1 - Medjaz Amar 2- El Hadjar sur oued Meboudja
- Segmen Amar sur oued Seybouse

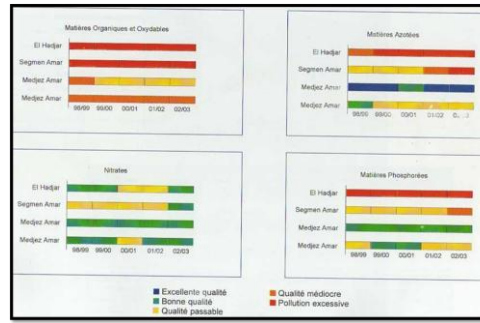


Figure 57 :Qualité des eaux superficielles dans la Seybouse 1998-2003 (ABH-CSM 2005)

❖ **A Medjaz Amar 1:** La conductivité et la turbidité sont bonnes. Les valeurs des nitrates et des phosphates sont acceptables et connaissent de légères oscillations. La charge en matières organiques et oxydables est très importante et la qualité des matières azotée est passable (Fig.58)

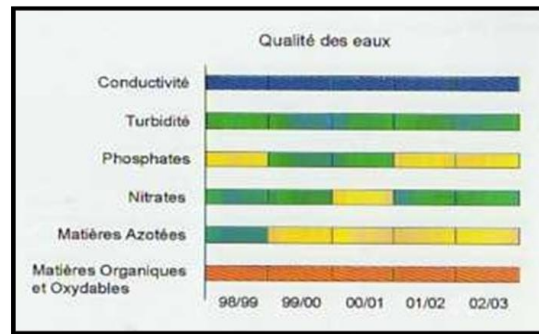


Figure 58: Qualité des eaux superficielles à Medjaz-Amar 1 (ABH-CSM 2005)

- ❖ **A Medjaz Amar 2:** La qualité des eaux est bonne excepté en éléments minéraux
- ❖ **A Segmen Amar:** La qualité de l'eau en matières organiques et oxydables et en matières azotées est bonne. Les eaux sont excessivement minéralisées et leur qualité en nitrates, en matières en suspension et en phosphates est passable excepté pour ces derniers qui montrent une amélioration en 2002 et 2003
- ❖ **A El Hadjar:** La minéralisation, les matières en suspension et les nitrates sont excessifs. La qualité en matières organiques et oxydables et en matières azotées sont bonnes et connaissent des perturbations de 2001 à 2003 (Fig.61).

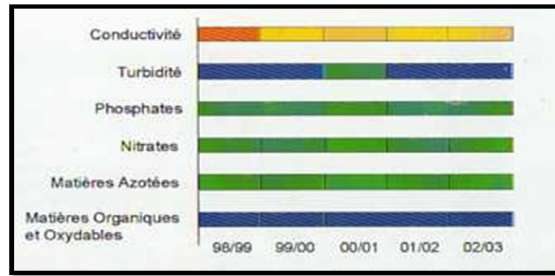


Figure 59: Qualité des eaux –Medjaz Amar 2 (ABH-CSM 2005)

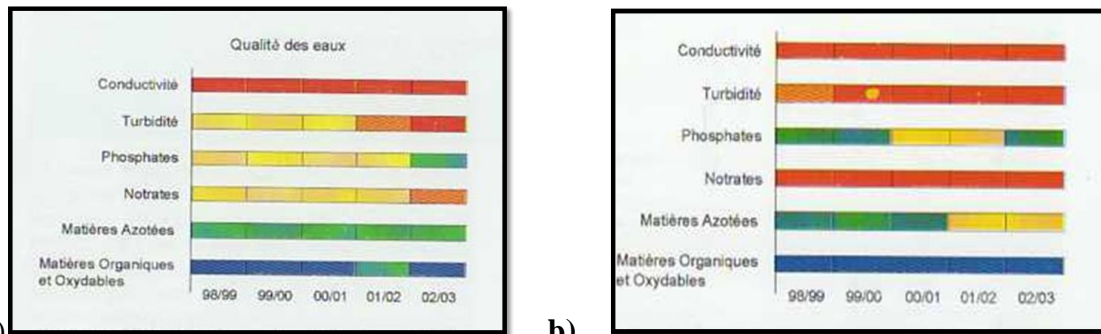


Figure 60: Qualité des eaux a) Segmen Amar b) El Hadjar (ABH-CSM 2005)

II. 4. 2. Le Bassin du Kebir-Est

Le bassin versant du Kebir-Est a fait l'objet de travaux multiples et variés en:

- ♦ Géographie et aménagement du territoire : Doctorat d'état (Mebarki, 2005): Hydrologie des bassins de l'Est algérien: Ressources en eau, aménagement et environnement ainsi que le mémoire de Magister de (Affoun, 2006) (Ressources en eau, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh).

- ♦ En Hydrologie (Zouini, 1997): Ressources en eau de surface pour l'aménagement hydraulique dans le bassin de l'oued El Kebir et en matière de dépollution des eaux des matières organiques, ce sont surtout les travaux de Doctorat de Harrat (Laboratoire LARHYSS): Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface

- ♦ La thèse Doctorat (Chaib, 2011) (Laboratoire LRCZH): Cartographie de la qualité des eaux de surface du bassin hydrographique de l'oued Kebir-Est, est le travail le plus important et le plus récent en matière de suivi de la qualité physico-chimique et biologique effectué au niveau du bassin versant du Kebir-Est. Ce travail est notre référence principale étant donné que notre échantillonnage a porté sur le même bassin. les résultats se résument comme suit:

Les stations en amont de l'oued El Kebir (6,7, 1, 2, 3,17) étaient les plus oxygénées et par conséquent présentaient de faibles températures et de faibles teneurs en matières phosphorées et azotées, cependant, les valeurs sont élevées en sulfates et en magnésium suite au lessivage du sulfate de magnésium. Quant aux stations (8, 9,10, 11, 12, 13 et 8) en aval d'El Kebir, les valeurs sont importantes en matières en suspension et en conductivité due aux teneurs en nutriments(les Orthophosphates, les nitrites, les nitrates et l'ammonium). Les eaux des stations (16,19, 20, 21, 22 et 23) enregistrent des conductivités et des concentrations en chlorures élevées (Fig. 61).

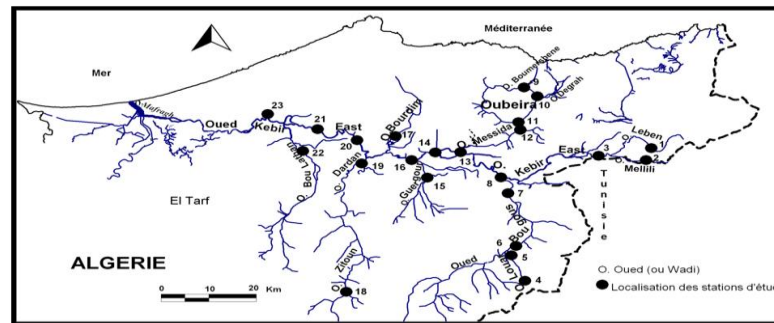


Figure 61: Carte de distribution des stations d'étude à travers le bassin hydrographique du Kebir -Est (Chaib, 2011)

- 1- Leben 2- Mellili 3- Raml Souk 4-Louar amont 5- Louar aval 6- Bougous amont 7- Bougous aval 8- Ain Assel 9- Oued Bou Mershène 10- Oued Degrâh 11- Oued Messida 12- Messida amont 13- Messida aval 14- Ourd Kebir-Est 15- Guergour 16- Près de Guergour 17- Bourdim 18- Zitoun 19- Dardan 20- Ouled Ananès 21- Righia 22- Boulathan 23- Sebaa.

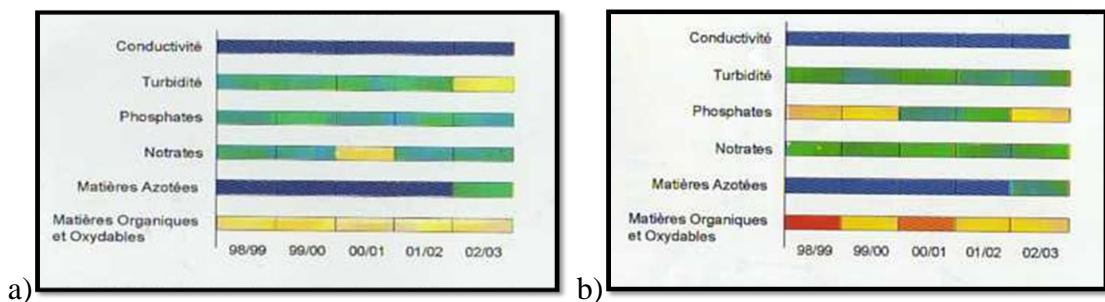


Figure 62: Qualité des eaux des barrages a) Chaffia b) la Mexa (ABH-CSM 2005)



Figure 63: Evolution de la qualité des eaux superficielles dans le bassin versant des Côtiers Constantinois Est 1998-2003 (ABH-CSM 2005)

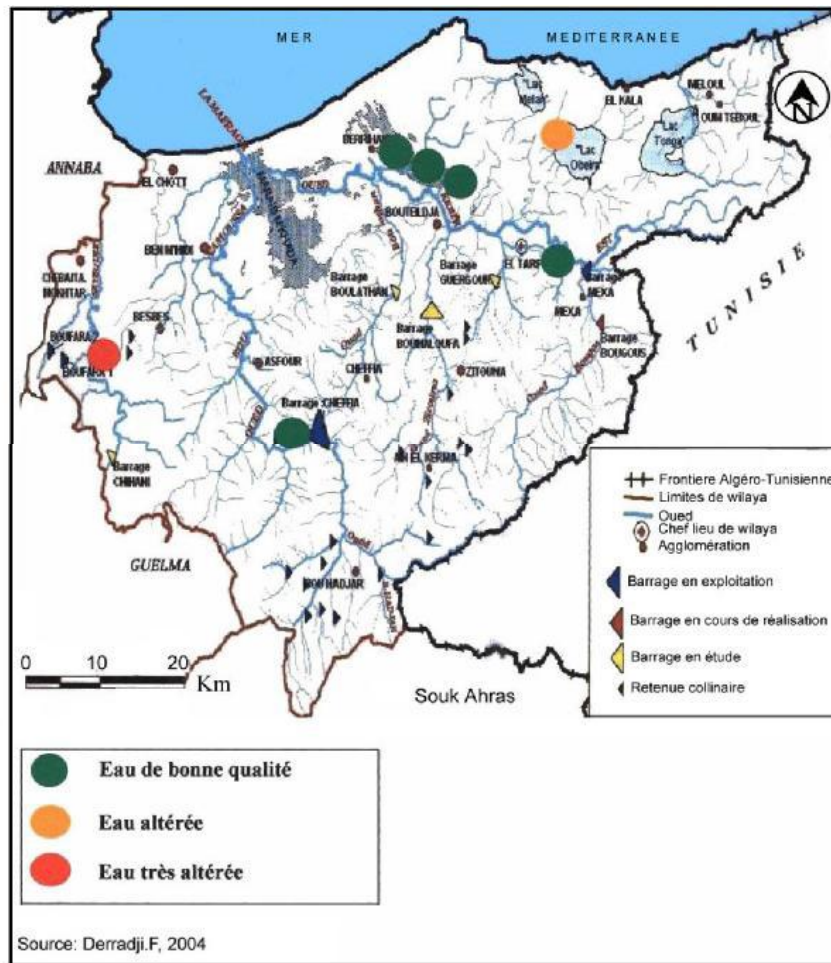


Figure 64: Qualité des eaux superficielles de l'extrême Nord-Est algérien (Zouini, 2004 in Affoun, 2006)

1. 4. 3. Le Bassin du Rhumel

Introduction

♦ L'évaluation du niveau de contamination de l'oued Rhumel en zone urbaine (Constantine) par les éléments trace métallique (chrome , cuivre, manganèse, zinc) et leur transfert du milieu abiotique (Eau et sédiment) au milieu biotique (macrophyte et faune macroinvertébrés) a été étudiée par Afri Mehennaoui (1998, 2007). La pollution au sein du Rhumel a été également décrite dans (Kerdoud, 2006).

Le bassin versant comprend cinq (05) stations de surveillance de la qualité des eaux superficielles: El Kebir El Ancer, Barrage Hammam Grouz, Ain Smara, El Menia Amont Barrage Beni Haroun.

♦ **Les matières organiques oxydables (MOOX):** Déterminée à partir des paramètres caractérisant les matières oxydables présentes dans l'eau (l'oxygène dissous, DBO5, DCO, NH4, NKJ).

♦ **Oxygène dissous**

Les eaux présentent une variabilité dans la qualité de 1994-2003. La valeur minimale enregistrée a atteint 2,9 % observée en 1999 à la station d'Ain Smara.

♦ **Les matières organiques :**

La valeur minimale enregistrée était de 48 mg/l à la station de Hammam Grouz en 2000, 607,9 mg/l à la station de Ain Smara, 332 mg/l enregistrée à Constantine et 209 mg/l à la station Amont du Barrage de Beni Haroun.

La carte de qualité des matières organiques et oxydables est la même durant la période 1999 à 2001 et a connu une qualité passable à la station de H Grouz en 2002 et 2003

➤ **Les matières phosphorées**

Le phosphore provient essentiellement des eaux domestiques. Le bassin enregistre une pollution excessive, exceptée une légère amélioration au niveau de la station de Hammam Grouz de 1999 à 2001.

➤ **Les matières azotées**

La qualité des eaux en matières azotées est médiocre à excessive en amont du barrage Beni Haroun, Ain Smara et El Milia etsemble de bonne à excellente à Hammam Grouz

➤ **Les matières en suspension**

La qualité des eaux en matières en suspension est bonne durant toute la période de 1994 à 2000 . Cependant, des dépassements ont été observés seulement à la station d'Ain Smara, d'El Menia et à la station du Barrage de Beni Haroun à partir de l'année 2001.

➤ **La minéralisation:** Les eaux ont une bonne à excellente conductivité dans toutes les stations du bassin versant Kébir-Rhumel .



Figure 65 : Evolution de la qualité des eaux superficielles dans le bassin versant du Kébir-Rhumel 1998-2003 (ABH-CSM 2005)

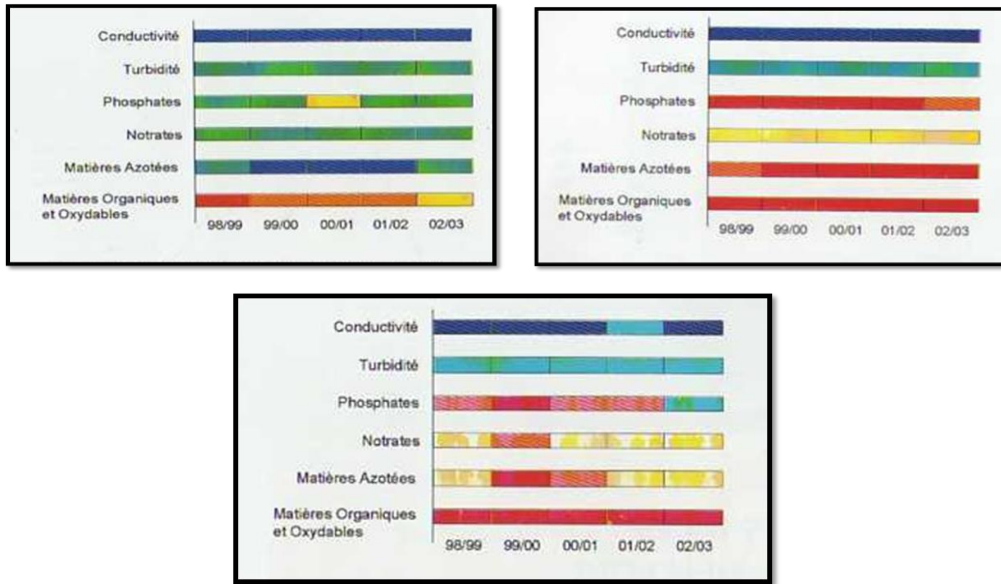


Figure 66: Qualité des eaux: a) Hammam Grouz b) Rhumel à Ain Smara c) El Milia (ABH-CSM 2005)

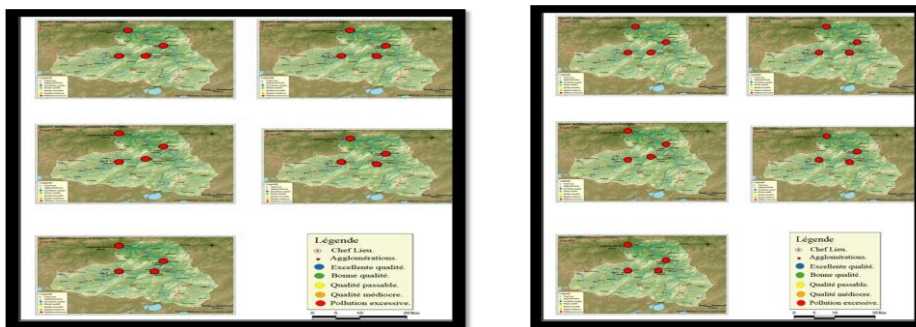
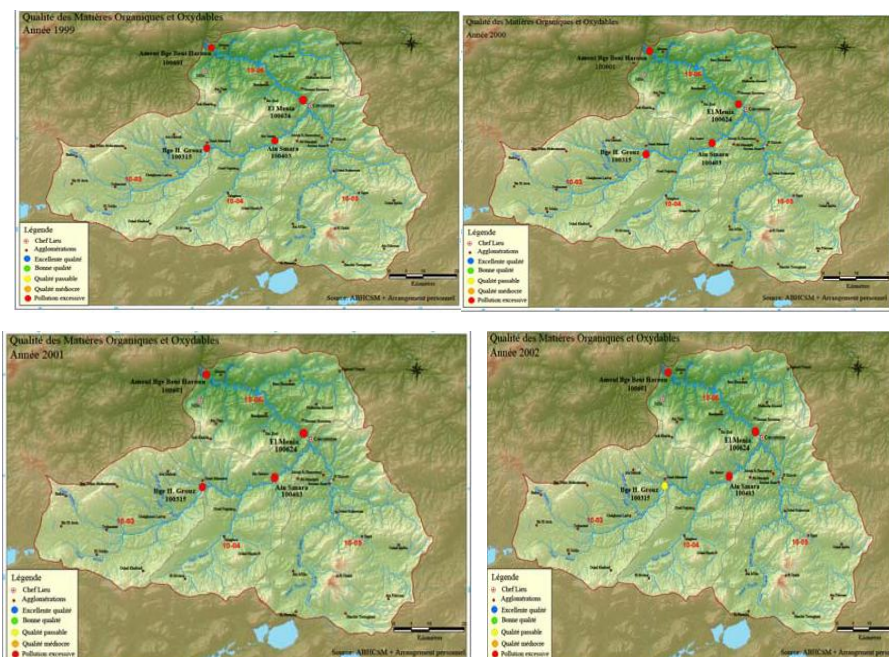


Figure 67) a): Qualité des matières organiques oxydables (1994-1998) A.B.H.C.S.M (in Kerdoud, 2006)



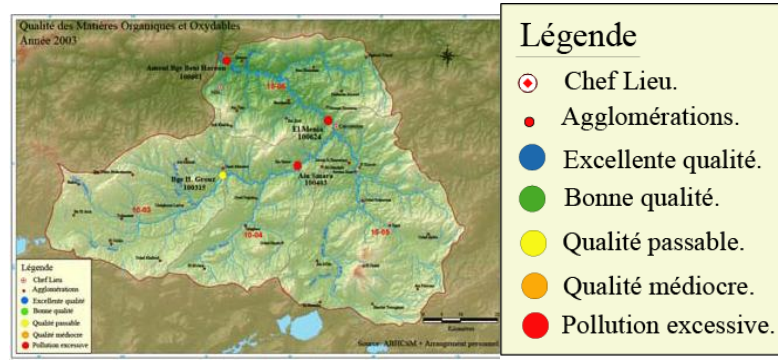


Figure 67) b): Qualité des matières organiques oxydables (1999-2003)

A.B.H.C.S.M (Kerdoud, 2006)

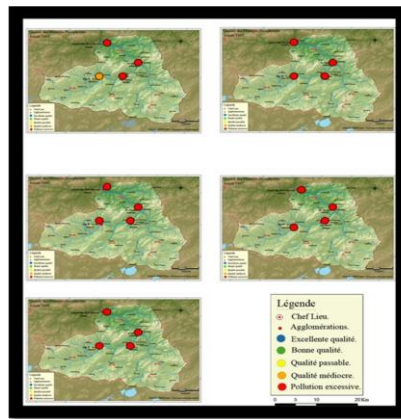
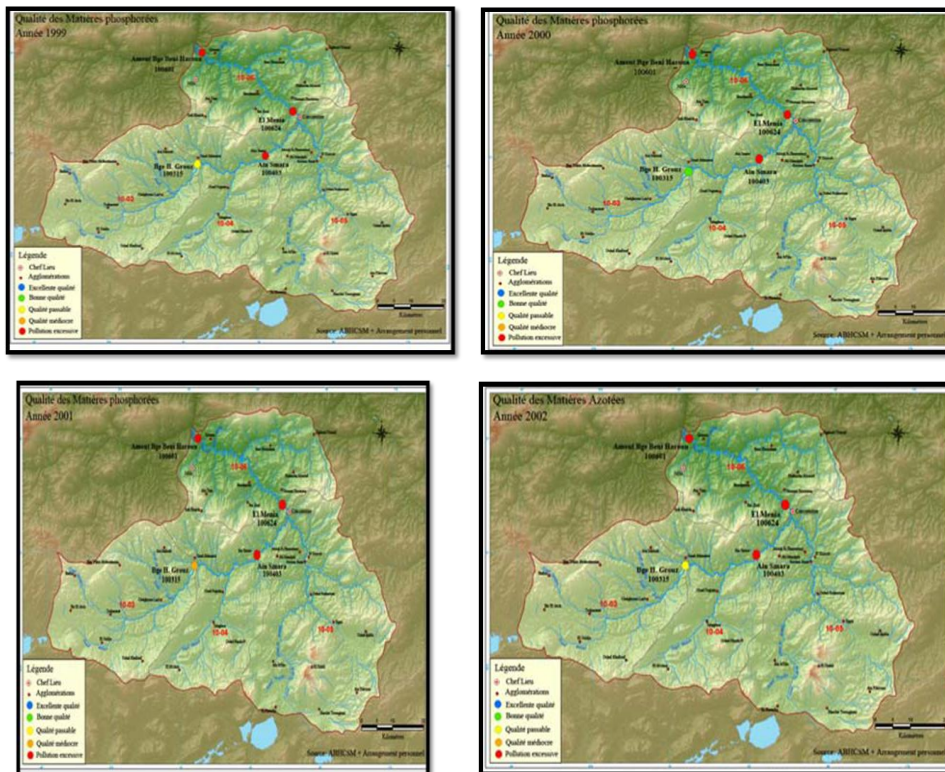


Figure 68) a): Qualité des matières phosphorées (1994-1998)

Source A.B.H.C.S.M (Kerdoud, 2006)



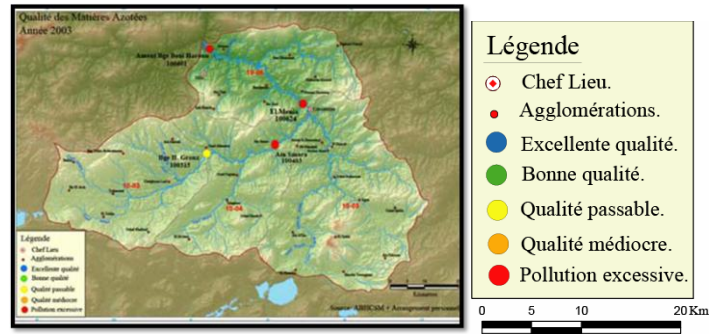


Figure 68) b): Qualité des matières phosphorées (1999-2003)

Source A.B.H.C.S.M (Kerdoud, 2006)

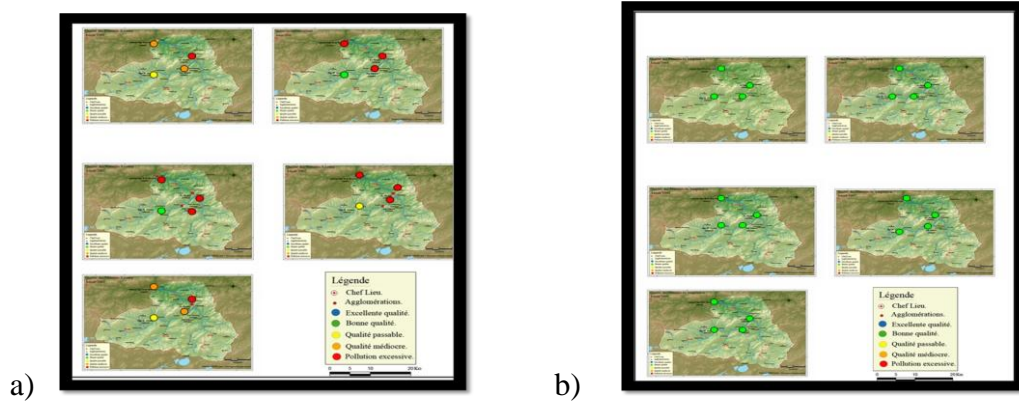
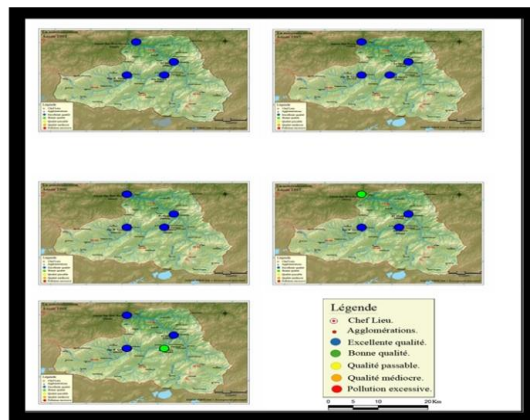


Figure 69: Qualité a) des matières azotées (1999-2003) b) matières en suspension (1994/1998)



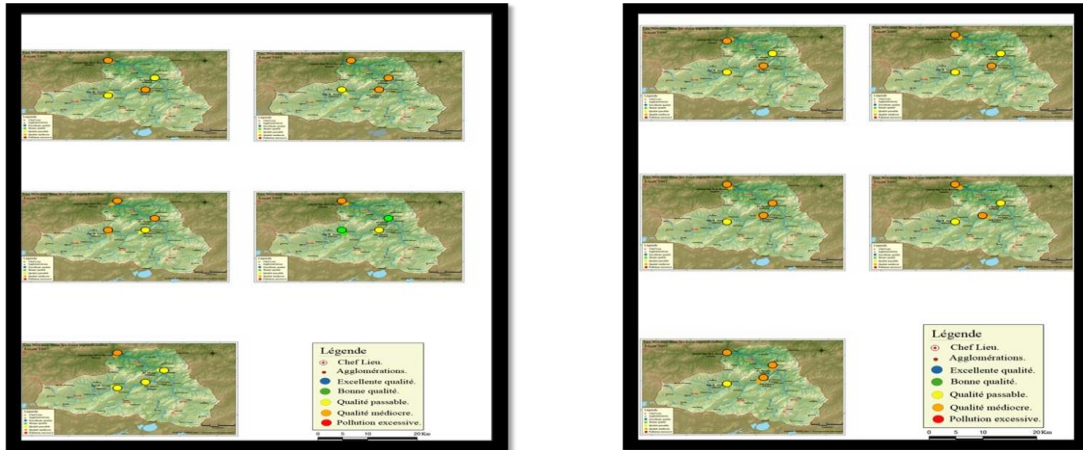


Figure 70) a): Les nitrates (1994/1998)) b) (1999/2003)
A.B.H.C.S.M (Kerdoud, 2006)

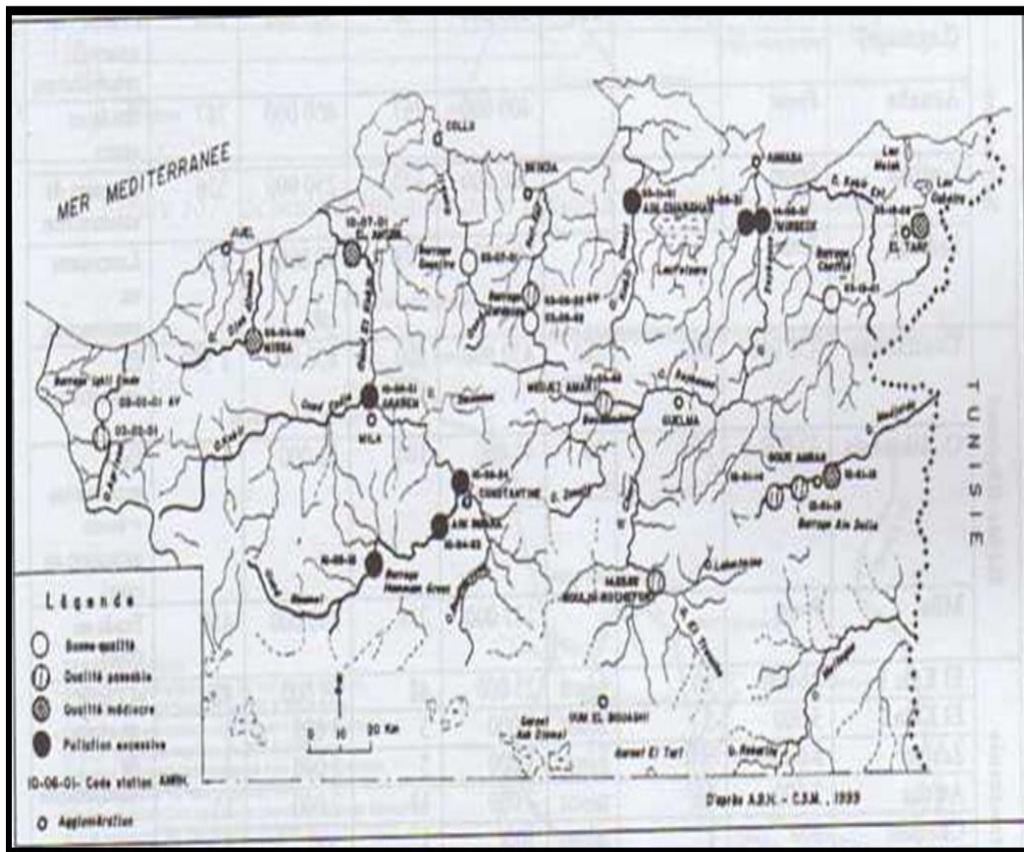


Figure 71: Qualité des eaux des oueds (Fév1994-Sep 1997)
(Données de mesures de l'A.N.R.H., d'après ABH-C.S.M, 1999 in (Mebarki, 2010)

Conclusion

Les cours d'eaux dans le bassin de Beni Haroun se caractérisent par une mauvaise qualité. Une contamination généralisée du bassin versant du Rhumel par les matières organiques, matières azotées et matières phosphorées dû à d'une forte concentration urbaine exacerbée par l'implantation anarchique d'unités industrielles .

Recommandations :

- Augmenter le nombre de stations de mesure au niveau des bassins versant de l'Algérie
- Aménagement de stations d'épuration
- Inciter les industriels à épurer leurs effluents avant leurs rejets dans le milieu récepteur
- Encourager l'action des associations de protection de l'environnement
- Respect de la législation
- Mettre en œuvre un programme de bio surveillance de la qualité des eaux en collaboration avec les services de l'environnement et de l'agence des bassins hydrographiques.
- Installer des bureaux d'études impact afin de préserver les écosystèmes dans une perspective de développement durable.

Chapitre 3
Matériel et Méthodes

III. 1. Période de prospection et critères de sélection des stations

Sachant que les premières émergences coïncident avec le début du printemps, nous avons d'abord effectué plusieurs sorties de prospection durant la période automnale et hivernale afin de connaître et de nous familiariser avec les régions d'étude (Kebir-Est) et Kebir-Rhumel (.Tab 3). le choix des stations était basé notamment sur leur accessibilité (Proximité de la route et également pour des raisons sécuritaires), le gradient altitudinal et la variabilité des habitats.

NB: Nous n'avions aucune connaissance préalable de présence, d'absence ou de richesse spécifique.

Tableau 3: Dates de prospection des régions d'étude

Dates de prospection	Lieu
12/11/2010	Kebir-Est
27/11/2010	Kebir-Est
27/12/2010	Kebir-Rhumel
28/12/2010	Kebir-Rhumel
14/2/2011	Ferdjioua, Oued Endja, Oued Bouselah, Oued Redjas, Oued Saber et Ouled Rahmoune

III. 1. 1. Stratégie d'échantillonnage

Notre but est d'abord, inventorier la faune odonatologique des cours d'eau au sein des trois bassins versants du Nord-Est algérien, par la suite, comprendre les paramètres qui régissent la dynamique de ces peuplements.

L'inventaire de l'odonatofaune a été réalisé durant les années 2007 (La Seybouse)*, 2011 (Kebir-Est & Kebir-Rhumel) et 2013 (Kebir-Rhumel: Physico-chimie). l'échantillonnage s'est fait uniquement par temps ensoleillé et peu venteux en évitant au maximum les journées succédant à une période pluvieuse.

Soixante sept stations ont été choisies dans trois bassins versants

- **Le bassin versant de la Seybouse:** Trente et une stations ont été échantillonnées le long de l'oued Seybouse d'amont (Bouhamdane) en aval, jusqu'à l'exutoire de l'oued Seybouse en méditerranée. l'échantillonnage a débuté en Mai et s'est poursuivi jusqu'en Novembre à raison d'une sortie par mois au niveau des stations régulières. D'autres stations ont également été visitées occasionnellement (Tableau 5.a)
- **Le bassin versant du Kebir-Est :** Dix neuf stations ont été choisies le long de l'oued El Kebir et ses affluents suivant un gradient altitudinal d'amont (Oued Leben) à l'exutoire (La

Mafrag). L'échantillonnage a commencé au mois d'Avril et a pris fin en Novembre avec le début de l'hiver, au rythme d'une sortie par mois de façon régulière et sans interruption (Tableau 5.b).

➤ **Le bassin versant du Kebir-Rhumel:** Dix sept stations sont sélectionnées sur le cours principal et ses affluents. Trois sorties sont effectuées chaque mois : Deux au Rhumel et son affluent le Boumerzoug et une sortie unique au Kebir maritime. Les stations sont échantillonnées mensuellement et sans interruption d'Avril à Novembre (Tableau 5.c).

NB: Il ne nous a pas été possible d'effectuer la sortie du mois d'Août au niveau du bassin maritime (Kebir maritime) ainsi que la station de Bouhaloufa sur oued Zitoun au Kebir-Est.

Méthode d'échantillonnage: Elle est standardisée au niveau de toutes les stations. Les odonates adultes sont capturées à l'aide d'un filet à papillons. Les deux rives ainsi que tous les habitats sont scrutés pendant une durée d'une heure. Le comportement des adultes est noté (Territorialité, tandem, copulation, ponte, femelle seule lors de la pente ou accompagnée, type de ponte....). D'autres informations sont collectées afin de recenser les pressions qui s'exercent au sein du cours d'eau (Existence d'unités industrielles, abreuvement, Types de rejets, infrastructures, occupation des sols, prédation....)

III. 1. 2. Localisation des stations d'études

➤ **La Seybouse:** Trente et une stations sont réparties selon un gradient altitudinal dans tous les sous bassins versant: De Sabath (14-03), puis la moyenne Seybouse (14-04) en progressant vers le bassin maritime (14-06) pour déboucher à l'exutoire à Sidi Salem. Le sous bassin (14-05) n'a fait l'objet d'aucune investigation étant donné que tous les affluents qui s'y trouvent débouchent dans l'oued El Maleh (Tab 5.a , Fig 78.a et 79.a)

➤ **Kebir-Est:** Les dix neuf stations sont choisies le long de l'oued El Kebir de l'amont (frontières algéro-tunisiennes) à l'embouchure (Méditerranée) à travers plusieurs localités (Oued el Hout, Raml Souk, Ain El Assel, Bouteldja et Berrihane, balayant ainsi trois sous-bassins versants (03-16), (03-17) et (03-18), le côtier Bounamoussa n'a pas été échantillonné puis qu'il n'appartient pas à la zone d'étude (Tab 4 &Tab.5.b, Fig.78.b & Fig.79.b).

➤ **Kebir-Rhumel:** Les dix sept stations ont été choisies dans différents cours d'eau selon un gradient altitudinal allant de la Station 1 à Tadjnet (814,6 m) à la station 17 à Djenah à Sidi Abdelazize (0,7m) traversant ainsi plusieurs localités (Tadjnet, Chelghoum Laid, Teleghma, Ain Smara, Constantine, Mila, El Milia, El Ancer et Sidi Abelaziz), situées dans les différents sous bassins versants (10-03), (10-04)- (10-05)-(10-06) et (10-07). Il ne nous a pas été possible d'échantillonner les sous-bassins (10-01) et (10-02) puisqu'il s'agissait d'une étude comparative qui

devait être menée simultanément au sein des deux bassins versants: Celui du Kebir-Est et du Kebir-Rhumel (Tab 4 & 5.c , Fig 78.c & 79.c).

NB: Pour le positionnement des stations (Latitude, longitude et altitude), nous avons utilisé un récepteur "GPS" de type Garmin.

* L'étude du bassin versant de la Seybouse a fait l'objet de notre mémoire de Magister (2008) et le présent travail en est la continuité.

NB: D'autres stations ont été occasionnellement échantillonnées dans chaque bassin-versant (Tab.5 a.b.c).

Tableau 4 : Wilayates et communes visitées dans les deux bassins lors de l'échantillonnage

Bassin versant	wilayates	Communes
Kebir-Est	Taref	1. <u>Aïn El Assel</u>
		2. <u>Aïn Kerma</u>
		3. <u>Berrihane</u>
		4. <u>Bougous</u>
		5. <u>Bouteldja</u>
		6. <u>Chefia</u>
		7. <u>El Aioun</u>
		8. <u>El Kala</u>
		9. <u>El Tarf</u>
		10. <u>Oued Zitoun</u>
		11. <u>Raml Souk</u>
Kebir Rhumel	Constantine	1. <u>Aïn Smara</u>
		2. <u>Constantine</u>
		3. <u>Hamma Bouziane</u>
	Mila	1. <u>Oued Endja</u>
		2. <u>Oued Seguen</u>
		3. <u>Chigara</u>
	Jijel	4. <u>Oued Athmania</u>
		5. <u>Oued Seguen</u>
		6. <u>Tadjenanet</u>
		1. <u>Djema Beni Habibi</u>
		2. <u>El Milia</u>
		3. <u>Sidi Abdelaziz</u>

Tableau 5.a : Stations échantillonnées dans le bassin versant de la Seybouse

The main watercourse (w) or tributary(T)		Code station	Number of station	Latitude (Y)	Longitude (X)	Altitude (m)	Hyroperiod
Oued Zenati	T	O Zen	1	N36°18.208'	E 7°09.862'	622,2	Permanent
Oued Sabath	T	O Sab	2	N36°24.703'	E 7°02.461'	620,6	Permanent
Chedakha*	T	Ched	3	N36°27.040'	E 7°16.002'	329,2	Permanent
Hamam Skhoun*	T	H Skh	4	N36°27.682'	E 7°16.274'	286,2	Permanent
Bouhamdane1 *	T	Bouha 1	5	N36°27.883'	E 7°16.274'	260,5	Permanent
Bouhamdane2 *	T	Bouha 2	6	N36°27.996'	E 7°15.802'	268,3	Permanent
Medjaz Amar	T	Mej2	7	N36°26.597'	E 7°18.619'	243,1	Permanent
Seybouse(Djebala)*	W	SeyDje	8	N36°28.098'	E 7°18.619'	157,3	Permanent
Seybouse (Bentabouche, falaise)*	W	Sey Ben	9	N36°27.659'	E 7°20.352'	230,6	Permanent
Pont(Fedjouj- Skikda)*	W	SeyFS	10	N36°28.687'	E 7°23.806'	208,7	Permanent
Bendjerrah (Pente)*	T	Benj	11	N36°27.180'	E 7°24.238'	435,3	Temporary
Seybouse(Guelma-Annaba)*	W	Seypga	12	N36°29.094'	E 7°26.312'	190,2	Permanent
Bradaa 2*	T	Brad2	13	N36°30.841'	E 7°26.979'	259,7	Permanent
Seybouse*	W	SeyBou	14	N36°27.108'	E 7°34.349'	144,5	Permanent
Oued El Maiz*	T	OEIM	15	N36°26.641'	E 007°26.742'	305,4	Permanent
Zimba (Belkhir)	T	Zim	16	N36°27.816'	E 007°29.220'	205,3	Permanent
Boumahra*	W	BouVil	17	N36°27.781'	E 7°29.212'	190,2	Temporary
Oued Hlia (Aval)*	T	O Hlia	18	N36°20.116'	E 7°29.661'	433,6	Permanent
Seybouse (Laayaycha)*	W	Seylaa	19	N36°26.913'	E 7°36.908'	152,3	Permanent
Boumahra (Station régulière)	W	SeyBou	20	N36°26.999'	E 7°34.225'	135,4	Permanent
Seybouse (Ferme Chekal, Nador)*	W	SeyNad	21	N36°25.538'	E 7°36.112'	125,5	Permanent
Oued Hlia (Côté Nador)*	T	Ohlia	22	N36°24.792'	E 7°36.672'	132,6	Permanent
Oued Boussera (Khezarra)*	T	Obous	23	N36°22.717'	E 7°30.970'	306,7	Permanent
Oued El Maleh(Boucheghouf)	T	Omaleh	24	N36°27.494'	E 7°42.989'	97,3	Permanent
Seybouse Boukamouza	W	SeyBou	25	N36°35.555'	E 7°45.615'	56,4	Permanent
Ressoul (El Barda)*	T	Ressoul	26	N36°38.717'	E 7°35.479'	102	Permanent
Meboudja (El Barda)	T	MebBer	27	N36°41.083'	E 7°36.322'	57,8	Permanent
Seybouse (Drean)	W	SeyDr	28	N36°40.999'	E 7°45.077'	20,7	Permanent
Meboudja(Zone industrielle)*	W	MebZl	29	N36°49.440'	E 7°45.077'	6,6	Permanent
El Aalalick (Avant l'embouchure)*	W	Alalik	30	N36°51.792'	E 7°46.066'	4,5	Permanent
Seybouse(Sidi Salem)*	W	SeySi	31	N36°51.687'	E 7°46.082'	1,3	Permanent

Tableau 5.b : Stations échantillonnées dans le bassin versant du Kebir-Est

Cours d'eau principal (P) ou affluent (A)		Code station	Numéro station	Latitude (Y)	Longitude (X)	Altitude (m)	Hydropériode
Oued El Hout*	A	O El H	1	36° 49. 424'N	8° 29. 298' E	346,5	Temporaire
Leben	A	Leb	2	36° 48. 226' N	8° 32.132' E	111,5	Temporaire
Ain Dem*	A	Ain Dem	3	36°46.979' N	8° 31.246' E	84,9	Temporaire
Kebir Raml Souk 1	P	KRS 1	4	36° 46. 654' N	8° 31.053' E	82,3	Permanent
Kebir Raml Souk 2	P	KRS 2	5	36° 46. 758' N	8° 30.841' E	86,7	Permanent
Mexa1	A	Mexa1	6	36° 45.372' N	8° 22.748' E	33,1	Permanent
Mexa2	A	Mexa2	7	36° 45.269'N	8° 23.313' E	25,2	Permanent
K Profond	P	K Pro	8	36° 46. 025' N	8°21.922' E	41	Permanent
Oued Ben Sebti*	A	O Ben Se	9	36° 45.542' N	8°22.252' E	36,4	Temporaire
Près de Bouhaloufa*	A	Près de Bouhal	10	36° 37.141' N	8° 12.266' E	143,6	Temporaire
Oued Bouhaloufa	A	O Bouhal	11	36° 37.541' N	8° 12.147' E	127,5	Temporaire
K Côté de Guergour*	A	kc Guerg	12	36° 46.653' N	8°16. 886' E	28	Permanent
Guergour	A	Guergour	13	36° 46.281' N	8° 17.222' E	24,9	Permanent
Dardan*	A	Dardan	14	36° 46.523' N	8° 13.212' E	8,3	Temporaire
Oued Oum Saad*	A	Oum Saad	15	36° 47.154' N	8° 12.312' E	17,6	Temporaire
Kef Belechehab*	A	Kef Bele	16	36° 46.166' N	8° 12.312' E	18	Temporaire
Boulathane	A	Boulathane	17	36° 47.009' N	8°09.105' E	4,7	Temporaire
K Sebaa	P	Sebaa	18	36° 49.704' N	8° 06.112' E	8,6	Permanent
K Mafrag	P	K Maf	19	36°50.177' N	7° 57.620' E	1	Permanent

* Signifie que la station a été occasionnellement échantillonnée

Tableau 5.c : Stations échantillonnées dans le bassin versant du Kebir -Rhumel

Cours d'eau principal (P) ou affluent (A)		Code station	Numéro station	Latitude (Y)	Longitude (X)	Altitude (m)	Hydropériode
Rhumel à Tadjnet	P	Rh Tadj	1	36° 07.137' N	6° 02.809' E	814,6	Permanent
Rh HG A mont	P	Rh HG Am	2	36°12.141' N	6°15;417' E	722,3	Permanent
RH HG Aval	P	RH HG Aval	3	36° 14.174'N	6° 16.910' E	677,2	Permanent
RH O Athmania	P	RH Athm	4	36° 14.747' N	6° 18.617' E	696,7	Permanent
RH Cascade	P	RH Cascade	5	36°14.705' N	6° 26.662' E	628,9	Permanent
RH Ain Smara	P	RH Smara	6	36° 17;839' N	6° 33.840' E	564,3	Permanent
Boumerzoug (Chaabat Rsas)	A	Boum Rsas	7	36°19.835'N	6° 38.142' E	737	Permanent
Boumerzoug (Sisaoui)	P	Boum Sisa	8	36° 19.224' N	6° 39.790' E	554,2	Permanent
RH Hama Bouziane	P	RH Bouziane	9	36° 23.984' N	6° 34.290' E	338,7	Permanent
Oued El Koton*	A	O El Kot	10	36°21.021' N	6° 18.305' E	809	Temporaire
Chegara	P	Chegara	11	36° 35.120' N	6°16.570' E	66,6	Permanent
Kebir à rafrat	P	Keb raf	12	36° 38.581' N	6° 16.940' E	33,4	Permanent
Kebir Pont El Milia*	P	Keb Milia	13	36° 43.600' N	6°15.714' E	30	Permanent
Djemaa	A	Djemaa	14	36° 48.433' N	6° 08.085' E	19,3	Temporaire
Boumaazouz	A	Boumaazouz	15	36° 51.670' N	6° 05.963' E	14,1	Temporaire
Irdjana	A	Irdjana	16	36° 48.254' N	6° 09.341' E	9,2	Permanent
Kebir Djenah	P	Keb Dje	17	36° 52.220' N	6° 05.312' E	0,7	Permanent

* Signifie que la station a été irrégulièrement échantillonnée

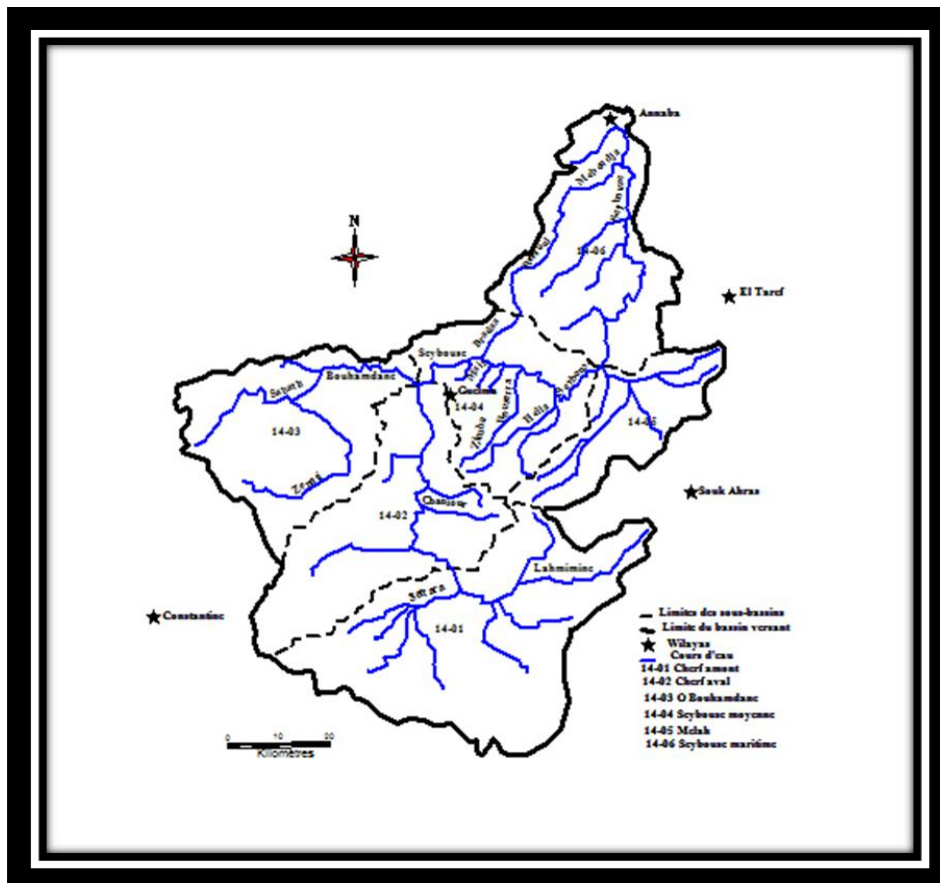


Figure 78) a) : Carte des bassins versants de l'oued Seybouse

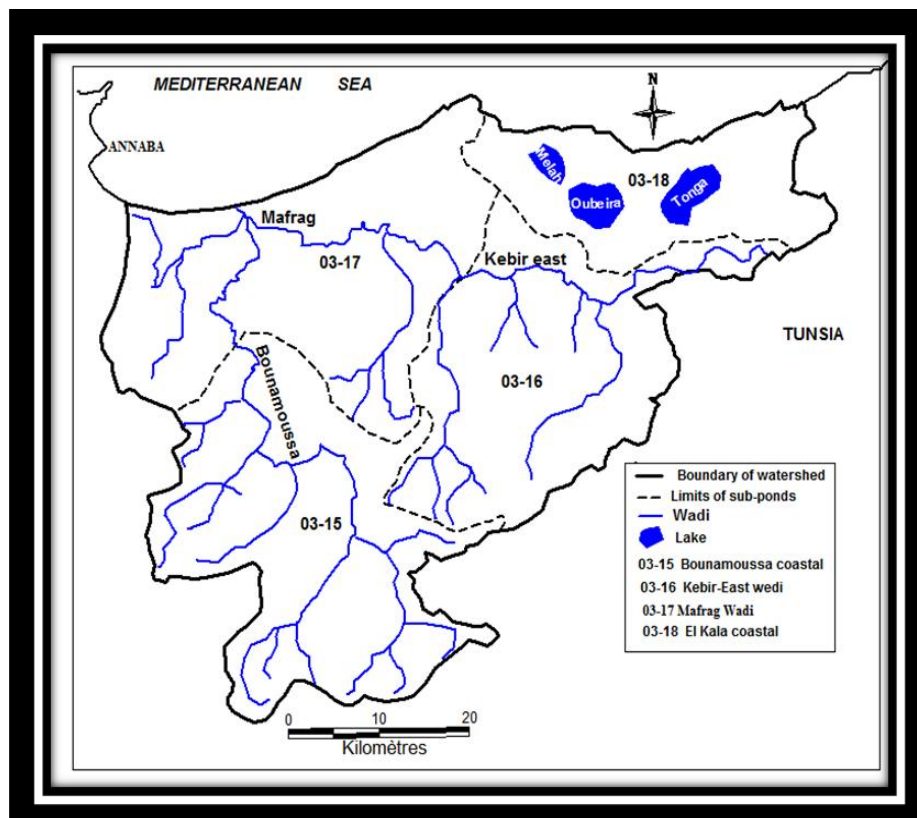


Figure 78. b) : Carte des bassins versants de l'oued Kebir-Est

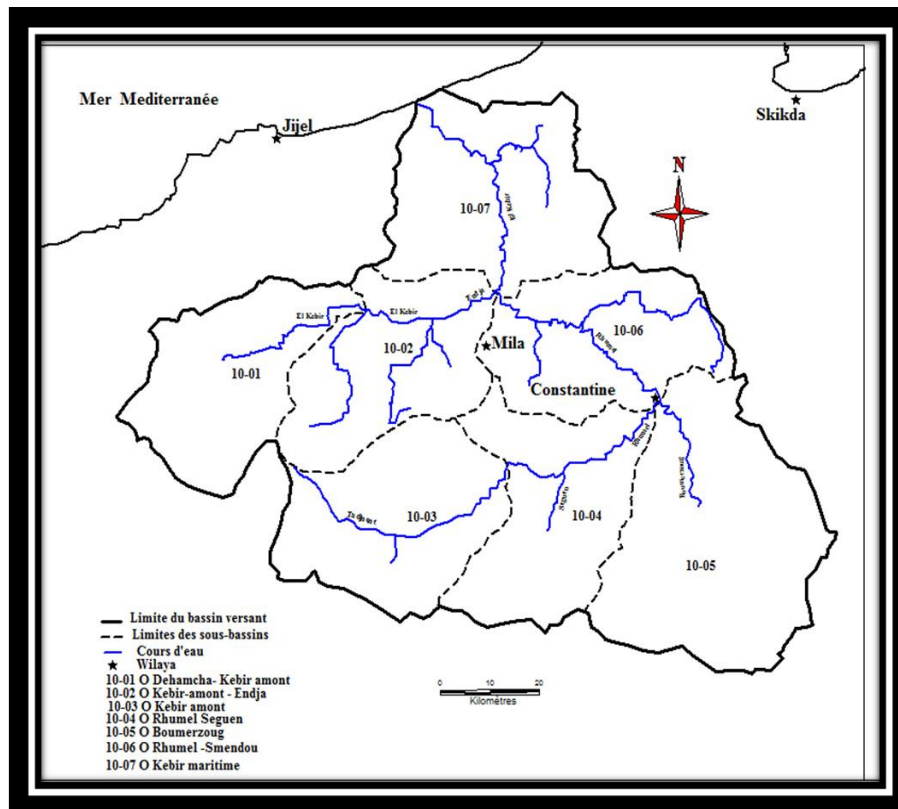


Figure 78) c) : Carte des bassins versants de l'oued Kebir-Rhumel

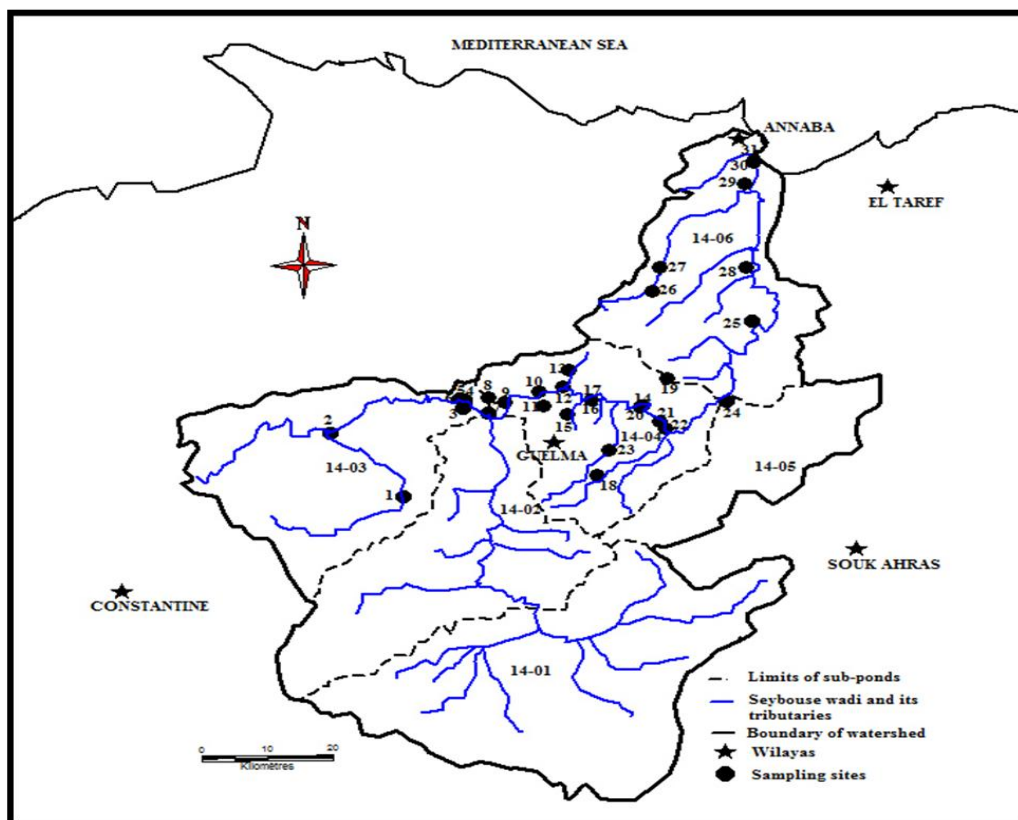


Figure 79) a) : Carte de positionnement des stations dans le bassin versant de l'oued Seybouse

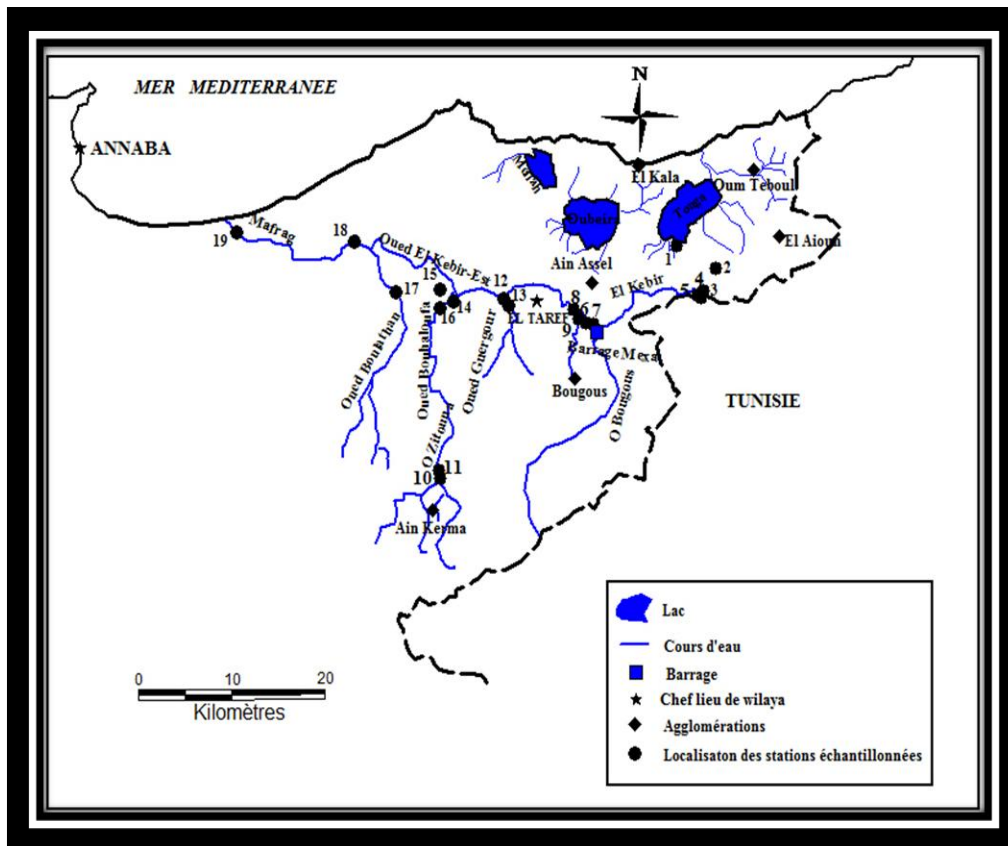


Figure 79) b) : Carte de positionnement des stations dans le Kebir-Est

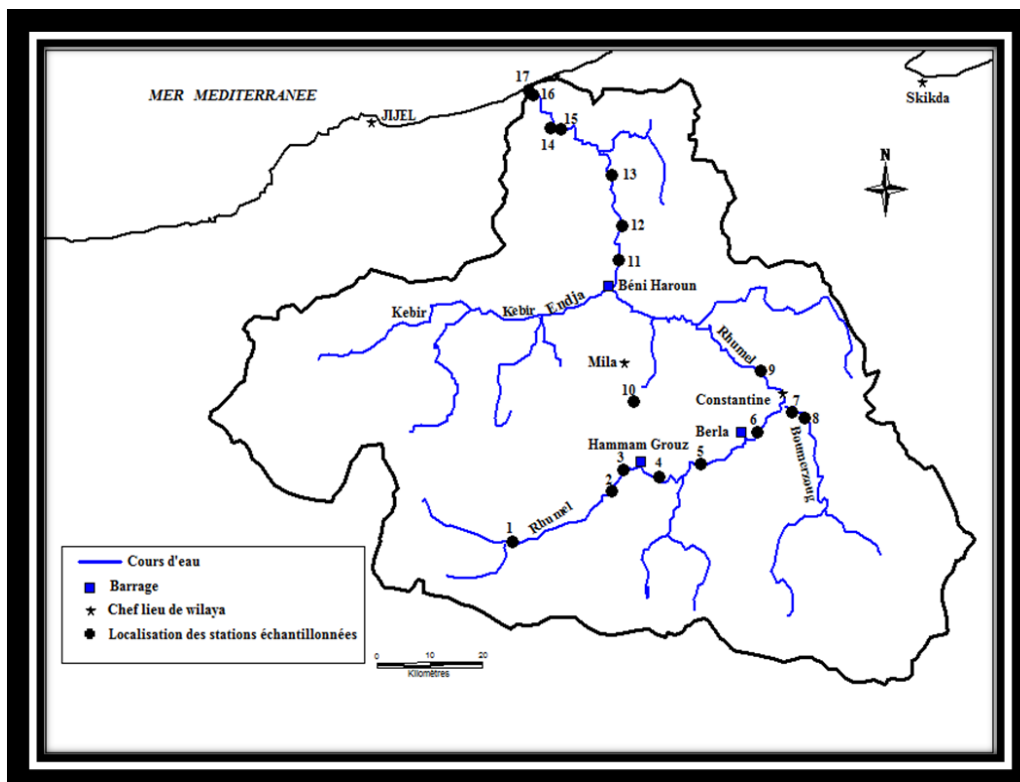


Figure 79) c) : Carte de positionnement des stations dans le bassin versant du Kebir-Rhumel

III.2. Description des stations d'étude

III.2.1. Les stations du Kébir-Est

Station 1 : Leben « Leb »

Latitude : N 36° 48. 226'

Longitude : E 008° 32.132'

Altitude : 111,5 m

Largeur du lit mouillée: Min: 0 Max : 2m

Profondeur: Min: 0 Max : 0,31m

Typologie du cours d'eau : Temporaire

Occupation des sols: Terrains vierges

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage : 75%

Pente : 1,66

Substrat: Cailloux 30%, galets 50% , sable fin, 20%

Pressions anthropiques : Pâturage



Station 2 : Raml Souk 1 « KRS 1 »

Latitude : N 36° 46 .654'

Longitude : E 008° 31.053'

Altitude : 82,3m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 6 Max : 12

Profondeur: Min: 0,27 Max : 0,75 m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage : 0%

Pente : 0,78

Substrat : Stratifié: Galets 10% sur les côtés de la berge,
blocs 5%, sable grossier 30%, graviers 15%, sable fin 30%, cailloux 10%.

Pressions anthropiques : Pâturage



Station 3 : Raml Souk 2 « KRS 2 »

Latitude : N 36° 48. 226'

Longitude : E 008° 32.132'

Altitude : 111,5 m

Largeur du lit mouillée: Min: 4,5 Max : 14 m

Profondeur: Min: 0, 12 Max : 0,70 m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 40%

Ombrage : 10%

Pente : 7,22

Substrat: Sable grossier 30%, galets 30%, sable fin 30%
cailloux 10%.

Pressions anthropiques : Pâturage



Station 4 : Oued Bougous au barrage de la "Mexa1"

Latitude : N36° 45.372'

Longitude : E008° 22.748'

Altitude : 33,1m

Largeur du lit mouillée: Min: 4,5 Max : 14 m

Profondeur: Min: 0,25Max : 0,50 m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage : 30%

Pente : 2,29

Substat: Sable grossier 35%, gravier 15%, cailloux 30% galets 20%

Station 5 : Oued Bougous au barrage de la Mexa « Mexa2 »

Latitude : N36° 45.269'

Longitude : E008° 23.313'

Altitude : 25,2m

Largeur du lit mouillée: Min: 1,5 Max : 3,5 m

Profondeur: Min:0,1 Max : 1m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 30%

Ombrage :0%

Pente : 1,66

Substrat : : Sable grossier 30%, gravier 10%, cailloux 30% galets 30%

Pressions anthropiques : Pâturage

Station 6 : Oued El Kebir (sortie du barrage de la Mexa)

Latitude : N36° 46 .025'

Longitude : E 008°21.922'

Altitude : 41,0m

Largeur du lit mouillée: Min: 5 Max : 15m

Profondeur: Min:0,17 Max : 0,4 m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage : 70%

Pente : 2,48

Substrat: Boue 40% , Cailloux 10%, Sable grossier 40%

Pressions anthropiques : Pâturage



Station 7 : Oued Guergour

Longitude : N 36° 46.281'

Latitude : E 008° 17.222'

Altitude : 24,9m

Largeur du lit mouillée: Min: 4 Max : 10m

Profondeur: Min:0,15 Max :0,35 m

Typologie du cours d'eau : Temporaire

Ombrage : 20%

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 40%

Pente : 1,57

Substrat: Blocs 40%, galets20%, cailloux 10%, boue 30%

Pressions anthropiques : Rejets urbains de l'agglomération de Guergour



Station 8 : Oued Bouhaloufa

Latitude : N36° 37.541'

Longitude : E 008° 12.147'

Altitude : 127,5m

Largeur du lit mouillée: Min: 1,5 Max : 6,5m

Profondeur: Min:0 Max : 0,36 m

Typologie du cours d'eau : Temporaire

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 40%

Ombrage : 10%

Pente : 3,33

Substrat: Sable grossier 40%, gravier 30%, Galets 10%, cailloux 5%

Blocs de pierres 15%

Pressions anthropiques : Pâturage, irrigation

Prédation : Poissons, Batraciens et reptiles

Station 9 : Oued Boulathane

Latitude : N36° 47.009'

Longitude : E 008°09.105'

Altitude : 4,7m

Largeur du lit mouillée: Min: 3 Max : 15m

Profondeur: Min:0,28 Max : 0,45 m

Typologie du cours d'eau : Temporaire

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 30%

Ombrage : 20%

Pente : 0

Substrat: Boue 100%

Pressions anthropiques : Pâturage, irrigation,



Station 10 : Oued El Kebir à Sebaa

Latitude : N36° 49.704'

Longitude : E 008° 06.112'

Altitude : 8,6m

Largeur du lit mouillée: Min: 15 Max : 20 m

Profondeur: Min:0,37 Max :0,70 m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 5%

Ombrage : 50%

Pente : 0

Pressions anthropiques : Pâturage, pêche

Substrat: 40% grossier, sable fin 30% sable, blocs 30%



Station 11 : O El Kebir à la Mafrag

Latitude : N36°50.177'

Longitude : E007° 57.620'

Altitude : 1m

Largeur du lit mouillée: Min: 50 Max : 50m

Profondeur: Min:0, 2 Max : 3m

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 40%

Ombrage :10%

Pente : 3,55

Pressions anthropiques : Pâturage, irrigation, pêche

Substrat: Boue



Autres stations échantillonnées irrégulièrement

- Oued El Hout*
- Ain Dem*
- Oued Ben Sebti*
- Kef Belechehab*
- Dardan*
- Oued Oum Saad*
- K Côté de Guergour*
- Près de Bouhaloufa*

III.2.2 Les stations du Kébir-Rhumel

Station 1 : Rhumel (Sortie Est Tadjnet)

Situation géographique : Limitée au Nord par la commune de Benyahia Abderahmane (Daira de Tadjenanet) au Sud par la commune de Ouled Khellouf (Daira de Tadjenanet) à l'Est commune de Chelghoum Laid (Daira de Chelghoum Laid) et à l'Ouest la ville de Tadjenanet

Latitude : N 36° 07.137'

Longitude : E 006° 02.809'

Altitude : 814,6m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 0,3 Max : 3 m

Profondeur (m): Min:0,22 Max : 0,47

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage : 60%

Pente : 2,99

Substrat: Boue 45%, vase (35%), Pierres 20%

Pressions anthropiques : Pâturage, pompage de l'eau pour des fins d'irrigation

Prédation : Aucune



Station 2 : Rhumel Hammam Grouz Amont barrage du même nom Commune de Oued Athménia ,Wilaya de Mila

Situation géographique : Limitée au Nord par la commune de Oued Athménia (Daira de Chelghoum Laid), au Sud par la commune de M'chira (Daira de Teleghma) à l'Est commune de Oued Seguin (Daira de Teleghma) et à l'Ouest Chelghoum Laid (Daira de Chelghoum Laid)

Latitude : N 36°12.141'

Longitude : E 006°15.417'

Altitude : 722,3m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 1 Max : 15 m

Profondeur (m): Min: 0,07 Max :0,55

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 20%

Ombrage : 5%

Pente : 3,92

Substrat: Boue en 2011

Sable grossier 5% graviers, cailloux, galets 2013

Prédation : Oiseaux d'eau

Pressions anthropiques : Pâturage et irrigation



Station 3 : Rhumel Hammam Grouz aval barrage du même nom

Commune de Oued Athménia , Wilaya de Mila

Situation géographique : Limitée au Nord par la commune de Oued Athménia (Daira de Chelghoum Laid), au Sud par la commune de M'chira (Daira de Teleghma) à l'Est commune de Oued Seguin (Daira de Teleghma) et à l'Ouest Chelghoum Laid (Daira de Chelghoum Laid)

Latitude : N 36° 14;174'

Longitude : E 006° 16;910'

Altitude : 677,2m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 3 Max : 8 m

Profondeur (m): Min: 0,35 Max : 0,5

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 80%

Ombrage :70%

Pente : 9,19

Substrat: Sable fin 30%, sable grossier 30%, gravier 30% , cailloux 10%

Pressions anthropiques : prélèvement, lavage de voiture, rejets urbains

Prédation : Abondance de poissons durant toute la période d'étude



Station 4 : Rhumel à la sortie Est de Oued Athménia

Commune de Oued Athménia Wilaya de Mila

Situation géographique : : Limitée au Nord par Djebel Aougueb(commune de Oued Athménia (Daira de Chelghoum Laid), au Sud-Est par la commune de Oued Seguin (Daira de Teleghma) à l'Est commune de Ain Smara (Daira de Ain Smara wilaya de Constantine et à l'Ouest ville de Oued Athménia.

Latitude : N36° 14.747'

Longitude : E 006° 18.617'

Altitude : 696,7m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 1,5 Max : 4 m

Profondeur (m): Min 0,36: Max 1,3 :

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 80%

Ombrage : 40%

Pente :1,75

Substrat: Sable mouvant 30%, boue 70%

Pressions anthropiques : Prélèvement d'eau pour l'irrigation

Prédation : Présence de *ciconia ciconia*



Station 5 : Rhumel Cascade Ouled Arama

Commune de Oued Seguin Wilaya de Mila

Situation géographique : Limitée au Nord par Ibn Ziad (Commune de Constantine), au Sud par la commune de Oued Seguin (Daira de Teleghma) à l'Est commune de Ain Smara (Daira de Ain Smara wilaya de Constantine) et à l'Ouest Commune de Oued Athménia (Daira de Chelghoum Laid)

Latitude : N36°14.705'

Longitude : E 006° 26.662'

Altitude : 628,9m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 3 Max : 8

Profondeur (m): Min: 0,35 Max : 0,97

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de Végétation :

Taux de recouvrement: 20%

Ombrage : 50%

Pente :5,24

Substrat: Sable fin 80% , sable grossier 20%

Pressions anthropiques : Carrière, irrigation, pâturage, existence d'une unité d'élevage de volailles

Prédation : Oiseaux



Station 6 : Rhumel (Ma Berde): cimetière chouhada Constantine)

Commune de Constantine Wilaya de Constantine

Situation géographique : Limitée au Nord par la ville de Constantine, au Sud par la commune de Ain Smara (Daira de Ain Smara wilaya de Constantine) à l'Est Ville neuve Ali Mendjeli (Daira de khroub wilaya de Constantine) et à l'Ouest Djebel Chattaba (Daira de Ain Smara wilaya de Constantine).

Latitude : N36° 17.839'

Longitude : E 006° 33.840'

Altitude : 564,3m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 3,5 Max : 8 m

Profondeur: Min: 0,40 Max : 0,55

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage :50%

Pente : 1,66

Substrat: Boue, terre argileuse 90% pierre 10%

Pressions anthropiques : Pêche

Prédation : Oiseaux



Station 7 : Oued Boumerzoug: Chaab Rsass

Ville de Constantine Wilaya de Constantine

Situation géographique : Limitée au Nord par la cité Boumerzoug, au Sud par la cité Chaabat Rsass (Constantine) à l'Est Cité Sissaoui (Constantine) et à l'Ouest Université Mentouri (Constantine)

Latitude : N36°19.835'

Longitude : E 006° 38.142'

Altitude : 737m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 19 Max : 20

Profondeur: Min: 0,37 Max : 0,75

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 5%

Ombrage :40%

Pente : 3,55

Substrat: Boue, argile, 70% quelques blocs de pierres 30%

Pressions anthropiques : Pression urbaine (rejets de déchets domestiques et pièces détachées..)

Prédation : Aucune



Station 8 : Oued Boumerzoug : Pont Sissaoui

Ville de Constantine Wilaya de Constantine

Situation géographique : Limitée au Nord par la Cité Sissaoui (Constantine), au Sud, le Lotissement Benabdelmalek Ramdane (Constantine), à l'EST Commune de Khroub (wilaya de Constantine) et à l'Ouest la Cité Chaabt Rsass (Constantine)

Latitude : N36° 19.224'

Longitude : E 006° 39.'790'

Altitude : 554,2m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 22 Max :22 m

Profondeur (m): Min:0,40 Max : 0,65

Typologie du cours d'eau

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 30%

Ombrage : 30%

Pente : 3,37

Substrat: Sable grossier 20%, cailloux 30% , galets 30%, blocs 20%

Pressions anthropiques : Pâturage, rejets de déchets domestiques et pièces détachées..)

Prédation : Oiseaux



**Station 9 : Rhumel entrée Sud Hama Bouziane
Commune de Hama Bouziane Wilaya de
Constantine**

Situation géographique : Limitée au Nord par ville de Hama Bouziane (wilaya de Constantine), au Sud le quartier Ben chergui(Constantine), à l'Est,le quartier Bkira (Constantine) et à l'Ouest, la Commune de Ibn Ziad (wilaya de Constantine)

Latitude : N36° 23.984'

Longitude : E 006° 34.290'

Altitude : 338,7m

Largeur du lit mouillée: Min: 22 Max : 25

Profondeur: Min:0,32 Max : 0,47

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 10%

Ombrage : 40%

Pente :4,47

Substrat: Boue: 50% , galets 30%,blocs 20%

Pressions anthropiques : Irrigation, pâturage et abreuvement

Prédation: Aucune



Station 10 : Kebir à Rafrac

Situation géographique : Limitée au Nord par ville de Hama Bouziane (wilaya de Constantine), au Sud le quartier Ben chergui(Constantine), à l'Est,le quartier Bkira (Constantine) et à l'Ouest, la Commune de Ibn Ziad (wilaya de Constantine)

Latitude : N36° 38.581'

Longitude : E 006° 16.940'

Altitude : 33,4m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 8 Max : 14

Profondeur: Min: 0,25 Max : 0,45

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 5%

Ombrage : 3%

Pente : 5,55

Substrat: Sable grossier 40%, gravier 40%, cailloux 10%, galets 10%

Pressions anthropiques : Pêche

Prédation : Hérons garde bœufs, poissons



Station 11 : Oued El Kébir : aval barrage Béni Haroun (pont de Chigara) Commune de Chigara Wilaya de Mila

Situation géographique : Limitée au Nord par Hammam Béni Haroun (commune de Hamala Wilaya de Mila), au Sud, barrage de Béni Haroun et commune Sidi Mérouane (Daira de Grarem Gouga), à l'Est, la commune de Hamala (wilaya de Mila) et à l'Ouest, la Commune de Chigara (wilaya de Mila)

Latitude : N36° 35.120'

Longitude : E 006°16.570'

Altitude : 66,6m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 20 Max : 22

Profondeur: Min: 0,63 Max : 0,82

Typologie du cours d'eau : Permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 30%

Ombrage : 25 %

Pente : 8,33

Substrat: Gravier 50%, sable grossier 30%, galets 5%, Blocs 15%

Pressions anthropiques : Pêche

Prédation : Poissons



Station 12 : Irdjana

Situation géographique : Limitée au Nord par Hammam Béni Haroun (commune de Hamala Wilaya de Mila), au Sud, barrage de Béni Haroun et commune Sidi Mérouane (Daira de Grarem Gouga), à l'Est, la commune de Hamala (wilaya de Mila) et à l'Ouest, la Commune de Chigara (wilaya de Mila)

Latitude : N36° 48.254'

Longitude : E006° 09.341'

Altitude : 9,2m

Largeur du lit mouillée (m): Min: Max : m

Profondeur (m): Min: 0,35 Max : 0,50

Typologie du cours d'eau : permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 30%

Ombrage : 30%

Pente:37, 28

Substrat: Gravier 60%, sable grossier 35% galets 5%

Pressions anthropiques : Construction d'un pont, Pêche

Prédation : Eau poissonneuse, existence d'un grand nombre(40) de cigogne blanche « *Ciconia Ciconia* »



Station 13 : Oued El Kébir à Djenah (embouchure: Méditerranée)

Commune de Sidi Abdelaziz Wilaya de Jijel

Situation géographique : Limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud, le Hameau El Djenah (Commune de Sidi Abdelaziz), à l'Est, la commune de Béni Bélaid (Wilaya de Jijel) et à l'Ouest, Hameau Béni Hajres (Commune de Sidi Abdelaziz)

Latitude : N 36° 52.220'

Longitude : E 006° 05.312'

Altitude : 5,9m

Largeur du lit mouillée (m): Min: 190 Max : 200

Profondeur (m): Min: 0,37 Max : 1

Typologie du cours d'eau : permanent

Type de végétation :

Taux de recouvrement: 20%

Ombrage : 30%

Pente: 2,48

Substrat: Sable fin à 100%

Pressions anthropiques : Pêche, Dépotoir (décharge)

Prédation : Poissons, un grand nombre d'oiseaux (mouettes)



Autres stations échantillonnées

Station 14 : oued Djemaa

Station 15 : Oued Boumaazouz

Station 16 : Pont El Milia

Station 17 : Rafraf

Station 18 : Oued El Koton



NB/ Pour éviter toute confusion, nous précisons ici que la numérotation des stations est ordinal.

La pente qui est un paramètre physique du terrain a été mesurée selon deux méthodes: Arc Gis et Envi qui sont des logiciels d'information géographique (SIG).

La projection: UTM Zone 32, avec une résolution de 30 mètres

III. 3. Pressions anthropiques exercées au niveau des stations du Kébir-Rhumel

Introduction

Depuis que l'homme est sur Terre, il a conquis tous les milieux: les forêts, les rivières, les profondeurs sous-marines et même l'espace. Il a peu à peu modifié le visage de la planète et prend conscience enfin des conséquences de ses actes (Changements climatiques, diminution de la biodiversité, extinction des espèces.....).

Les principales menaces environnementales en Afrique du Nord sont liées à la sécheresse, à la désertification et à la dégradation des sols et de la terre (FIDA, 2011):

III. 3. 1. Le surpâturage

Dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, le surpâturage est généralement considéré comme une cause essentielle de la dégradation des écosystèmes naturels (Houerou, 1968 in CHERIFI & BOUZIDI, 2008). En Algérie, les éleveurs préconisent le pâturage libre du bétail, sans limitation de la densité de charge et sans clôtures (Montero et Canellas, 1998 in CHERIFI & BOUZIDI, 2008). L'impact du surpâturage sur la végétation est important aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif.



Tadjnet



Sissaoui

- ♦ **Sur le plan qualitatif**, les bonnes espèces appétibles sont consommées avant d'avoir eu le temps de former des repousses pour les saisons à venir et elles disparaissent totalement en laissant la place à des espèces non palatables.

- ♦ **Sur le plan quantitatif**, le surpâturage provoque une diminution du couvert végétal pérenne qui voit sa densité diminuée avec le temps (Cherifi & Bouzidi, 2008).

Il a été également démontré que le surpâturage augmentait considérablement l'érosion

III. 3. 2. Les rejets de déchets

Dans la plupart des cas, les déchets de l'industrie, les déchets domestiques (à défaut de réseaux d'assainissements) sont rejetés directement dans les oueds sans traitement préalable; ce qui nuit considérablement à la qualité de ces milieux et les rend inhospitaliers vis à vis d'espèces animales et végétales qui tendent à diminuer et à disparaître peu à peu. La dégradation de ces matériaux dans l'eau peut donner naissance à de nouveaux composés dont la



Hammam Grouz Aval

dangérosité est à craindre à cause de l'effet ajouté du potentiel hydrogène notamment s'il est acide.

Les polluants les plus dangereux sont les métaux lourds comme le mercure, le plomb et le cuivre.

Notons par ailleurs que la pêche dans des cours d'eau pollués constitue un sérieux problème de santé publique, sachant que la concentration de ces polluants peut s'accroître au fur et à mesure qu'ils circulent vers les maillons supérieurs du réseau trophique.



III. 3. 3. Des modifications de l'environnement

Face aux demandes sans cesse grandissantes de la population, de nouvelles habitations doivent être construites, de nouvelles voies de communication (des routes et des autoroutes). Les travaux de terrassements occasionnés par la construction de ces liaisons entre villes importantes sont impressionnants, les volumes de roches déplacées sont considérables. La topographie des terrains change et des millions de tonnes de mètres cubes de matériaux sont extraits des carrières: Les paysages s'en trouvent totalement transformés.



on exploite des carrières dans lesquelles on prélève des matériaux comme des granulats (sables, graviers et cailloux) qui servent à la fabrication du béton.



III. 3. 4. Les prélèvements d'eau:

L'eau est une ressource indispensable pour les activités humaines (Agriculture, industrie et usages domestiques) mais, elle se trouve menacée non seulement par les différents types de pollution mais aussi par une surexploitation de plus en plus croissante à cause des détournements ou prélèvements d'eau par pompage pour les besoins de l'irrigation. ce phénomène qui est devenu une pratique habituelle modifie fortement le débit naturel du cours d'eau, voire l'assécher; ce qui se répercute négativement sur la flore et la faune:

- Diminution de la biomasse d'invertébrés (Rhéophiles)
- Diminution de la surface habitable du lit
- Réchauffement de l'eau





Matériaux de construction à Hama



Boumerzoug Chaabat Rsas (Constantine)



Hama Bouziane



Tronc d'arbre à Boumerzoug (Sissaoui)



Des sacs de ciment Boumerzoug (Sissaoui)



Hammam Grouz Aval



Prédation au niveau de station Irdjana par *Ciconia ciconia*

Recommandations

Il est important de préserver la qualité des milieux aquatiques en veillant à:

- L'évaluation continue des concentrations des différents polluants de l'eau in situ et au laboratoire.
- L'analyse des sédiments afin de détecter la présence d'éléments traces métalliques (Cuivre, Plomb, Cadmium, Zinc..) en particulier à proximité des unités industrielles.
- Intégrer la bioindication au sein du réseau de surveillance de la qualité de l'eau (ANRH)
- Assainir et recycler les eaux usées
- Stocker l'eau par la construction de petites retenues collinaires.
- Contrôler les prélèvements
- Répertorier les secteurs déficitaires par bassin versant et évaluer les besoins des divers usagers
- Gérer rigoureusement et partager équitablement les ressources en eau.

III.4. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux

Selon la disponibilité du matériel , chaque bassin a été échantillonné en 2007, 2011 et 2013 comme suit

- **Seybouse** : Les paramètres tels que l'oxygène dissous (mg/l), l'oxygène en pourcentage de saturation, la température, la conductivité , la salinité, la turbidité, le pH, la vitesse, ont été mesurés de façon continue de Septembre 2007 à Mars 2008.
- **Kebir-Est**: La salinité, l'oxygène dissous (mg/l) , l'oxygène en pourcentage de saturation ont été mesurés de façon discontinue de Mars à Août (exceptée au mois d'Août au niveau de la station de Bouhaloufa (11)). Quant au pH de l'eau , la température, la conductivité et la vitesse, ils ont été mesurés de façon discontinue mais ininterrompue de Mars à Novembre .
- **Kebir-Rhumel**: La salinité, l'oxygène dissous (mg/l), l'oxygène en pourcentage de saturation ont été mesurés de façon discontinue de Mars à Août. Pour le reste des paramètres (pH , température, conductivité et la vitesse, ils ont été mesurés de façon discontinue mais ininterrompue de Juin à Novembre à l'exception du mois d'Août au Kebir-Maritime.

III. 4. 1. Les facteurs abiotiques:

- ❖ **la hauteur d'eau**: Conditionne la température de l'eau et son oxygénation, elle est mesurée à l'aide d'un manche métallique de trois mètres de longueur, gradué chaque dix (10)cm. La valeur moyenne est notée après plusieurs mesures effectuées chaque mois au niveau du lit de l'oued.
- ❖ **La largeur de la section mouillée**: Elle est estimée mensuellement grâce à un décimètre.
- ❖ **La vitesse du courant**: Les courants jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes aquatiques, ils influencent la circulation des éléments nutritifs et contrôlent le cycle vital de nombreux animaux (Ramade, 2003), le déplacement des masses d'eau permet également leur renouvellement en oxygène. La mesure est effectuée chaque mois au moyen d'un flotteur lâché à la surface du cours d'eau sur une distance de 10m, le temps est mesuré à l'aide d'un chronomètre.
- ❖ **La turbidité**: Les eaux turbides limitent la pénétration des rayons lumineux nécessaires à la photosynthèse à cause de la présence de particules en suspension dans l'eau (Débris

organiques, argile, organismes microscopiques) qui résultent essentiellement des mouvements des masses d'eau (forts courants, tempêtes). la mesure est donnée grâce à un turbidimètre optique de type Aqualytic permettant les mesures par absorption.

NB: La turbidité a été mesurée uniquement dans le bassin de la Seybouse en 2007 et dans le bassin versant du Kebir-Rhumel en 2013

❖ **La température de l'eau :** La température varie selon la profondeur, l'origine des eaux alimentant l'oued et la nature des rejets. les organismes benthiques sont très dépendants de la température de leur milieu de vie car elle conditionne leur cycle biologique (développement des œufs, croissance des larves).

❖ **La conductivité :** Mesurée en microSiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à l'aide d'un conductimètre. La valeur donnée évalue la quantité de sels dissous dans l'eau (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates et phosphates).

❖ **La salinité:** En général , les eaux douces sont d'une salinité inférieure à 3‰

❖ **L'oxygène dissous :** Dans les eaux continentales l'oxygène dissous ne se rencontre jamais à de fortes concentrations car sa solubilité est assez faible de sorte qu'il peut représenter un facteur limitant pour de nombreuses espèces ou communautés animales. Dans les cours d'eau animés d'un intense courant, la teneur en oxygène peut devenir sursaturante même si les producteurs primaires font défaut.. A l'opposé, les rivières polluées par des matières organiques fermentescibles deviennent rapidement déficitaires en oxygène, voire anoxiques (Ramade, 2003).

❖ **Le pH :** Le pH influence un grand nombre de réactions chimiques, le pH des eaux de la majorité des écosystèmes limniques (Cours d'eau et lacs) est compris entre 6,5 et 8,5. Un électro- pH-mètre de paillasse de type HANNA permet la mesure.

NB: La mesure de la conductivité, de la salinité, de l'oxygène dissous et l'oxygène en pourcentage de saturation se fait grâce à un multi paramètre de type wtw.

NB: Tous ces paramètres ont été mesurés *in situ* excepté le pH

III. 4. 2. Les paramètres de pollution

III. 4. 2. 1. Prélèvements et conservation

Afin d'éviter les réactions chimiques rapides et les modifications qualitatives de l'eau qui s'en suivent, des moyens de conservation des échantillons doivent impérativement être mis en œuvre sur le site lors du prélèvement, pour garantir une absence d'évolution des paramètres au cours du temps (Rodier, 2010). c'est la raison pour laquelle, les échantillons d'eau de chaque station sont

transportés dans une glacière et maintenus au réfrigérateur à l'obscurité jusqu'au traitement qui ne doit pas dépasser un délai de quarante huit heures.

III. 4. 2. 2. Objectifs

Pour savoir si une eau est polluée et connaître son degré de pollution, nous avons eu recours à plusieurs paramètres conventionnels considérés comme des indicateurs de la présence de polluants dans l'eau. Rappelons que ces paramètres sont utilisés par le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface créée par l'agence national des ressources hydrauliques (ANRH) en Algérie en 1996. Les mesures de l'ANRH concernent la température, pH, conductivité, oxygène dissous, turbidité, matières en suspension, Résidus sec, Calcium, Magnésium, Sodium, Potassium, Chlorures, Sulfates, Carbonates, Bicarbonates, demande chimique en oxygène (DCO), Manganèse, Fer, Matières organiques, Phosphates, Ammonium, Nitrates, Nitrites et la demande biologique en oxygène en cinq jours (DBO5).

NB: Cette batterie d'analyses chimiques étant impossible à réaliser, nous nous sommes donc restreints aux paramètres suivants afin d'évaluer la qualité physico- chimique du Kebir-Rhumel et de ses affluents.

❖ **Les nitrates:** Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Ils proviennent du lessivage des engrais, des eaux usées domestiques et parfois des eaux usées industrielles. A des concentrations excessive, ils entraînent le phénomène d'eutrophisation.

Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique (N inorganique) ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique (N organique).

$$N \text{ inorganique} = N\text{-NH}_4^+ + N\text{-NO}_3^- + N\text{-NO}_2 = NT - N \text{ organique}$$

Une autre classification des formes d'azote consiste à différencier les

- ◆ Formes oxydées (N-NO₃⁻ et N-NO₂⁻) qui forment l'azote inorganique oxydé
- ◆ Des formes réduites (N-NH₄ et N organique) formant le NK ou l'azote Kjeldahl

(Rodier, 2010).

❖ **Les nitrites:** Ce sont des sels de L'acide nitreux (HNO₂), ils sont toxiques et peuvent provoquer la méthémoglobinémie. Les nitrites proviennent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammonium (nitritation), soit de la réduction des nitrates (nitratation) ; ces deux opérations forment la nitrification (Annexes 1)

La nitrification



- **La nitritation :**



- **La nitratation**



❖ **L'ammonium:** la présence d'ammonium dans l'eau traduit la présence de matières organiques. C'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel. il est peu toxique sous sa forme ionisée et à des pH neutre à légèrement alcalins (Annexe 1).

❖ **Les Orthophosphates:** Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates (H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻), et les polyphosphates.

NB: Les orthophosphates ne sont pas (ou rarement) dans les eaux sous forme PO₄³⁻, aux pH des eaux naturelles (entre 7 et 8) les orthophosphates sont sous formes H₂PO₄⁻ et HPO₄⁻ (Rodier, 2010). Pour leur dosage (Annexes 1) .

Dans les eaux superficielles, la teneur naturelle en phosphates est de l'ordre de 0,1 à 0,2 mg de PO₄/l. La plus grande part du phosphore que l'on retrouve dans les eaux des cours d'eau provient des rejets résiduels (déjections humaines, des matières organiques en décomposition, des lessives), des activités agricoles (engrais phosphatés utilisés en agriculture) (SEQ-EAU,2003).

Dans les cours d'eau, les nitrates et les phosphates associés contribuent au développement excessif et anarchique des algues: c'est le phénomène d'eutrophisation.

❖ **Les chlorures:** Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl₂). Dans les eaux de surface, ils sont présents en faible concentration, Ils ne sont pas nocifs cependant dans les eaux souterraines, leur teneurs peut atteindre quelques grammes par litre au contact de certaines formations géologiques.

NB/ Pour le dosage , nous avons suivi la méthode de Mohr (Annexes 1)

❖ **Les sulfates:** Les sulfates, composés naturels des eaux, les ions sulfates (SO₄²⁻) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. A part ceux du plomb, du baryum et du strontium, la plupart des sulfates sont solubles dans l'eau. Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfure, volatilisés dans l'air en hydrogène sulfuré (H₂S), précipités en sel insoluble ou assimilés par des organismes vivants. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable, mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre (SEQ-EAU, 2003).

NB: Leur présence dans les eaux est en général liée à la présence de gypse dans les sols

Pour le dosage , nous avons suivi la méthode néphélométrique (Annexes 1)

❖ **Le calcium:** Le calcium est l'élément principal de la dureté de l'eau , c' est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates. Ces sels se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur dans l'eau, qui peut varier de 1 à 150 mg/l, est directement liée à la nature géologique des terrains traversés. Les sels de calcium sont obtenus en majorité lors de l'attaque de roches calcaires par l'anhydride carbonique dissous (CO₂). Il constitue l'élément cationique dominant des eaux superficielles (SEQ-EAU, 2003).

❖ **Le Magnésium :** C'est un élément très répandu dans de nombreux minéraux et dans les calcaires (2,1 % de l'écorce terrestre). Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (quelques mg/l à plusieurs centaines de mg/l). La plupart des eaux naturelles présentent des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/l. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés. Le magnésium dans l'eau provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution de magnésium sous forme de carbonates (Mg CO₃) et de

bicarbonates (Mg_2HCO_3). Il peut être estimé par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique (ETASO, 2012).

❖ **Le titre hydrotimétrique:** La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. Elle dépend de la nature géologique des sols qu'elle a traversés. Un sol crayeux ou calcaire donnera une eau « dure », alors qu'un sol granitique ou sablonneux, donnera une eau « douce ». Elle se mesure en « degrés français ». Un degré correspond à 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre. On distingue :

- les eaux « douces » (moins de 15 degrés français),
- Les eaux « dures » (de 15 à 35 degrés)
- Les eaux « très dures » (plus de 35 degrés).

NB/ Le dosage de la dureté totale se fait par titrimétrie à l'EDTA (Annexes 1).

❖ **Les matières en suspension:** Par l'usage d'une pompe à vide et des membranes en fibre de verre, les matières en suspension sont retenues, leurs poids est déterminé par pesée différentielle (Rodier, 2010).

❖ **La demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO5):** La demande biochimique en oxygène est la concentration, en masse d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai (Rodier, 2010). l'échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours. La DBO5 d'une eau de surface non polluée, varie normalement de 2 à 20 mg/l. Au delà, on peut suspecter une pollution (SEQ-EAU, 2003).

❖ **La demande chimique en oxygène (DCO):** Cette technique mesure en laboratoire la quantité d'oxygène consommée par l'oxydation chimique des matières organiques ou minérales présentes dans l'eau. La mesure de la DCO est surtout utilisée pour la surveillance des eaux usées urbaines et industrielles. (SEQ-EAU,2003).

❖ **Les matières organiques:** La présence de dépôts de matières organiques visibles dans le lit d'une rivière dénonce le plus souvent la proximité d'un rejet brut ou un très mauvais état de la rivière. Leur dégradation réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique. Elles

n'ont pas fait l'objet d'une analyse proprement dite mais déduite des résultats de la DBO5 et de la DCO selon la formule: $MO=1/3DCO+2/3DBO5$.

III.4.3. Analyse des données

La structure d'un peuplement: la structure d'un peuplement peut -être mesurée par divers indices

La richesse spécifique: la richesse spécifique décrite par Blondel est le nombre d'espèces rencontrées au moins une fois en terme de N relevés (Blondel ,1975). C'est le nombre d'espèces présentes.

d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une faible valeur traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement avec à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité Parmi les indices de diversité permettent la comparaison des peuplements dans l'espace et le temps, nous avons:

- ✓ **L'indice de Shannon:** L'indice de diversité de Shannon (H') mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre (Blondel, 1995). L'indice de Shannon peut-être calculé par la formule suivante: $H' = -\sum (ni/N) \cdot \log_2 (ni/N)$ avec ni: Effectif de l'espèce n et N: Effectif total du peuplement
- ✓ **L'indice de jaccard/Tanimoto:** Le coefficient de Jaccard / Tanimoto coefficient est une métrique utilisée pour comparer la similarité et la diversité des sites échantillonnés elle est égale à zéro s'il n'ya aucune similarité entre les deux sites. Egale à 1 si tous les éléments sont similaires.

Equation de Jaccard / Tanimoto $T = \frac{Nc}{Na+Nb- Nc}$

- Nombre des espèces dans le site A

- Nombre des espèces dans le site B

- Nombre d'espèces communes au deux sites A et B

Chapitre 4

Résultats et discussion

IV.1. Check- list

L'objectif principal de notre travail porte sur l'inventaire des peuplements odonatologiques des bassins versants du Kebir-Est et du Kebir-Rhumel. 192 sorties étaient consacrées à l'échantillonnage mensuel des adultes durant l'année 2011.

Au Kebir-Est, 34 espèces ont été répertoriées dont 15 Zygoptères et 23 Anisoptères appartenant à 7 familles et 22 genres : Les principales familles sont les Calopterigidae (1 espèce), Lestidae (4 espèces), Platycnemididae (1 espèce), Coenagrionidae (7 espèces), Aeschnidae (3 espèces), Gomphidae (3 espèces) et enfin les Libellulidae qui prédomine avec 15 espèces (Tab. 6)

Ce nombre représente 69,38 % des Odonates de la Numidie et 53,12% de l'ensemble du pays . Rappelons que la Numidie abrite 49 espèces (Samraoui & Corbet, 2000a) ce qui représente 76,56% de l'odonatofaune Algérienne où 64 espèces ont été enregistrées (Samraoui & Menai , 1999; Samraoui et al , 2003).

Parmi ces espèces, *Coenagrion caerulescens* et *Trithemis kirbyi ardens* sont enregistrées pour la première fois au Kebir-Est donc dans la Numidie , ce qui augmente le nombre des espèces à 51. Rappelons que *C caerulescens* est une espèce localisée dans les zones semi-arides et sur les franges Nord du désert (Samraoui et Menai, 1999).

Trois espèces présentes uniquement au Kebir-Est dont deux sont considérées comme relictuelles et d'origine Afrotropicale *Urothemis edwardsii* et *Acisoma inflatum* dont le statut est en danger critique d'extinction (CR)* pour la première et en danger (EN)* pour la seconde dans la liste Rouge des Odonates de l'Afrique du Nord (Samraoui et al , 2010) et la liste Rouge des Odonates de la Méditerranée (Riservato et al , 2009).

Le Kebir-Est abrite d'autres espèces endémiques et menacées , c'est notamment le cas de *Gomphus lucasii* dont le statut est vulnérable (VU)*; *Lestes numidicus* est classée dans la catégorie (DD)* dans la liste Rouge des Odonates de l'Afrique du Nord (Samraoui et al , 2010) et la liste Rouge des Odonates de la Méditerranée (Riservato et al, 2009). Quant à *Onychogomphus costae*, il est classé (NT)* quasi menacé ainsi que *Coenagrion mercuriale* dont le statut est (EN)* en danger dans la liste Rouge des Odonates de l'Afrique du Nord (Samraoui et al, 2010) mais classée (NT) quasi menacée dans la liste Rouge des Odonates de la méditerranée.

Les 4 espèces: *Sympecma fusca*, *Enallagma deserti*, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*, et *Orthetrum cancellatum* n'ont jamais été répertoriés durant la phase d'étude. Or dans les travaux antérieures (Samraoui & Corbet, 2000 a), *Sympecma fusca*, *Orthetrum cancellatum* n'ont été localisés que dans les milieux lenticules (Lac, Gaarats, barrage..). Pour *O.f. unguiculatus* un mâle a été capturé dans les environs de la Numidie (Samraoui & Menai, 1999). Rappelons que cette espèce a été localisées précédemment dans la Seybouse (Khelifa et al, 2011) et récemment à oued El Harrach, Sebaou et Isser (Hamzaoui et al, 2015).

Au Kebir-Rhumel, La première étude systématique de l'oued du Kebir-Rhumel, nous a permis d'enregistrer 32 espèces dont 13 Zygoptères et 19 Anisoptères appartenant à 7 familles et 21 genres : Les principales familles sont les Calopterigidae (1 espèce), Lestidae (4 espèces), Platycnemididae (1 espèce), Coenagrionidae (6 espèces), Aeschnidae (3 espèces), Gomphidae (4 espèces) et enfin les Libellulidae qui prédominent avec 12 espèces .

Ce nombre représente 65,30 des Odonates de la Numidie et 50% de l'odonatofaune de l'ensemble du pays .

Les 6 espèces *Lestes numidicus*, *Erythromma viridulum*, *Orthetrum trinacria*, *Acisoma inflatum*, *Trithemis kirbyi ardens* et *Urothemis edwardsii* n'ont jamais été rencontrés durant la phase de l'inventaire du bassin versant du Kebir- Rhumel.

Contrairement au Kebir-Est, les 4 espèces: *Sympecma fusca*, *Enallagma deserti*, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*, et *Orthetrum cancellatum* ont été enregistrés dans les milieux lotiques.

Parmi les 4 espèces de Gomphidae répertoriées, deux d'entre elles sont menacées: *Gomphus lucasii* (VU) et *Onychogomphus costae* (NT).

Les deux oueds ont en communs 28 espèces, 6 propres au Kebir-Est et 4 au Kebir-Rhumel (Tab.7). Afin de mesurer les taux de similarité entre les deux sites nous avons calculé l'indice de similarité de Jaccard / Tanimoto selon la formule $I = Nc / (N1 + N2 - Nc)$ ce qui donne **0,77**. L'indice de similarité de SÖRENSEN qui a pour formule $(S = (2c / (a + b)) \times 100)$ donne **S= 0,84**.

* **CR**: Population est estimée à moins de 250 individus matures

* **EN**: Risque très élevé d'extinction à l'état sauvage

***VU**: Risque élevé d'extinction à l'état sauvage

***DD**: Données insuffisantes

***NT**: Pourrait être rapidement classée dans une catégorie plus élevée

Tableau 6: Répartition des espèces dans les sous-bassins

Bassins-versants	Kebir-Est	Kebir-Rhumel
Espèces		
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	1	1
<i>Sympecma fusca</i>	0	1
<i>Lestes barbarus</i>	1	1
<i>Lestes numidicus</i>	1	0
<i>Lestes virens</i>	1	1
<i>Lestes viridis</i>	1	1
<i>Platynemis subdilata</i>	1	1
<i>Ischnura pumilio</i>	1	1
<i>Ischnura graellsii</i>	1	1
<i>Erythromma lindenii</i>	1	1
<i>Coenagrion mercuriale</i>	1	1
<i>Coenagrion caeruleum</i>	1	1
<i>Enallagma deserti</i>	0	1
<i>Erythromma viridulum</i>	1	0
<i>Ceriagrion tenellum</i>	1	1
<i>Paragomphus genei</i>	1	1
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	0	1
<i>Onychogomphus costae</i>	1	1
<i>Gomphus lucasii</i>	1	1
<i>Aeshna mixta</i>	1	1
<i>Anax imperator</i>	1	1
<i>Anax parthenope</i>	1	1
<i>Orthetrum cancellatum</i>	0	1
<i>Orthetrum coerulescens</i>	1	1
<i>Orthetrum trinacria</i>	1	0
<i>Orthetrum chrisostigma</i>	1	1
<i>Orthetrum nitidinerve</i>	1	1
<i>Acisoma inflatum</i>	1	0
<i>Diplacodes lefebvrei</i>	1	1
<i>Crocothemis erythraea</i>	1	1
<i>Brachthemis impartita</i>	1	1
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	1	1
<i>Sympetrum meridionale</i>	1	1
<i>Sympetrum striolatum</i>	1	1
<i>Trithemis annulata</i>	1	1
<i>Trithemis arteriosa</i>	1	1
<i>Trithemis Kirbyi</i>	1	0
<i>Urothemis edwardsii</i>	1	0
Total des espèces	34	32

Tableau 7: Espèces communes et propres à chaque bassin versant

Espèces communes	Espèces propres au Kebir-Est	Espèces propres au Kebir-Rhumel
<p><i>Calopteryx haemorrhoidalis</i></p> <p><i>Lestes barbarus</i> <i>Coenagrion mercuriale</i></p> <p><i>Lestes virens</i> <i>Lestes viridis</i> <i>Platycnemis subdilatata</i> <i>Ischnura graellsii</i> <i>Ischnura pumilio</i> <i>Erythromma lindenii</i></p> <p><i>Coenagrion caerulescens</i> <i>Ceriagrion tenellum</i> <i>Onychogomphus costae</i> <i>Paragomphus genei</i> <i>Gomphus lucasii</i> <i>Aeshna mixta</i> <i>Anax imperator</i> <i>Anax parthenope</i> <i>Orthetrum coerulescens</i> <i>Orthetrum chrisostigma</i> <i>Orthetrum nitidinerve</i> <i>Diplacodes lefebvrii</i> <i>Crocothemis erythraea</i> <i>Brachythemis impartita</i> <i>Sympetrum fonscolombii</i> <i>Sympetrum meridionale</i> <i>Sympetrum striolatum</i> <i>Trithemis annulata</i> <i>Trithemis arteriosa</i></p> <p>28</p>	<p>- <i>Erythromma viridulum</i> - <i>Acisoma inflatum</i> - <i>Orthetrum trinacria</i> - <i>Trithemis kirbyi</i> - <i>Urothemis edwardsii</i> - <i>Lestes numidicus</i></p> <p>6</p>	<p>- <i>Sympecma fusca</i> - <i>Enallagma deserti</i> - <i>Orthetrum cancellatum</i></p> <p>- <i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i></p> <p>4</p>

IV.2. La phénologie

La période de vol des différentes espèces est en général inférieure à un an. Cette période a une grande signification biologique. L'étude comparative de la période de vol des espèces au niveau des trois oueds: la Seybouse, le Kebir-Est, le Kebir-Rhumel a montré des différences notables dans le cycle de vie de certaines espèces, quelques cas sont expliqués ci-dessous:

Platycnemis subdilatata: Dans les trois sites d'étude, cette espèce endémique montre une longue période de vol qui s'étend d'Avril à Septembre. Nos données sont différentes des études antérieures réalisées en Numidie (Samraoui & Corbet 2000 part II) où la période de vol pour cette espèce s'étend de Mai à Août. l'espèce a été classée dans le groupe (C) parmi les espèces estivales (Tab.11). Le modèle proposé dans (Samraoui & Corbet 2000 part II) a été réalisé de 1990 à 1999, au bout de plus d'une décennie la phénologie présente des changements et l'espèce peut-être classée dans le groupe (E) parmi les espèces à longue période de vol.

Ischnura pumilio : Cette espèce est très rare en Numidie où elle a été enregistrée deux fois seulement au Lac des oiseaux et Djebel Ghora. En Algérie, comme en Espagne, l'espèce apparaît d'abord en Août puis en Septembre ou Octobre. Nos résultats dans le Kebir-Rhumel diffèrent totalement où la présence de l'espèce a été notée dans 5 stations et présente une longue période de vol allant d'Avril à Septembre. En se référant au modèle établi par (Samraoui & Corbet 2000 part II), l'espèce est classée dans le groupe (E) des espèces à longue période de vol.

Coenagrion mercuriale: Classée en danger dans la liste Rouge des espèces Nord-Africaines (Samraoui et al, 2010), cette espèce est relativement abondante au Kebir-Est et au Kebir-Rhumel. Dans notre étude, la période de vol au Kebir-Est s'étend d'Avril à Août ce qui est légèrement différent de ce qui a été rapporté en Numidie de Mai à Août (Samraoui & Corbet 2000 part II). Ceci suggère que les émergences sont devenues précoces par rapport à ce qui a été noté auparavant dans (Samraoui & Corbet 2000 part II). Dans le Kebir-Rhumel, les adultes sont en vol de Mai à Octobre, dans ce dernier cas les émergences sont retardées et la période reproductive se trouve différée jusqu'à l'automne.

Ces différences sont attribuées à la situation géographique de la région qui est située à une latitude de 36° et une longitude qui varie de 8° au Kebir-Est, 7° dans la Seybouse et 6° au Kebir-Rhumel. ce qui se traduit par un changement dans le climat.

En effet, la région d'étude qui inclut les trois oueds du Nord-Est chevauche entre plusieurs étages bioclimatiques: Le sub-Humide au Kebir-Est, le semi-aride dans la Seybouse ainsi que dans les Hauts-Plateaux (Tadjnet, Chelghoum El Aid, Constantine) et enfin l'étage bioclimatique Humide dans le Kebir-Maritime ce qui influe inévitablement sur le cycle de vie des insectes aquatiques et en particulier les Odonates.

L'émergence est une étape très importante dans le cycle de vie des Odonates, l'environnement physique influence profondément l'écologie et le comportement des Odonates (Corbet, 1999). La photopériode et la température de l'eau sont les principaux facteurs qui contrôlent l'émergence saisonnière des Odonates (Corbet, 1962); Cependant l'action précise de ces deux facteurs pris isolément est difficile à caractériser (Corbet, 1999).

Les effets de la photopériode sur le développement larvaire a été d'abord rapporté par Corbet 1955,1956a) sur l'espèce *Anax imperator*. Il conclut que les changements dans la longueur des jours qu'ils augmentent ou qu'ils diminuent influencent la diapause (Lutz 1968, Jenner 1959) Lutz (1963). Lutz et Jenner (1960,1964), démontrèrent qu'une photopériode de 14heures par jour favorise le développement de *Tetragoneuria cynosura* (Famille des Cordulidae). La réponse de la même espèce maintenue à une photopériode de 11heures par jour était plus longue et considérablement retardée (Lutz, 1968). l'espèce maintenue à 22° mais à des photopériodes différentes 11,12,13, et 14 heures par jour, commence la métamorphose mais le temps qu'elles ont mis étaient inversement proportionnel à la photopériode; le temps moyen de l'émergence était respectivement 104.0 j, 87,3j, 56,8j et 44,3j (Corbet, 1962).

Pour l'effet de la température Suhling et Muller ont prouvé que pour l'espèce *Onychogomphus uncatatus* la synchronisation de l'émergence diffère de façon notable: Pour la première population l'émergence est atteinte après 5 jours alors que pour une autre population proche l'émergence était atteinte après 36 jours. Les auteurs ont attribué cette différence remarquable à la différence de température des eaux entre les deux rivières (Hardersen , 2014).

Dans notre étude, l'étude comparative de la période de vol des différentes espèces a montré que la même espèce pouvait montrer une diversité dans son cycle de vie (émergence précoce ou retardée) selon les conditions climatiques qui régissent son aire de répartition.

Tableau 8: Phénologie du Kebir-Rhumel

Espèces	Mois	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Calopteryx haemorroidalis</i> (Vander Linden, 1825)			_____						
<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)				_____					
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)		_____					_____		
<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)				_____			_____		
<i>Lestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)				_____					
<i>Platynemis sudilatata</i> Selys, 1849							_____		
<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)							_____		
<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)									
<i>Coenagrion lindenii</i> (Selys, 1840)			_____						
<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)			_____					_____	
<i>Coenagrion caeruleum</i> (Fonscolombe, 1838)							_____		
<i>Enallagma deserti</i> Selys, 1870				_____					
<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)			_____				_____		
<i>Gomphus lucasi</i> Selys, 1850			_____						
<i>Paragomphus genei</i> (Selys, 1841)			_____						
<i>Onychogomphus costae</i> (Selys, 1885)			_____						
<i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnée, 1758)			_____						
<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805								_____	
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815				_____			_____		
<i>Anax parthenope</i> Selys, 1839				_____					
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linné, 1758)			_____				_____		
<i>Orthetrum caeruleum</i> (Fabricius, 1798)							_____		
<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)									
<i>Orthetrum nitidissime</i> (Selys 1841)				_____					
<i>Diplacodes lefebvrei</i> (Rambur, 1842)			_____				_____		
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)								_____	
<i>Brachythemis impariata</i> (Karsch, 1890)				_____				_____	
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)				_____			_____		
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)					_____		_____		
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)					_____		_____		
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)				_____					
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)							_____		

Tableau 9: Phénologie du Kebir-Est

Espèces	Mois	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Calopteryx haemorroidalis</i> (Vander Linden, 1825)				—					
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)			—	—	—			—	
<i>Lestes numidicus</i> Samraoui, weekers & Dumont, 2003								—	
<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)						—			
<i>Lestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)			—	—	—		—		
<i>Platynemesis sudilatata</i> Selys, 1849							—		
<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)								—	
<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)					—				
<i>Coenagrion lindenii</i> (Selys, 1840)								—	
<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)					—	—			
<i>Coenagrion caeruleum</i> (Fonscolombe, 1838)			—	—	—		—		
<i>Erythronema viridulum</i> (Charpentier, 1840)			—	—	—				
<i>Ceragrion tenellum</i> (de Villers, 1789)						—			
<i>Gomphus lucasi</i> Selys, 1850			—						
<i>Paragomphus genei</i> (Selys, 1841)							—		
<i>Onychogomphus costae</i> Selys, 1885				—					
<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805								—	
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815					—				
<i>Anax parthenope</i> Selys, 1839					—		—		
<i>Orthetrum caeruleum</i> (Fabricius, 1798)					—			—	
<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1841)						—			
<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)								—	
<i>Orthetrum nitidinerve</i> (Selys 1841)					—		—		
<i>Acisoma panorpoides</i> Rambur, 1842				—					
<i>Diplacodes lefebvrei</i> (Rambur, 1842)					—			—	
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)								—	
<i>Brachythemis impartita</i> (Karsch, 1890)					—		—		
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)		—					—		
<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)							—		
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)							—		
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)					—			—	
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)					—		—		
<i>Trithemis kirbyi</i> (Selys, 1891)					—		—		
<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849)						—			

Tableau 10: Phénologie des trois oueds (2007/ 2011)

Espèces	Mois	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre
<i>Calopteryx exul</i>			-----			-----			
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>		-----		=====	-----				
<i>Sympecma fusca</i>		-----		=====					
<i>Lestes barbarus</i>		=====	=====		-----		=====	=====	
<i>Lestes numidicus</i>						-----		=====	
<i>Lestes virens</i>				=====	=====		=====		
<i>Lestes viridis</i>		=====	=====		-----		=====	=====	
<i>Platynemesis sudilatata</i>								-----	
<i>Ischnura pumilio</i>					-----	=====			
<i>Ischnura graellsii</i>								-----	
<i>Coenagrion lindenii</i>								-----	
<i>Coenagrion mercuriale</i>				-----		=====		=====	
<i>Coenagrion caeruleum</i>		-----	-----		=====	=====	=====		

<i>Erythromma viridulum</i>	=====
<i>Enallagma deserti</i>	----- -----
<i>Ceriagrion tenellum</i>	----- ----- =====
<i>Gomphus lucasii</i>	----- ----- =====
<i>Paragomphus genei</i>	----- =====
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	-----
<i>Onychogomphus costae</i>	----- ===== -----
<i>Aeshna mixta</i>	----- ===== -----
<i>Anax imperator</i>	----- ----- -----
<i>Anax parthenope</i>	----- =====
<i>Orthetrum cancellatum</i>	----- -----
<i>Orthetrum caerulecens</i>	----- =====
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	----- -----

<i>Orthetrum nitidinerve</i>	----- =====
<i>Orthetrum trinacria</i>	=====
<i>Acisoma panorpoides</i>	=====
<i>Diplacodes lefebvrii</i>	----- ----- =====
<i>Crocothemis erythraea</i>	----- =====
<i>Brachythemis impartita</i>	----- =====
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	----- =====
<i>Sympetrum meridionale</i>	----- =====
<i>Sympetrum striolatum</i>	----- =====
<i>Trithemis annulata</i>	----- =====
<i>Trithemis arteriosa</i>	----- =====
<i>Trithemis Kirbyi ardens</i>	----- =====
<i>Urothemis edwardsii</i>	=====

----- Seybouse ===== Kebir-East ----- Kebir-Rhumel

Tableau 11: Période de vol et activité reproductives des Odonates de la Numidie(1990-1999)
(Samraoui & Corbet, 2000 a)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Group A												
<i>Anax ephippiger</i> (Burmeister)			●	●○	○○	○○	○			○		
<i>Sympetma fusca</i> (Vander Linden)		○○	●●	●○	○○	○○	○○	○○	○○	○○		
Group B												
<i>Aeshna isoceles</i> (O.F. Müller)				○	○○	●○	○					
<i>Coenagrion puella</i> Kocheri (Schmidt)			○○	○○	●●	○						
Group C												
<i>Acisoma panorpaoides ascalaphoides</i> (Rambur)					○	●●	●○	○○	○○			
<i>Aeshna affinis</i> (Vander Linden)					○	●●	●○	○○				
<i>Boyeria irene</i> (fonscolombe)							○○	○○	○			
<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier)					●○	○○	○○	○○				
<i>Coenagrion scitulum</i> (Rambur)				○○	○○	●●	●					
<i>Enallagma deserti</i> (Sélys)					○	○○	○○	○○				
<i>Gomphus lucasii</i> Sélys					○	○○						
<i>Lestes v. virens</i> (Charpentier)				?	? ?	○●	●●	○●				
<i>Otrithetrum cancellatum</i> (Linnaeus)				○○	○●	○●	○○	○○				
<i>Platycnemis subdilatata</i> (Sélys)					○	○●	○○	●○				
<i>Sympetrum sanguinum</i> (O.F.Müller)					●	●●	●●	●○				
<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister)						○	○○	○○	○○	○		
<i>Urothemis edwardsii</i> (Sélys)					○	●●	●○	○●	○			
Group D												
<i>Aeshna mixta</i> Latreille					○	○○	○○	○○	○○	●●	●●	●○
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius)				○○	○○	○○	○○	○○	○○	●●	○	
<i>Lestes numidicus</i>				?	? ?			○	○○	●●	●	
<i>Lestes v. viridis</i> (Vander Linden)					○○	○○	○○	○○	●●	●●	●	○○
<i>Sympetrum meridionale</i> (Sélys)					○○	○○	○○	○○	●●	●●	○●	
<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier)	●●	●●		○	○○	○○	○○	○○	○○	●●	●●	●●
Groupe E												
<i>Anax imperator</i> Leach			○	○●	●●	●●	●○	○●	●●	○○	●○	○
<i>Anax parthenope</i> Sélys				○○	○●	○○	○○	○●	●●	●○		
<i>Brachythemis leucosticta</i> (Burmeister)					○○	○●	○○	○○	○○	○○	○	
<i>Calopteryx h. haemorrhoidalis</i> Vander Linden					●○	○○	●●	●○	●●	○○	○	
<i>Cercion lindenii</i> (Sélys)			○	○●	○●	○●	●○	○	○	○	○	
<i>Ceragrion tenellum</i> (de Villers)				○○	○○	●●	●○	○●	○●	○●		
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé)			○	●●	●●	●●	●●	○●	●●	●○	○	
<i>Diplacodes lefebvirii</i> (Rambur)				○○	○●	●●	○●	●●	●●	●●	○	
<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier)					○○	●●	○○	○○	○●	○		
<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur)		○	○●	●●	●●	●●	●○	○●	●●	●●	●●	
<i>Orthetrum chrysostigma</i> (Burmeister)				○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○	
<i>Orthetrum coerulescens anceps</i> (Schneider)					●○	●○	○○	○●	○●	○○		
<i>Orthetrum trinacria</i> (Sélys)					○○	○●	●●	●○	○●	○		
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Sélys)			○	●●	○○	○○	○○	○○	○●	●○	●○	○○
<i>Trithemis annulata</i> (P. de Beauvois)				○	○○	○●	○○	○○	○○	○○	○○	
Group F												
<i>Aeshna cyanea</i> (O. F.Müller)								○		○○		
<i>Paragomphus genei</i> (Sélys)						○	○○	○	○○	○		
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec

<i>Onychogomphus fung</i>		14,28													
<i>Onychogomphus costae</i>					28,57										
<i>Gomphus lucasii</i>				14,28	14,28										
<i>Aeshna mixta</i>	14,28		14,28												
<i>Anax imperator</i>	14,28									12,50	12,50	12,50			
<i>Anax parthenope</i>									12,50						
<i>Orthetrum cancellatum</i>										37,5					
<i>Orthetrum coerulescens</i>			57,14			14,28	12,50			62,50	37,5				
<i>Orthetrum trinacria</i>															
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	28,57	100	57,14	14,28	28,57	42,85	25			62,50	37,5				12,50
<i>Orthetrum nitidinerve</i>							37,50	25	12,50	37,5	25	50	50	25	25
<i>Diplacodes lefebvrii</i>			42,85							12,50					
<i>Crocothemis erythraea</i>		57,14	57,14	14,28			12,50	25	37,5	87,50	25	50	42,85	12,50	
<i>Brachythemis impartita</i>	42,85	28,57	14,28						12,50						
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	71,42	14,28	14,28				12,50	62,50	50	12,50	12,50		25	25	12,50
<i>Sympetrum meridionale</i>	14,28		14,28				12,50								
<i>Sympetrum striolatum</i>	42,85	28,57	28,57			14,28				12,50	62,50	12,50			
<i>Trithemis annulata</i>	28,57	14,28	28,57			42,85	25			87,50	12,50	25	12,50		
<i>Trithemis arteriosa</i>										12,50					

Tableau 13: Fréquence des espèces par site dans le bassin versant du Kebir-Est (%)

Nombre de sortie	6	7	7	7	6	7	8	8	7	8	7
Sites	<i>Leben</i>	<i>RSAlgérie</i> <i>n</i>	<i>RSTunisien</i>	<i>Mexa 1</i>	<i>Mexa 2</i>	<i>Kprofond</i>	<i>Guergo</i> <i>ur</i>	<i>Boulathan</i> <i>e</i>	<i>Bouhaloufa</i>	<i>Sebaa</i>	<i>Mafrag</i>
Espèces											
<i>Calopteryx heamorrhoidalis</i>	16,66										
<i>Lestes barbarus</i>			14,28					12,50			28,57
<i>Lestes numidicus</i>					16,66					12,50	
<i>Lestes viridis</i>	16,66	14,28	14,28	14,28	16,66	14,28	37,50	25			14,28
<i>Lestes virens</i>		14,28		14,28	16,66				14,28	12,50	57,14
<i>Platycnemis subdilatata</i>	16,66	57,14		57,14	16,66	14,28	25	37,50	28,57	62,50	14,28
<i>Ishnura pumilio</i>									14,28		
<i>Ishnura graellsii</i>		57,14	42,85	57,14	50	57,14	12,50	62,50	57,14	75	71,42
<i>Coenagrion lindeni</i>	33,33			71,42	66,66			37,50	14,28	12,50	
<i>Coenagrion mercuriale</i>					16,66	14,28		25			14,28
<i>Coenagrion caerulescens</i>	16,66			28,57			25				
<i>Erythromma viridulum</i>	33,33	14,28	14,28								
<i>Ceriagrion tenellum</i>	16,66			42,85			12,50			12,50	
<i>Paragomphus genei</i>		14,28	14,28								
<i>Onychogomphus costae</i>		14,28	14,28		16,66						

Tableau 14: Fréquence des espèces durant la phase d'inventaire au Kebir-Est

Nombre de sorties durant la période de vol : 78

<i>Espèces</i>	<i>Code</i>	<i>Nombre de sites</i>	<i>Nombre d'observations</i>	<i>Fréquence</i>
<i>Calopteryx heamorrhoidalis</i>	Cahae	1	1	1,28%
<i>Lestes barbarus</i>	Leba	3	4	5,12%
<i>Lestes viridis</i>	Leviri	9	12	15,38%
<i>Lestes virens</i>	Levire	6	9	11,53%
<i>Platycnemis subdilatata</i>	Plsub	6	11	28,9
<i>Ishnura pumilio</i>	Iscpu	1	1	1,28%
<i>Ishnura graellsii</i>	Iscgr	10	39	50%
<i>Coenagrion lindeni</i>	Coelin	6	16	20,51%
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Coemer	4	6	7,69%
<i>Coenagrion caeruleum</i>	Coecae	3	4	5,12%
<i>Erythromma viridulum</i>	Eryvi	3	4	5,12%
<i>Ceriagrion tenellum</i>	Ceten	4	6	7,69%
<i>Paragomphus genei</i>	Pargen	2	2	2,56%
<i>Onychogomphus costae</i>	Onycos	3	3	3,84%
<i>Gomphus lucasii</i>	Gomlu	6	7	8,97%
<i>Aeshna mixta</i>	Aeshmi	3	4	5,12%

<i>Anax imperator</i>	Anaimp	3	5	6,41%
<i>Anax parthenope</i>	Anapar	2	3	3,84%
<i>Orthetrum coerulescens</i>	Orthcoe	3	6	7,69%
<i>Orthetrum trinacria</i>	Orthtri	1	1	1,28%
<i>Orthetrum chrisostigma</i>	Orthchri	8	34	43,58%
<i>Orthetrum nitidinerve</i>	Orthnit	2	3	3,84%
<i>Acisoma panorpoides</i>	Acispanasca	1	1	1,28%
<i>Diplacodes lefebvrii</i>	Diplef	6	23	29,48%
<i>Crocothemis erythraea</i>	Croery	8	25	32,05%
<i>Brachythemis impartita</i>	Brachimp	5	10	12,82%
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Sympfonsc	5	9	11,53%
<i>Sympetrum meridionale</i>	Sympmeri	5	8	10,25%
<i>Symm striolatum</i>	Symstri	9	13	16,66%
<i>Trithemis annulata</i>	Triann	10	18	23,07%
<i>Trithemis arteriosa</i>	Triart	4	3	3,84%
<i>Trithemis Kirbyi</i>	Trikir	3	3	3,84%
<i>Urothemis edwardsii</i>	Uroedw	1	1	1,28%

Tableau 15: Fréquence des espèces durant la phase de l'inventaire au Kebir-Rhumel

Nombre de sorties durant la période de vol : 114

Espèces	Code	Nombre de sites	Nombre d'observations	Fréquence
<i>Calopteryx heamorrhoidalis</i>	Cahae	1	1	0,87%
<i>Lestes barbarus</i>	Leba	2	5	4,38%
<i>Lestes viridis</i>	Leviri	7	15	13,15%
<i>Lestes virens</i>	Levire	1	3	2,63%
<i>Platynemesis subdilatata</i>	Plsub	7	19	16,66%
<i>Ishnura pumilio</i>	Iscpu	5	8	7,01%
<i>Ishnura graellsii</i>	Isgr	13	48	42,1%
<i>Coenagrion lindeni</i>	Coelin	10	21	18,42%
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Coemer	7	11	9,64%
<i>Coenagrion caerulescens</i>	Coecae	7	21	18,42%
<i>Ceriagrion tenellum</i>	Ceten	1	4	3,50%
<i>Paragomphus genei</i>	Pargen	1	1	0,87%
<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i>	Onyforung	1	1	0,87%
<i>Onychogomphus costae</i>	Onycos	1	2	1,75%

<i>Gomphus lucasii</i>	Gomlu	2	2	1,75%
<i>Aeshna mixta</i>	Aeshmi	2	2	1,75%
<i>Anax imperator</i>	Anaimp	4	4	3,50%
<i>Anax parthenope</i>	Anapar	1	1	0,87
<i>Orthetrum coerulescens</i>	Orthcoe	5	14	12,28%
<i>Orthetrum chrysostigma</i>	Orthchri	10	28	24,56%
<i>Orthetrum nitidinode</i>	Orthnit	9	23	20,17%
<i>Diplacodes lefebvrei</i>	Dipllef	2	4	3,50%
<i>Crocothemis erythraea</i>	Croery	11	32	28,07%
<i>Brachythemis impartita</i>	Brachimp	4	7	6,14%
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Sympfonsc	11	24	21,05%
<i>Sympetrum meridionale</i>	Sympmeri	3	3	2,63%
<i>Sympetrum striolatum</i>	Symstri	7	15	13,15%
<i>Trithemis annulata</i>	Triann	9	22	19,29%
<i>Trithemis arteriosa</i>	Triart	1	1	0,87

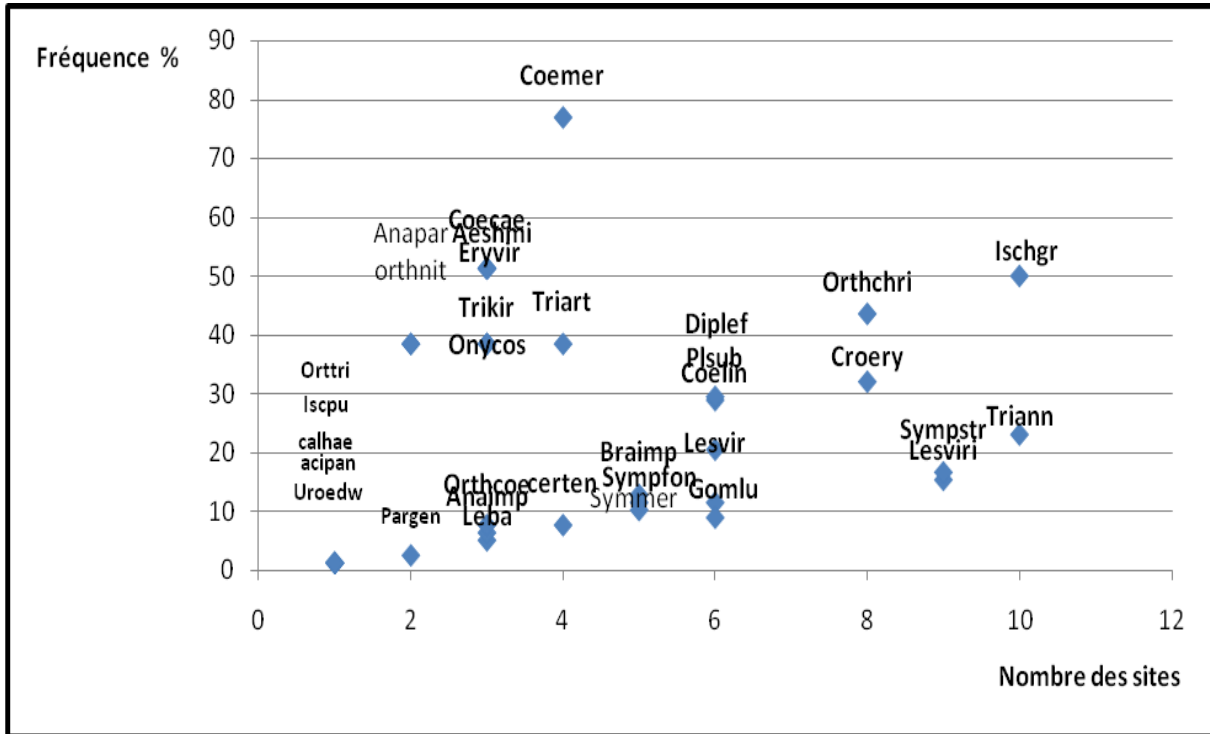


Figure 80 : Fréquence des espèces du Kebir-Est par rapport aux sites

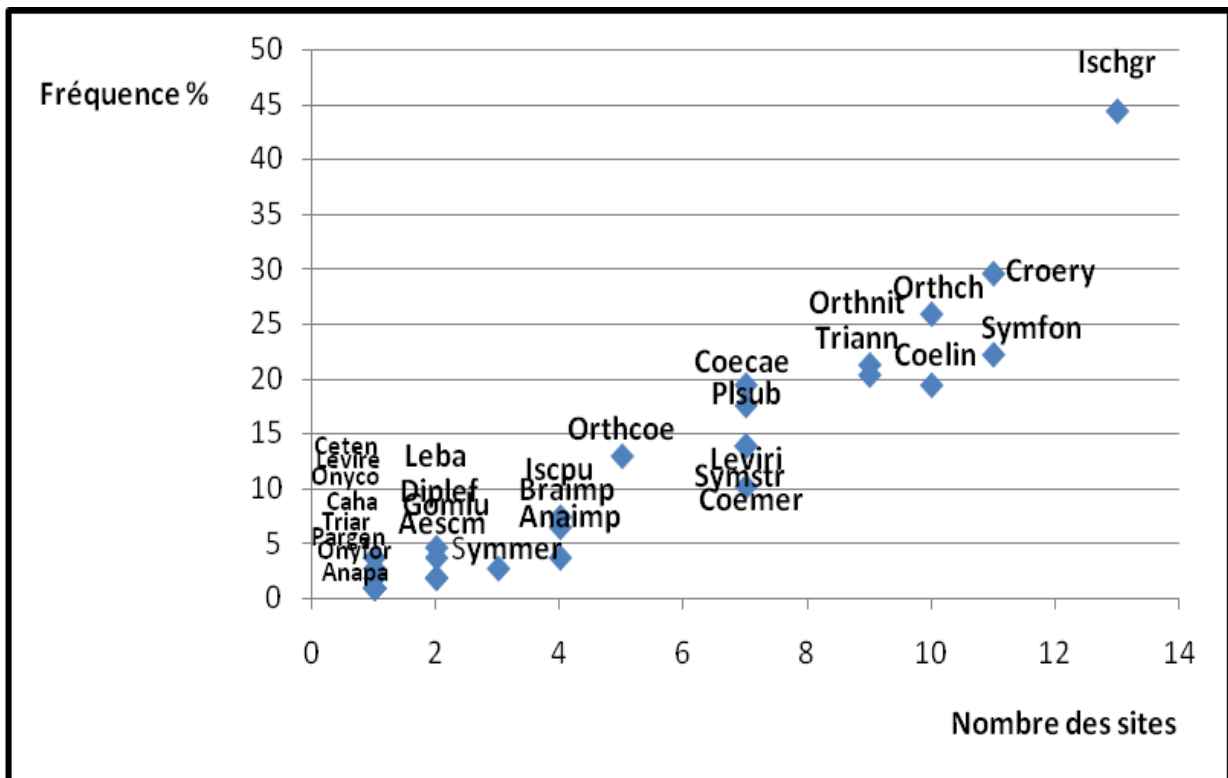


Figure 81: Fréquence des espèces du Kebir-Rhumel par rapport aux sites

Au Kebir-Est, nous pouvons distinguer :

un premier groupe formé des espèces *Ischnura graellsii* et *Trithemis annulata*. Ces espèces sont présentes dans presque la totalité des sites 10/11, ce sont les espèces les plus communes et avec une fréquence de 50% pour *I. graellsii* et 23,07 % pour *T. annulata* (Fig.80) .

- ◆ Un second groupe composé d'espèces fréquentes dans la moitié des sites prospectés, elles sont moyennement communes: *Brachythemis impartita*, *sympetrum fonscolombii*, *Sympetrum meridionale*, *Diplacodes lefebvrii*, *Gomphus lucasii*, *Platynemis subdilatata* et *Coenagrion lindenii*
- ◆ Des espèces peu communes, telles que *Lestes barbarus*, *Orthetrum coerulescens*, *Anax imperator*, *Onychogomphus costae*, *Trithemis kirbyi*, *Coenagrion coerulescens*, *Erythromma viridulum* et *Aeschna mixta*
- ◆ Enfin, le dernier groupe des espèces très rares rencontrés que dans un seul site telles que *Orthetrum trinacria*, *Ischnura pumilio*, *Calopteryx haemorrhoidalis* ainsi que les deux espèces relictuelles *Acisoma inflatum* et *Urothemis edwardsii*.

Au Kebir-Rhumel, Nous pouvons distinguer

- ◆ Un premier groupe constitué d' *Ischnura graellsii* qui est une espèce ubiquiste, en effet, elle se trouve dans la totalité de sites 13/13 avec une fréquence de 44,44%.
- ◆ Par ailleurs, les espèces *Coenagrion caerulescens*, *Platynemis subdilatata*, *Lestes viridis*, *Sympetrum striolatum* et *Coenagrion mercuriale* sont moyennement communes puisqu'elles se rencontrent dans la moitié des sites.
- ◆ Quant aux espèces peu communes, elles sont formées par *Sympetrum meridionale*, *Lestes barbarus*, *Diplacodes lefebvrii*, *Aeschna mixta*.
- ◆ Le dernier groupe des espèces rares est formé de *Calopteryx harmorrhoidalis*, *Lestes virens*, *Ceragrion tenellum*, *Paragomphus genei*, *Onychogomphus costae*, *Anax parthenope*, *Trithemis arteriosa* rencontrés uniquement dans un seul site (Fig.81).

IV.4. La richesse spécifique

Au Kebir-Est, les stations les plus riches en espèces sont celles situées sur le crenon: (Station 4, Raml Souk 1), (Station 5, Raml Souk 2), (Station 6, Mexa 1) et (Station 7, Mexa 2) avec respectivement 18,17, 20 et 18 espèces (Tab. 16, Fig.82 a) et 83a)) . Notons que ces stations présentent le même type d'habitat à savoir des sites ensoleillés, permanence des eaux durant presque toute l'année et leur bonne oxygénation; de plus , elles sont entourées par des forêts denses considérées comme des sites de refuge pour les Odonates qui doivent s'y alimenter et s'y reproduire. Par ailleurs, nous notons une baisse de la richesse spécifique dans la zone épipotamon et potamon du Kebir-Est qui sont caractérisées par une forte prédation par les amphibiens, les poissons et les reptiles (Station 11 de Bouhaloufa: 9 espèces), une pression anthropique urbaine accrue (réseaux d'assainissement à ciel ouvert: cas de la station 13 de Guergour: 13 espèces) ou l'intrusion d'eau de mer (Station 19 à la Mafrag avec 11 espèces).

Au Kebir-Rhumel, les stations les plus riches en espèces sont celles situées sur le crénons: (Station 2, Hammam Grouz Amont), (Station 3, Hammam Grouz aval) avec respectivement 11 et 14 espèces. Notons que les eaux de la station 3 ont une température moyenne assez élevée ce qui favorise les émergences précoces. Par ailleurs , nous notons une faible richesse spécifique dans la zone épipotamon et potamon du Kebir-Rhumel qui sont caractérisées par une forte pression anthropique: Pêche, eutrophisation , déchets... (Station 8 Sissaoui située sur le Boumerzoug), (Station 11 à Chegara) et (la station 12 du Kebir à Rafrat) (Tab. 17, Fig. 82 a') et 83b))

Tableau 16 : Richesse spécifique des stations régulières du Kebir-Est

Leben	Raml Souk Tu	Raml Souk Alg	Mexa 1	Mexa 2	Kebir profond	Bouhaloufa	Guergour	Boulathane	Sebaa	Mafrag
11	18	17	20	18	10	9	13	14	13	11

Tableau 17 : Richesse spécifique des stations régulières du Kebir-Rhumel

Tadjnet	HGAmt	HGAval	Oued Athmania	Cascade	Smara	Chaabat Rsas	Sisaoui	Hama Bouziane	Chegara	Rafrat	Irdjana	Djenah
7	11	14	9	11	12	10	6	11	6	6	11	10

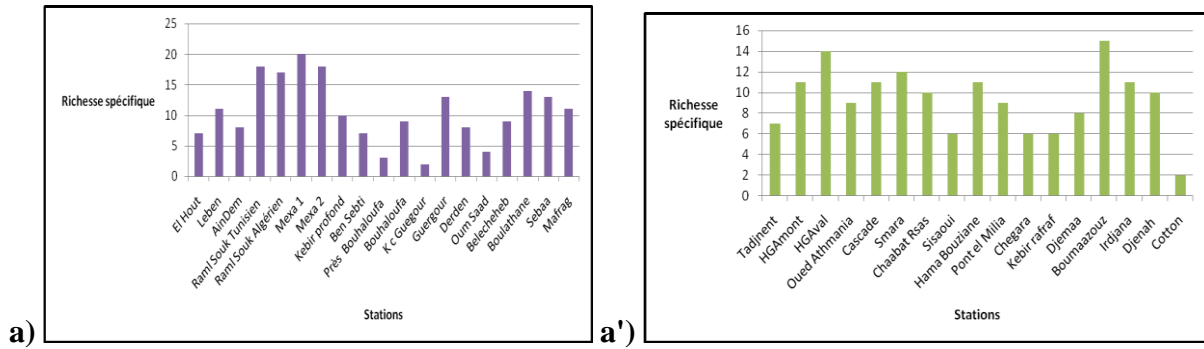


Figure 82 a) a') : Richesse spécifique de toutes les stations prospectées du Kebir-Est et du Kebir-Rhumel

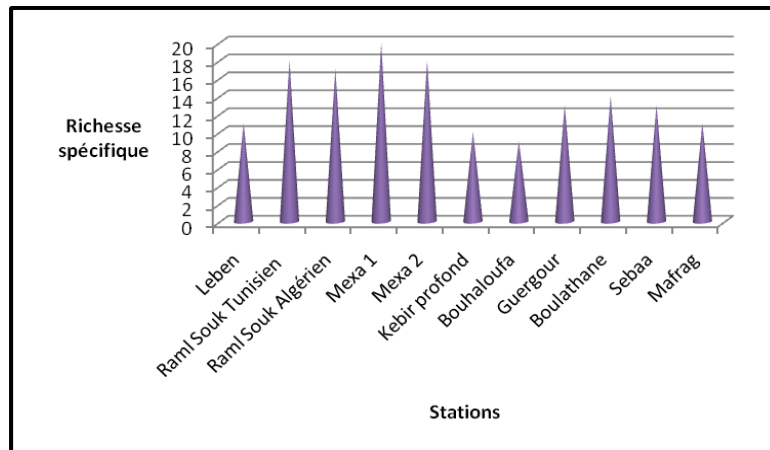


Figure 83 a) : Richesse spécifique des stations régulièrement prospectées au Kebir-Est

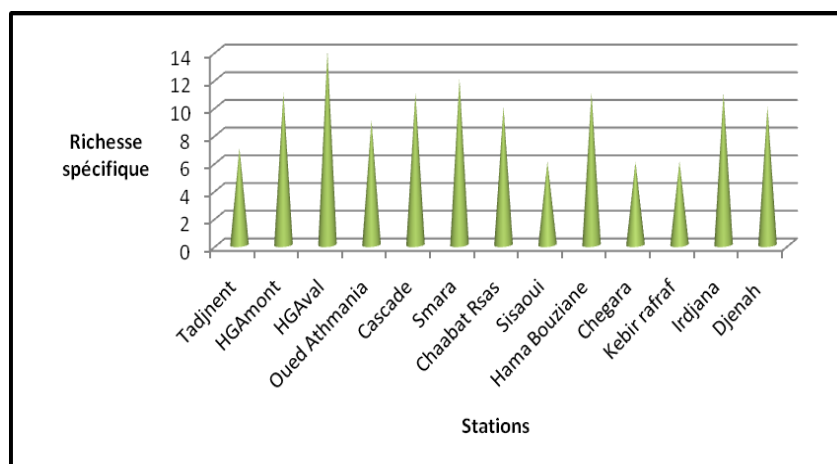


Figure 83 b) : Richesse spécifique des stations prospectées régulièrement au Kebir-Rhumel

- **La richesse spécifique mensuelle:** L'étude comparative de la richesse spécifique mensuelle des deux bassins montre qu'elle est maximale pendant la période estivale. Au Kebir Rhumel, on assiste à deux pics en juin et en septembre puis une baisse au mois de novembre qui coïncide avec la fin de la période reproductive qui s'accompagne de la mort de la majorité des espèces et il ne subsiste alors que les espèces automnales (Fig.83)c).

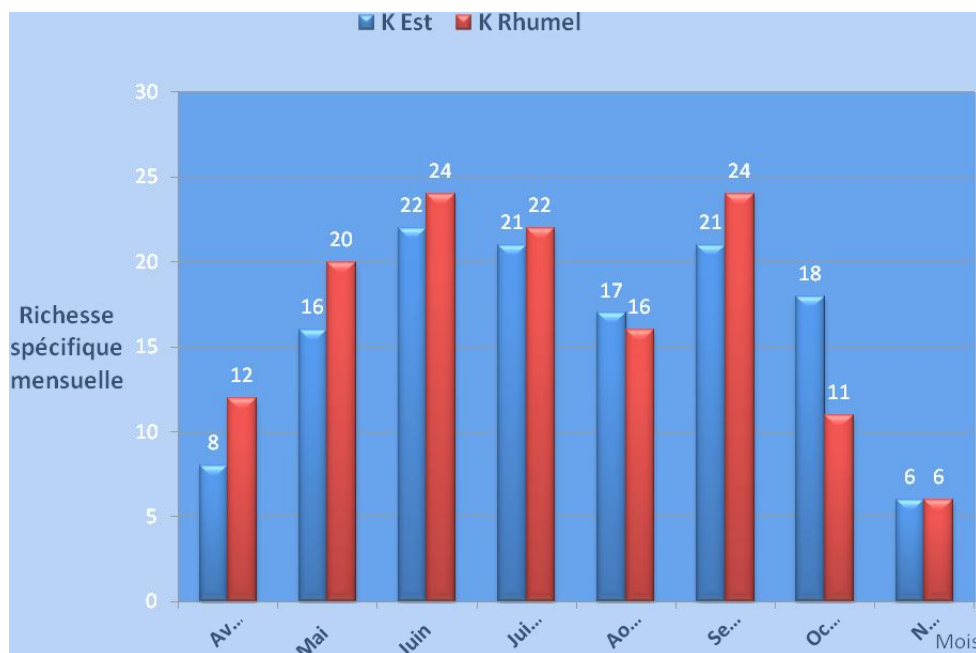


Figure 83)c): Evolution de la richesse spécifique mensuelle au Kebir-Est et au Kebir-Rhumel

IV.4.1 L'indice de Shannon

Au Kebir-Est, c'est la station Mexa 1 qui présente un indice de diversité élevé avec une valeur Maximale $H=3,7$ cette valeur traduit la richesse de cette station qui atteint 20 espèces. La valeur minimale est notée dans la station de Leben avec $H= 2,1$ (Fig. 85).

Au Kebir-Rhumel, c'est la station de Hammam Grouz Aval qui affiche la plus grande valeur de l'indice de Shannon avec $H= 3,07$, en effet, la diversité des espèces est de 14; La plus faible valeur quant à elle est enregistrée sur le cours d'eau du Boumerzoug à la station de

Sissaoui avec $H=1,74$ où seulement 6 espèces ont été échantillonnées traduisant sa faible diversité (Fig. 84).

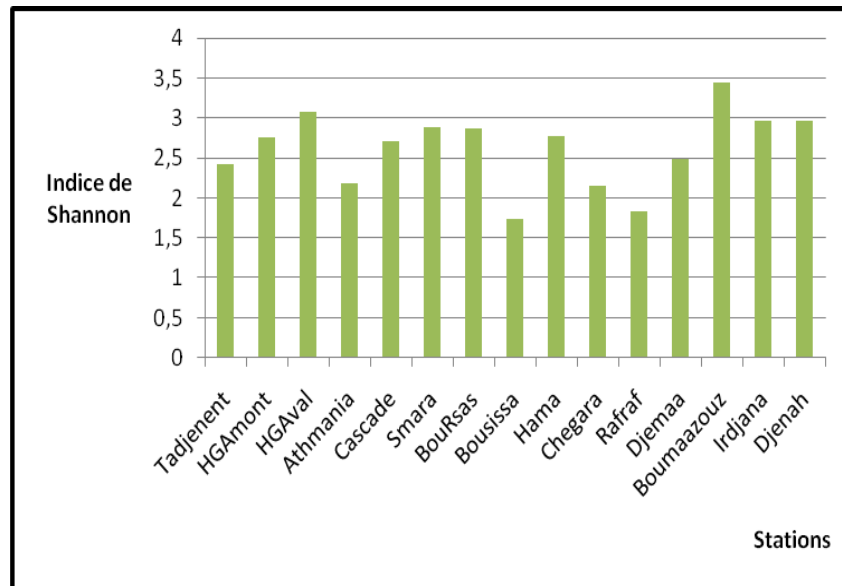


Figure 84 : Indice de Shannon des stations d'études du Kebir-Rhumel

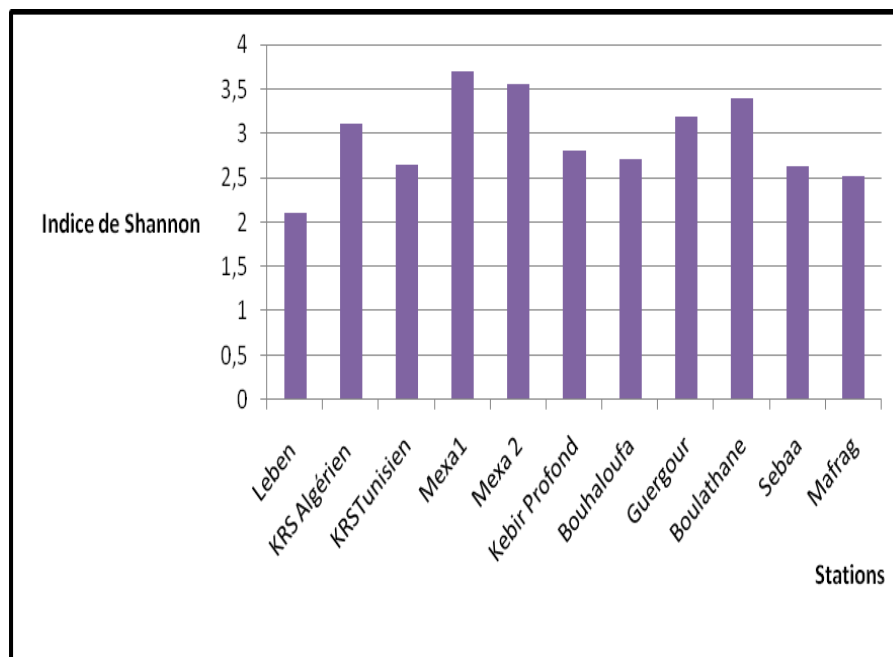


Figure 85 : Indice de Shannon des stations d'études du Kebir-Est

IV.4. 2. Indice de Jaccard/Tanimoto

* Au Kebir-Est, ce sont les stations Mexa 1 et Mexa 2 qui présentent une forte similarité avec un indice de 0,64.

*Au Kebir-Rhumel, ce sont les stations (Tadjnet-Hammam Grouz Amont) et (Cascade- Ain Smara) qui affichent un indice élevé allant de 0,63 à 0,76.

Tableau 18 : Indice de jaccard des stations du Kebir-Est

	Leben	KRSC algérien	KRSC tunisien	K Profond	Mexa1	Mexa2	K Guergour	K Sebaa	Boulathane	O Bouhaloufa	K Mafrag
Leben	1										
KRSC algérien	0,31	1									
KRSC tunisien	0,31	0,47	1								
K Profond	0,16	0,26	0,28	1							
Mexa1	0,47	0,36	0,37	0,36	1						
Mexa2	0,26	0,52	0,4	0,33	0,64	1					
K Guergour	0,26	0,35	0,25	0,43	0,5	0,4	1				
K Sebaa	0,2	0,28	0,25	0,35	0,32	0,24	0,3	1			
Boulathane	0,14	0,35	0,36	0,35	0,53	0,29	0,3	0,52	1		
O Bouhaloufa	0,18	0,29	0,25	0,28	0,4	0,18	0,23	0,4	0,23	1	
K Mafrag	0,17	0,25	0,4	0,4	0,24	0,31	0,33	0,41	0,41	0,25	1

Tableau 19 Indice de jaccard des stations du Kebir-Rhumel

	Rh Tadjnet	BChaabat Rsas	Rh HG Amont	RH Athmania	RH HG Aval	RH Cascade	RH Ain Smara	B Pont Sissaoui	Hama Bouziane	Chegara	Kebir à rafraf	Irdjana	K Djénah	Djema	Boumaazouz
Rh Tadjnet	1														
BChaabat Rsas	0,54	1													
Rh HG Amont	0,63	0,4	1												
RH Athmania	0,23	0,18	0,17	1											
RH HG Aval	0,4	0,33	0,38	0,43	1										
RH Cascade	0,38	0,5	0,37	0,42	0,38	1									
RH Ain Smara	0,46	0,46	0,43	0,4	0,44	0,76	1								
B Pont Sissaoui	0,44	0,45	0,41	0,15	0,25	0,21	0,28	1							
Hama Bouziane	0,38	0,4	0,57	0,42	0,56	0,46	0,43	0,41	1						
Chegara	0,083	0,14	0,13	0,28	0,33	0,3	0,28	0,2	0,41	1					
Kebir à rafraf	0,083	0,23	0,13	0,25	0,17	0,13	0,2	0,2	0,13	0,09	1				
Irdjana	0,28	0,31	0,29	0,42	0,31	0,37	0,43	0,21	0,29	0,3	0,3	1			
K Djénah	0,21	0,25	0,31	0,35	0,26	0,31	0,37	0,33	0,4	0,33	0,23	0,5	1		
Djema	0,15	0,15	0,11	0,21	0,15	0,18	0,17	0,16	0,18	0,16	0,27	0,26	0,12	1	
Boumaazouz	0,22	0,25	0,3	0,41	0,38	0,3	0,28	0,16	0,33	0,31	0,23	0,52	0,56	0,27	1

IV.5. Caractérisation physico-chimique des eaux (Année 2011)

- **La température de l'eau:** Les valeurs moyennes de la température au Kebir-Est varient de 19,6° à Leben à 28, 6° à Mexa 2 qui présente un taux d'ombrage presque nul (Fig.100 a). Au niveau du Rhumel amont, la température moyenne des eaux de la station Hammam Grouz aval atteint 28,6° due à l'existence d'une source thermale du même nom (Fig.86 b). Par ailleurs, les température des eaux des stations du Rhumel aval présentent des écarts très faibles (Fig.86 c) contrairement aux stations du Kebir-maritime où les eaux de la station Chegara (Barrage Béni Haroun) sont plus fraîches (21, 10°) que celles situées à l'aval du barrage: C'est le cas notamment de la station Kebir à Rafrac dont la température moyenne est de 24,9°) (Fig.86 d).

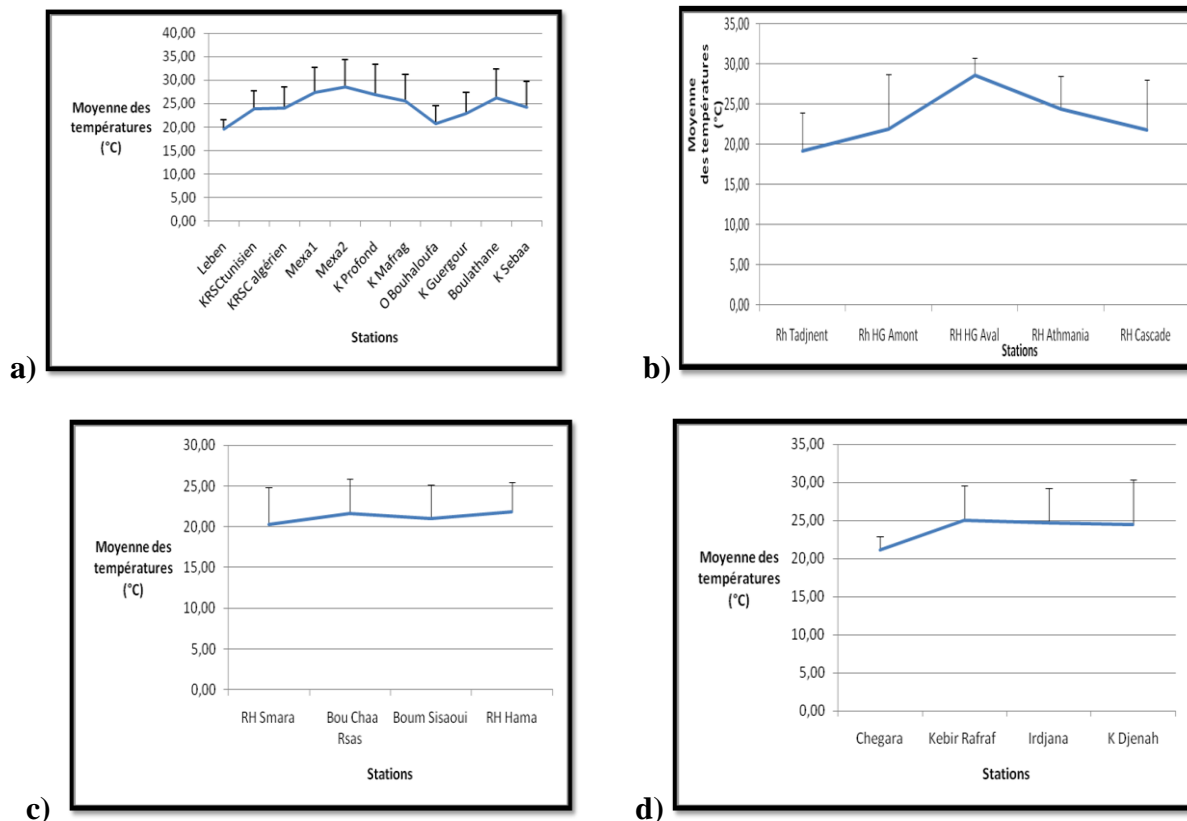


Figure 86 : Variation spatio-temporelle de la température a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime

- **Variation mensuelle du pH :** Les écarts entre les valeurs du pH des stations des deux bassins sont très faibles, elles oscillent entre 7,35 et 8,11 et sont ainsi très favorables à la vie.

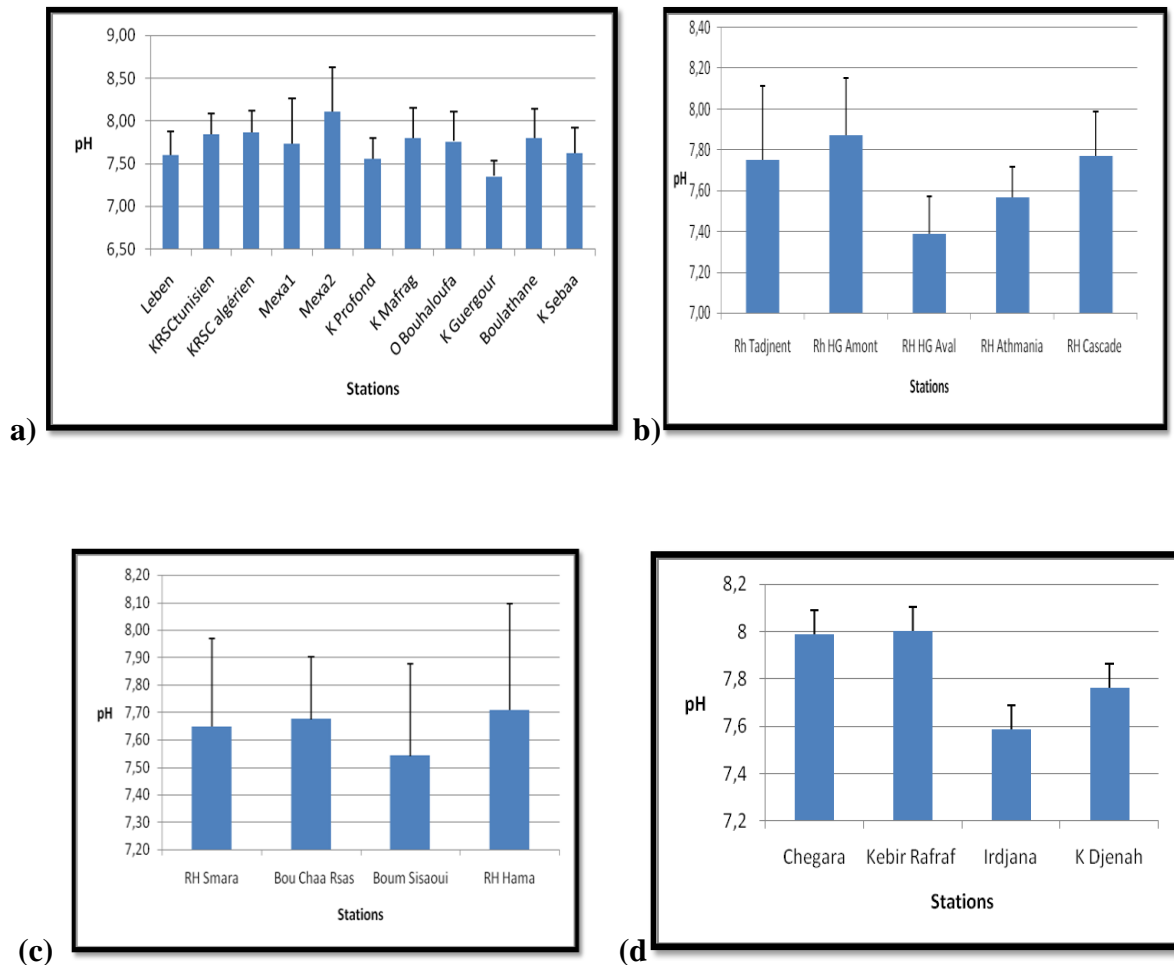


Figure 87 : Variation spatio-temporelle du pH a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime

- **La conductivité électrique:** Au Kebir- Est , la valeur minimum de la conductivité est enregistrée à la Mexa 1 avec 770 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui traduit la faible minéralisation des eaux du barrage; quant à la valeur maximale, elle atteint 4473, 83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au niveau de la Mafrag à l'embouchure (Fig 88. a)). Au Kebir-Rhumel, la plus haute valeur est notée au niveau des eaux du barrage de Hammam Grouz amont où les eaux sont fortement minéralisées (2095 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ainsi qu'à Djenah à l'embouchure avec 1818,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Au Rhumel aval , les valeurs sont proches dans l'ensemble (Fig. 88 b) d) c)).

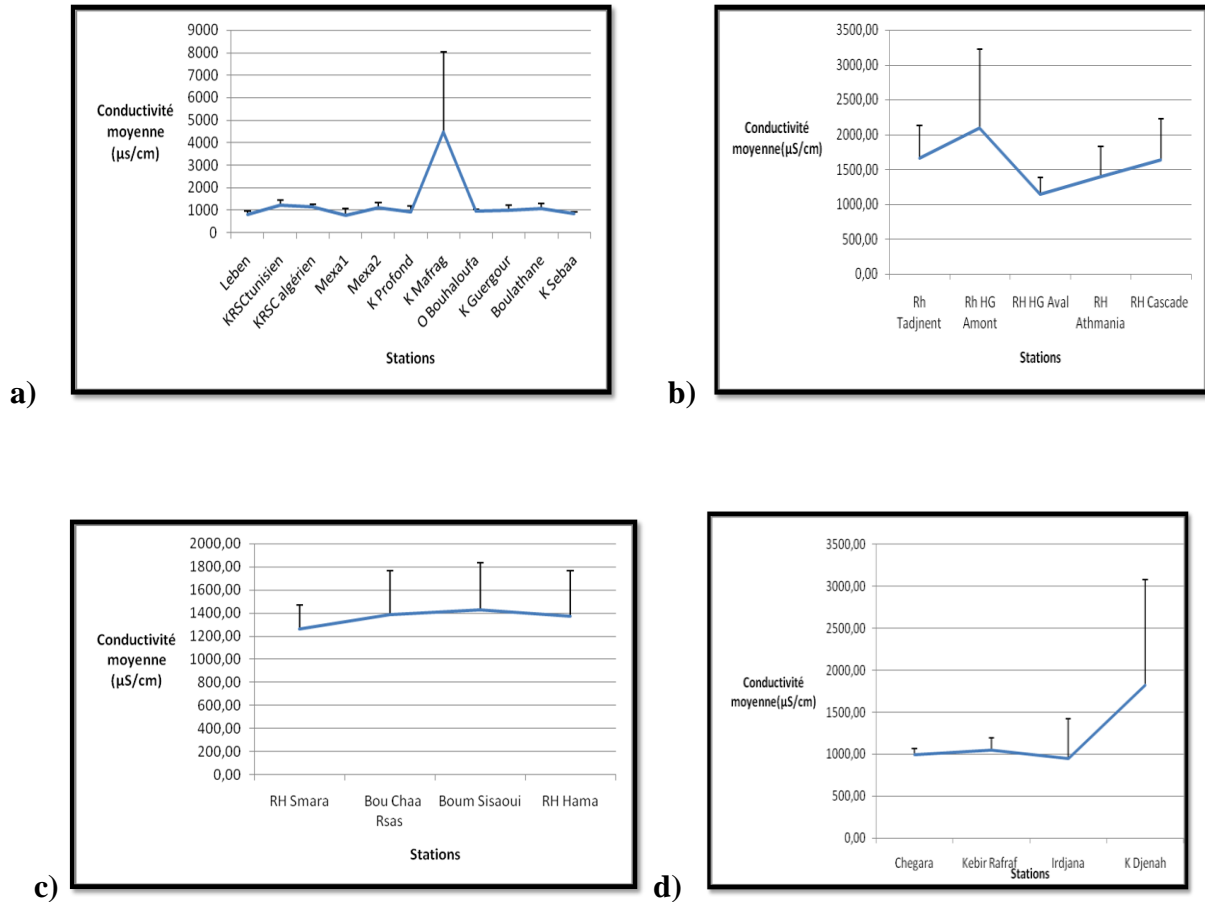
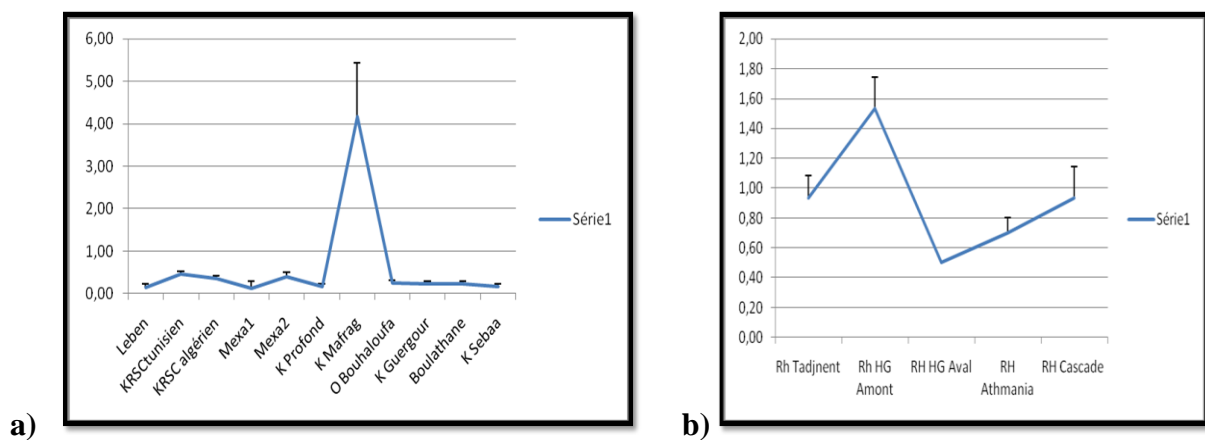


Figure 88 : Variation spatio-temporelle de la conductivité électrique a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime

➤ **La salinité:** La conductivité et la salinité sont intimement corrélées, la salinité maximale est atteinte aux stations Mafrag du Kebir-Est, Hammam Grouz Amont et Djenah au Kebir-Rhumel (Fig 89 a) b) d)).



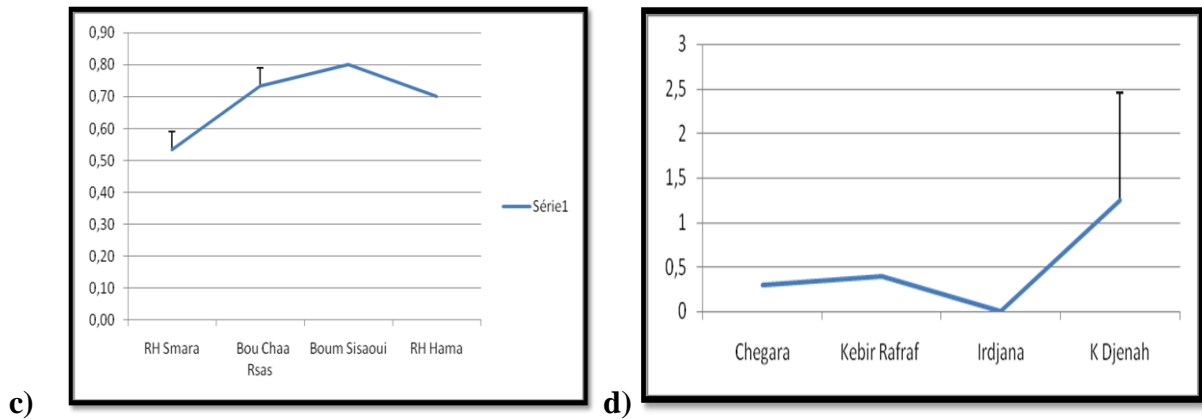
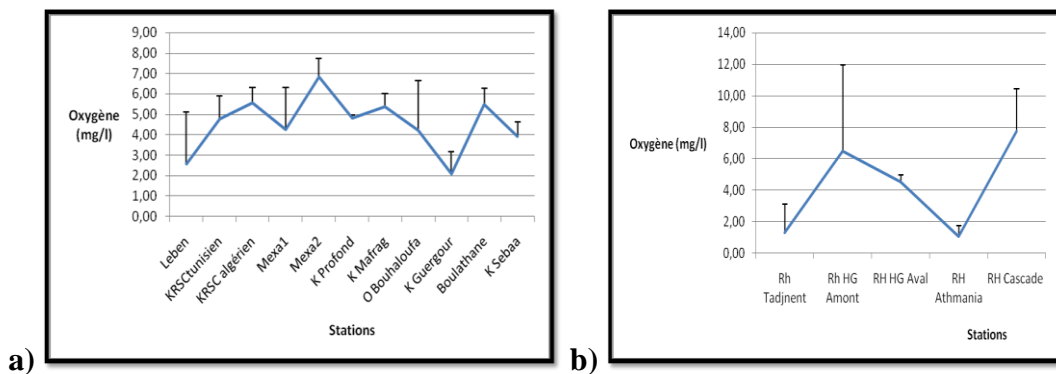


Figure 89 : Variations spatio-temporelle de la salinité a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime

➤ **L'oxygène dissous:** Au Kebir-Est, les teneurs moyennes les plus élevées sont enregistrées dans les stations amont du Kebir loin de toute anthropisation: La Mexa 2 et Raml souk algérien avec respectivement 6,83 mg/l et 5,57 mg/l ainsi qu'au niveau des stations de Boulathane (5,38 mg/l) et la Mafrag (5,48 mg/l) qui jouissent d'une végétation abondante (Fig 104 a)). Cependant, les valeurs critiques du taux d'oxygène sont notées au Rhumel amont à Tadjnet 1,30 mg/l et à oued El Athmania 1,06 mg/l où les eaux présentent de fortes teneurs de matières organiques en décomposition; Au contraire dans la station cascade, la valeur maximale de l'oxygène est atteinte avec 7,74 mg/l favorisée par les mouvements de l'eau (cascade) et les échanges à l'interface (Fig. 90 b). Au Kebir- Maritime, les valeurs de l'oxygène sont proches, elles oscillent de 5,17 mg/l à 6,03 mg/l enregistrée dans la station de Chegara à l'aval du Barrage de Béni-Haroun dont la température moyenne de l'eau est de 21,10°Celsius, on remarque donc une ré oxygénation des eaux favorable au processus d'autoépuration (Fig. 90 d)),



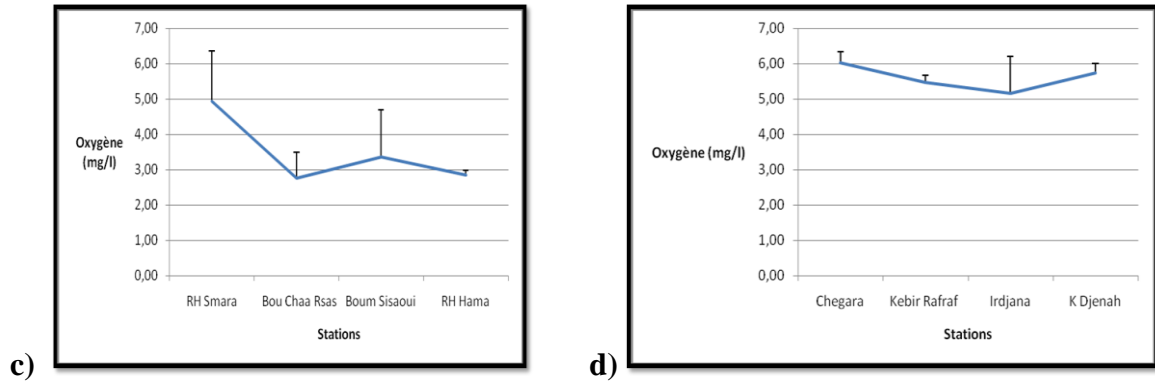


Figure 90 : Variations spatio-temporelle de l'oxygène a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime

➤ **l'oxygène en pourcentage de saturation:** Il représente le rapport entre le taux réel en oxygène et celui que posséderait cette eau à la même température. La tendance est la même que pour les valeurs de l'oxygène en milligrammes par litre.

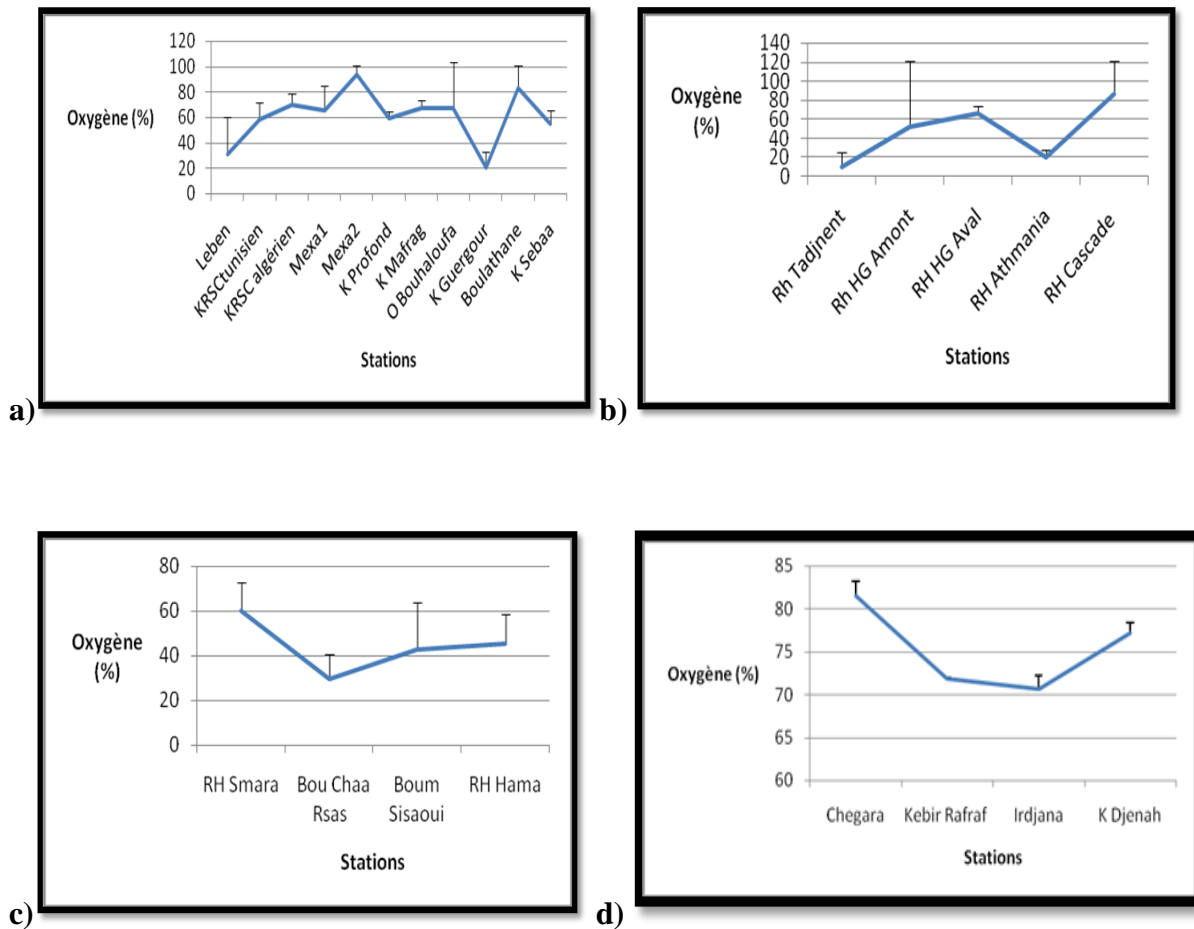


Figure 91 : Variations spatio-temporelle de l'oxygène en pourcentage de saturation a) Kebir-Est b) Rhumel amont c) Rhumel aval d) Kebir maritime

- **Variations mensuelles de la vitesse de l'eau des stations étudiées:** Au Kebir-Rhumel, les stations Sissaoui, Hama Bouziane et Rafrat ont des classes de vitesse rapides. De même que pour les stations du Kebir-Est, c'est Guergour et Sebaa qui possèdent des classes de vitesses rapides; Notons qu'à la Mafrag, la vitesse est nulle (Fig. 92 a) et b)).

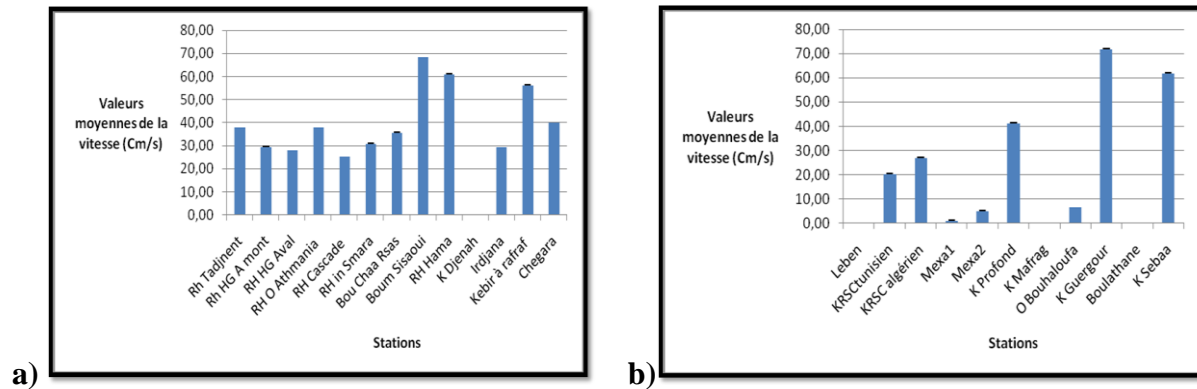


Figure 92 : Variations spatio-temporelle de la vitesse de l'eau

a) Kebir-Rhumel b) Kebir-Est

Tableau 20 : Classes de vitesses selon l'échelle de Berg

Vitesse(cm/s)	Classe
☐ 10	Très lente
10-25	Lente
25-50	Moyenne
50-100	Rapide
☐100	Très rapide

Interprétation de l'analyse en composantes principales

Au Kebir - Est: Le premier plan factoriel de l'analyse en composantes principales réunit 60,20% de la variance totale . En effet, l'analyse en composante principale , nous a permis de caractériser onze stations échantillonnées régulièrement en fonction des 15 variables qualitatives (Anthropisation..) et quantitative, mesurées durant toute la période d'étude . La figure 93 apporte les informations suivantes:

- ✓ **La station de la Maragh** est caractérisée par une salinité et une conductivité élevés, en effet, cette station se trouve à l'aval de l'oued El Kebir , à l'embouchure , avant que l'oued ne rejoigne la mer. Elle est également caractérisée par la profondeur de l'oued qui atteint trois mètres.
- ✓ **La station de la Mexa 2** est caractérisée par des teneurs élevées en oxygène dissous (mg/l) et en pourcentage de saturation . cette élévation des teneurs en oxygène est due aux lachées du barrage de la Mexa.
- ✓ Les stations Guergour, Sebaa, Kebir profond et Leben sont situées dans des régions très denses en végétation. Cette dernière joue un rôle important comme sites de reproduction , d'alimentation et refuge pour les peuplements Odonatologiques.

Au Kebir-Rhumel: Le premier plan factoriel de l'analyse en composantes principales réunit 46,57% de la variance totale . l'analyse en composante principale, nous a permis de caractériser treize stations échantillonnées régulièrement d'amaont en aval en fonction des 15 variables mesurées durant toute la période d'étude . La figure 94 apporte les informations suivantes:

La station Irdjana est caractérisée par une conductivité et une salinité élevés vu sa situation à l'aval de l' oued El Kebir maritime qui débouche dans la Méditerranée. Les stations de Hammam Grouz aval, irdjana, Chegara , Kebir Rafraf, sont le siège de multiples actions anthropiques dont les principales sont les prélèvements d'eau, la pêche et l'utilisation excessive des terrains dans l'agriculture.

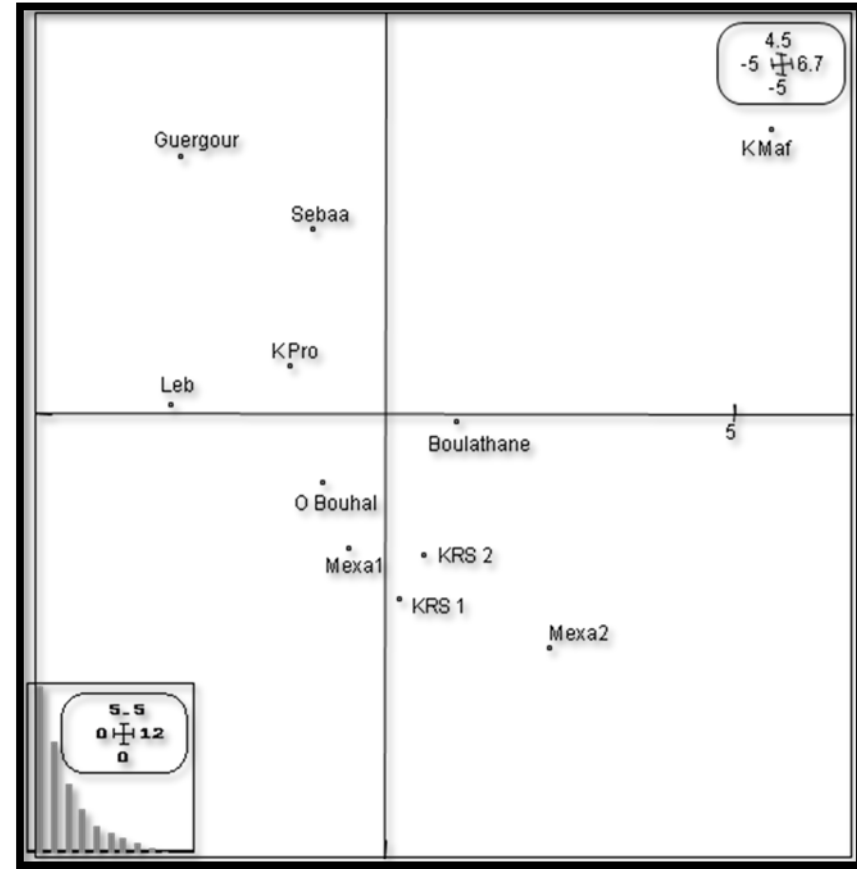
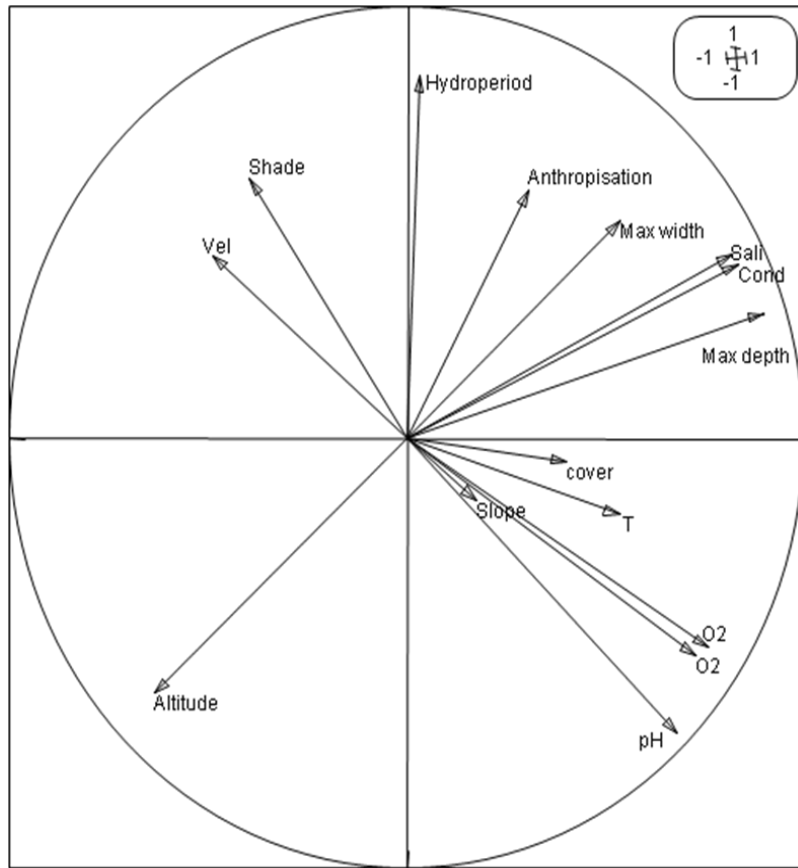


Figure 93: Analyse en composantes principales présentant la distribution des 11 sites d'étude du Kebir-Est en fonction des 15 variables mesurées durant l'année 2011 (F1= 36,06 % , F2= 24,14%)

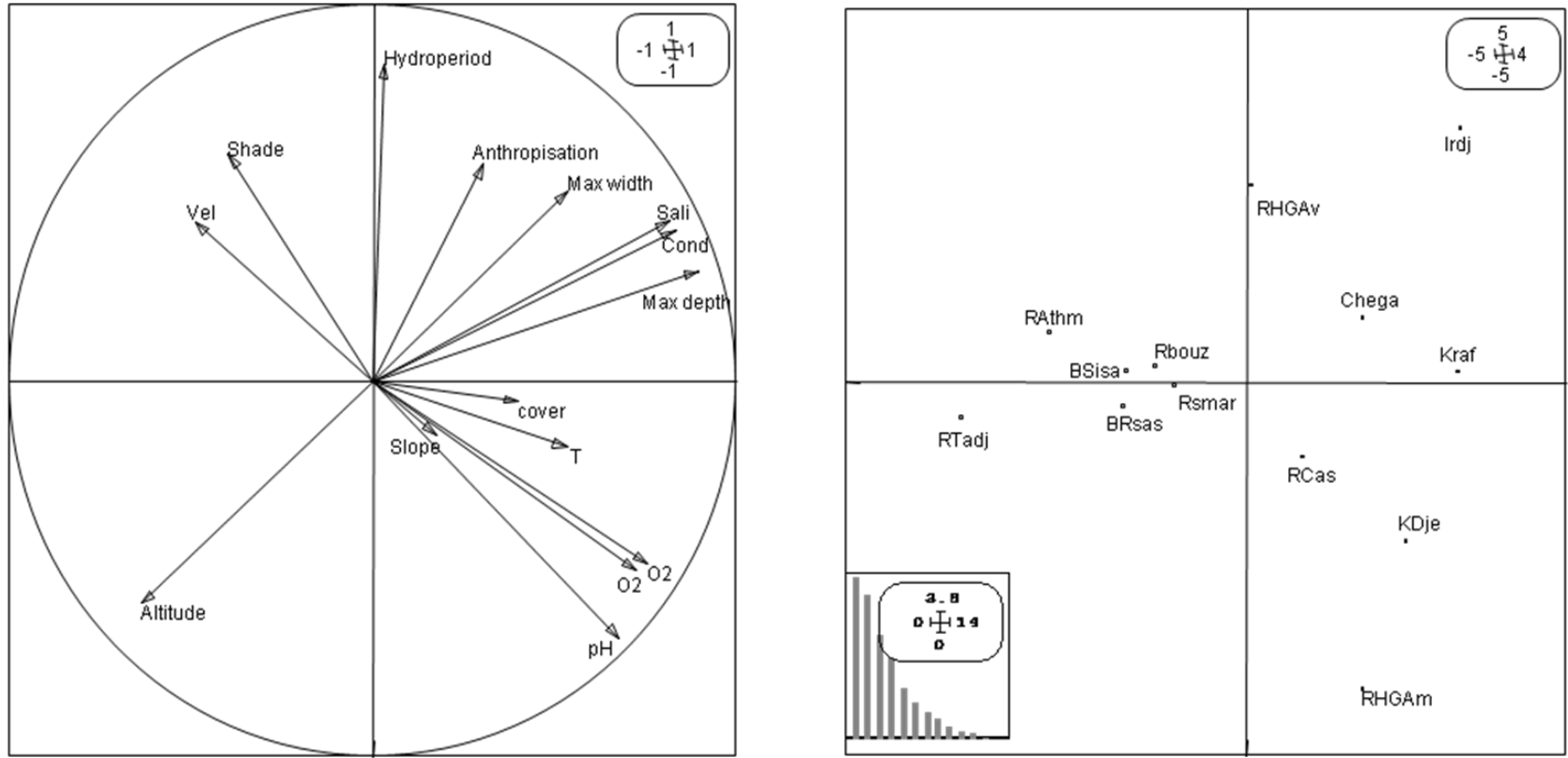


Figure 94 : Analyse en composantes principales présentant la distribution des 11sites d'étude du Kebir-Rhumel en fonction des 15 variables mesurées durant l'année 2011 (F1= 24,72 , F2= 21,85%)

IV.6. Caractérisation physico-chimique des eaux du Kebir-Rhumel (Année 2013)

Les systèmes aquatiques continentaux ont subi des changements graduels depuis le début du développement de l'humanité avec l'irrigation des premiers champs ainsi que les barrages. L'utilisation de l'eau dans le domaine agricole et industriel n'est pas sans impact sur la qualité de ces milieux à l'échelle locale et régionale, soit de façon quantitative (Débit d'eau des rivières) ou qualitative (Pollution, changements d'habitats, modifications biotiques...) (Meybeck, 2006).

De 2011 à 2013, des changements rapides se sont opérés dans nos stations d'études, c'est ce qui nous a incité à tenter d'évaluer le degré de perturbation de l'intégrité écologique de ces milieux par l'application de l'approche physico-chimique. Quelques paramètres ont été mesurés *in situ*, une partie des paramètres de pollution a été confiée à un laboratoire d'analyse de la qualité de l'eau, la partie restante a été traitée au laboratoire de l'algérienne des eaux à Hammam Debagh.

- **La température de l'eau:** Au Rhumel-amont, c'est à la station de Hammam Grouz aval que la température de l'eau est la plus élevée (27,5°C). Au Rhumel-aval, la température des eaux des quatre stations est proche : Elle varie de 23,2°C à 25,4°C. Dans le Kebir-Maritime, c'est à Chagara où les eaux sont plus fraîches (21,5°C) que les autres stations où la valeur maximale atteint 25,85°C à Djenah (Fig. 95 a) b)c).

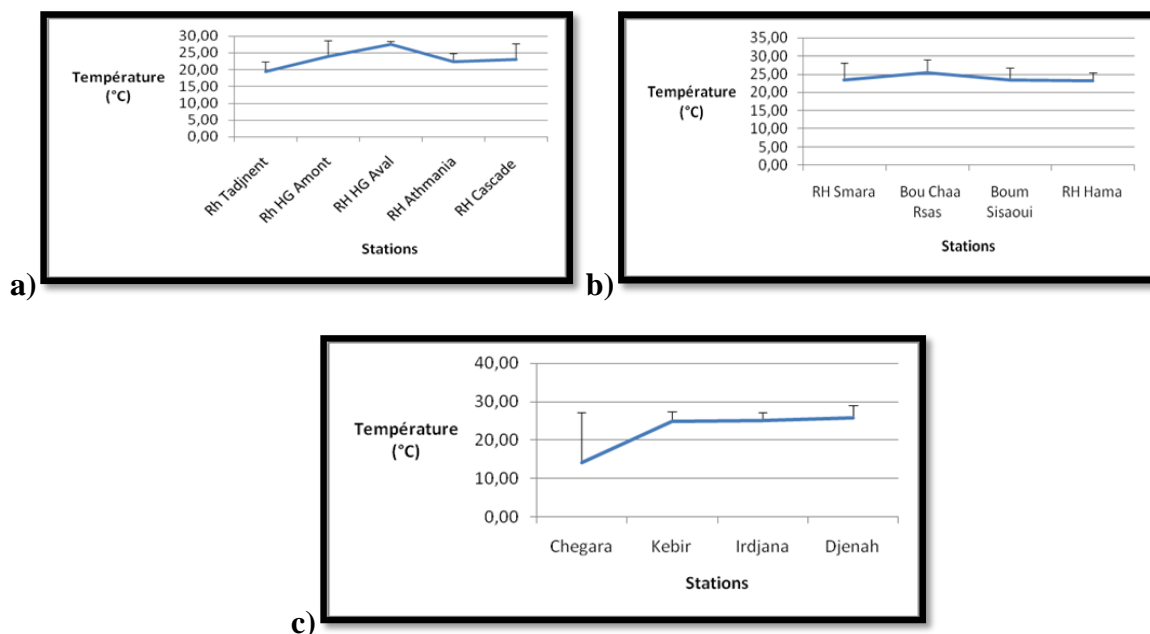


Figure 95 : Variation spatio-temporelle de la température moyenne de l'eau
a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variation mensuelle du pH:** Les valeurs du pH restent favorables à la vie, elles varient de 7,45 à Oued Athmania à 8,32 à Chegara: Il n'ya pas de grandes variations par rapport aux valeurs du pH de l'année 2011 (Fig. 96 a)b)c).

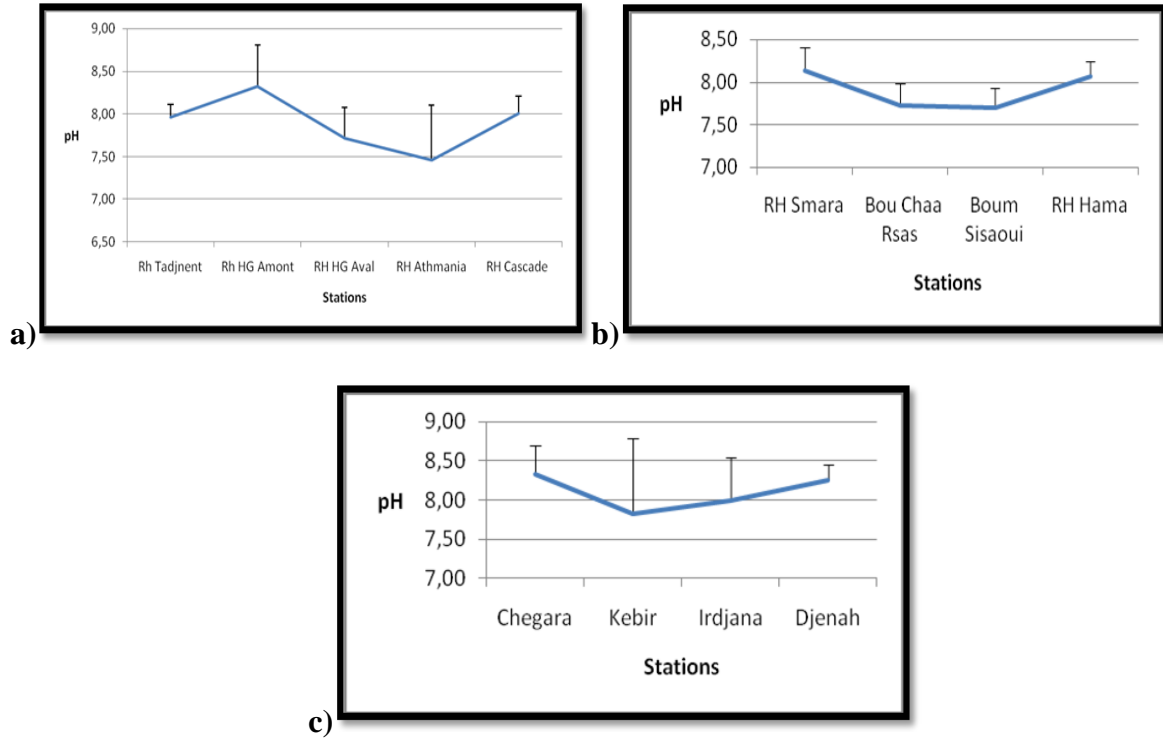
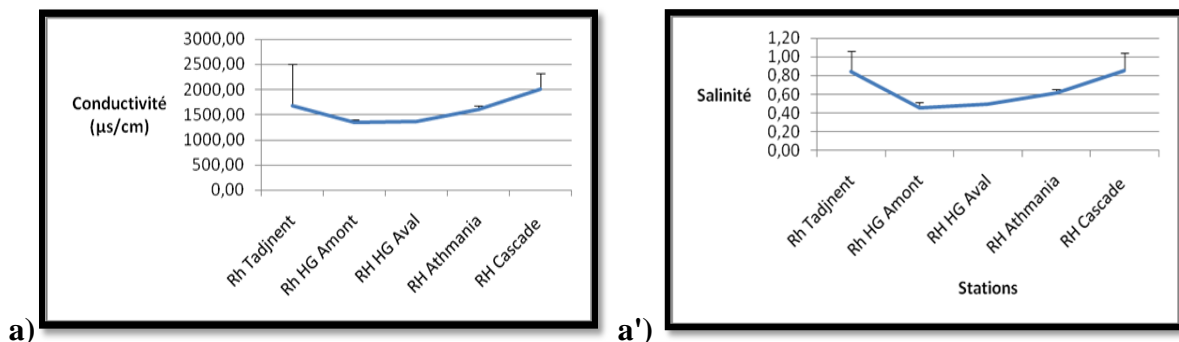


Figure 96 : Variation spatio-temporelle du pH a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **La conductivité électrique et la salinité:** Nous avons noté des différences notables par rapport à l'année 2011: Au Kebir-Rhumel, ce sont les eaux de la station cascade qui sont les plus fortement minéralisées avec 2007,71 $\mu\text{s/cm}$, suivie de la station Smara 1735,42 $\mu\text{s/cm}$ et Sissaoui 1700,14 $\mu\text{s/cm}$ au Rhumel aval. Les eaux de la station Djenah restent les plus fortement minéralisées dans le Kebir-Maritime avec 1466,14 $\mu\text{s/cm}$ (Fig. 97 a)b)c))



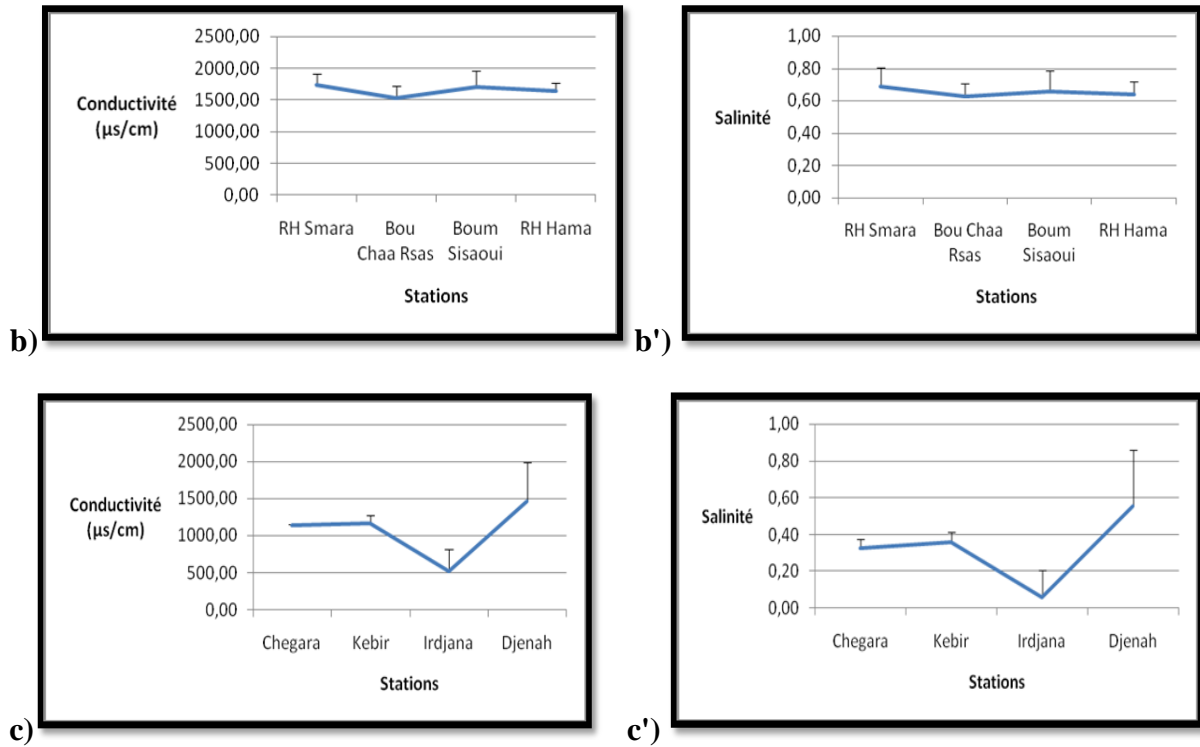
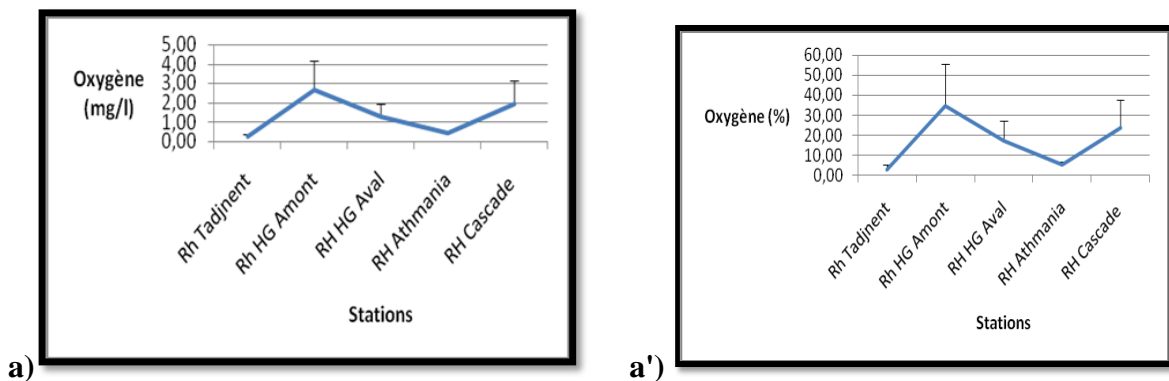


Figure 97 : Variation spatio-temporelle de la conductivité et de la salinité a) a') Rhumel amont b) b') Rhumel aval c) c') Kebir maritime

- **L'oxygène dissous:** Les valeurs de l'oxygène durant l'année 2013 sont en régression par rapport à l'année 2011: Hammam Grouz amont enregistre 2,68 mg/l contre 6,49 mg/l en 2011 et c'est au niveau de la cascade que les eaux sont les plus oxygénées 7,74 mg/l; des valeurs létales sont notées en 2013 à Tadjnet 0,26 mg/l contre 1,30 en 2011. Il en est de même au Rhumel-aval, où la valeur maximale est notée à Smara 2,62mg/l contre 4,95mg/l en 2011. La valeur minimale a été mesurée à Sissaoui 0,73mg/l contre 3,36mg/l. Dans le Kebir-Maritime, Chegara affiche des valeurs très basses 2,51mg/l contre 6,03mg/l en 2011 (Fig. 98 & 90)



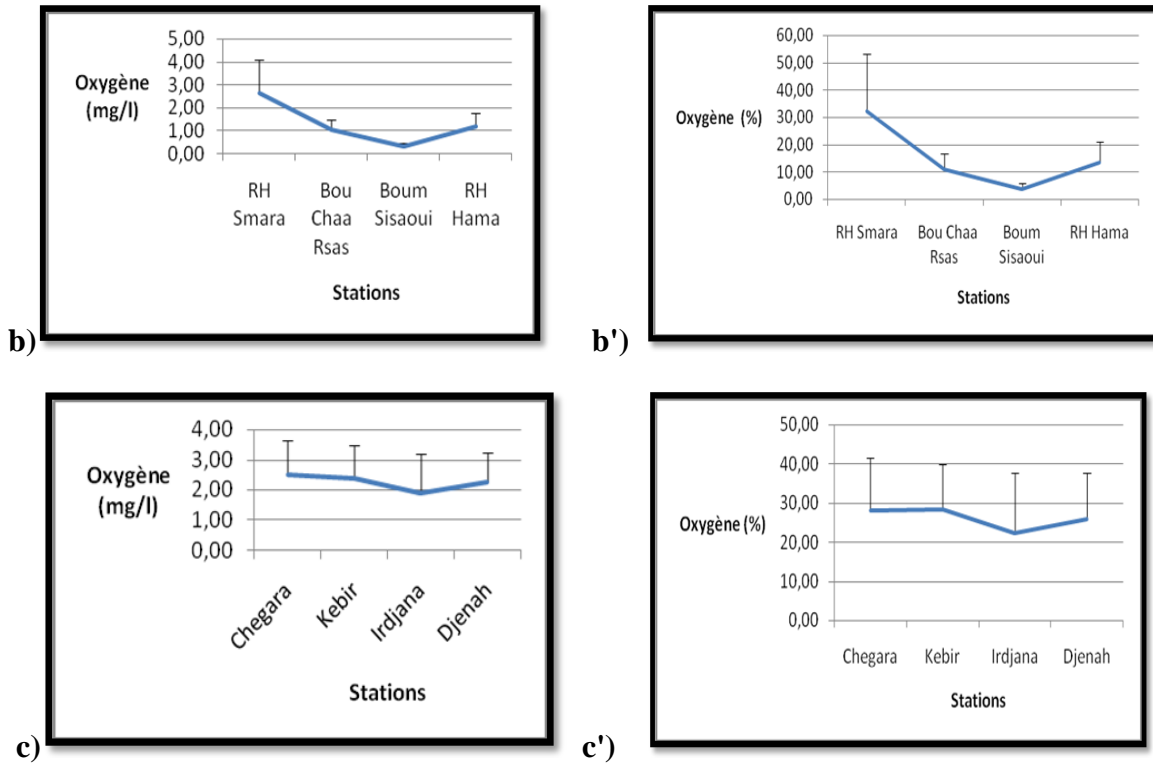
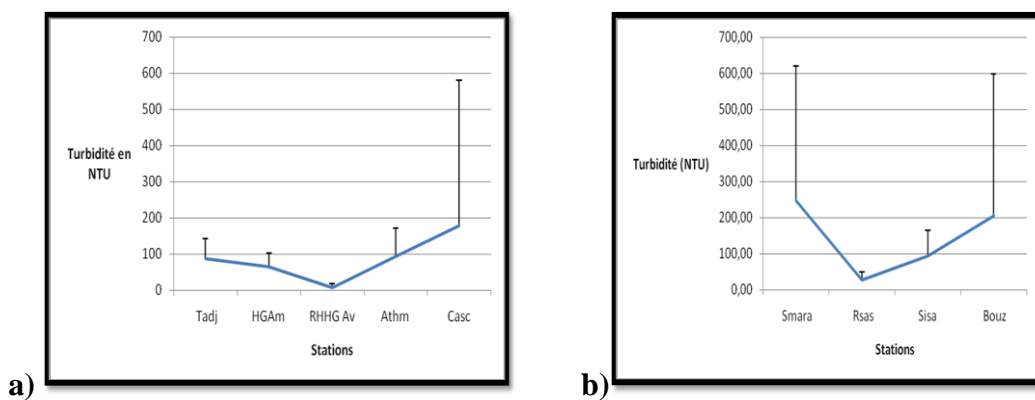


Figure 98 : Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous en mg/l et en pourcentage de saturation a) a') Rhumel amont b) b') Rhumel aval c) c') Kebir maritime

➤ **Variations de la turbidité:** Au Rhumel amont, c'est au niveau de la station la cascade que les eaux sont les plus turbides 178,13 NTU, la valeur minimale est de 7,06 à Hammam Grouz aval où les eaux sont claires. Dans les stations aval du Rhumel, c'est à Smara et Hama Bouziane que les eaux sont les plus turbides avec respectivement 246,59 NTU et 204,64 NTU, La valeur la plus faible a été notée dans l'oued Boumerzoug à Chaabat Rsas avec 28,03 NTU (Fig. 99 a) b) c))



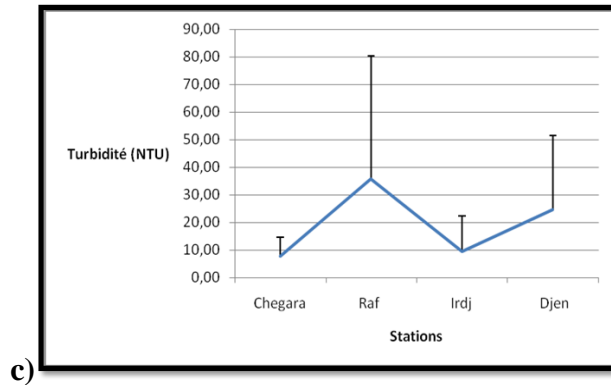


Figure 99 : Variation spatio-temporelle de la turbidité a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variations des nitrates:** Les valeurs des nitrates sont toutes inférieures à 5 mg/l NO_3 excepté au niveau de la station Cascade où on note une concentration de 5,26mg/l NO_3 . Globalement, les eaux du Kebir -Rhumel sont d'excellentes qualité (Fig.100 a) b) c)).

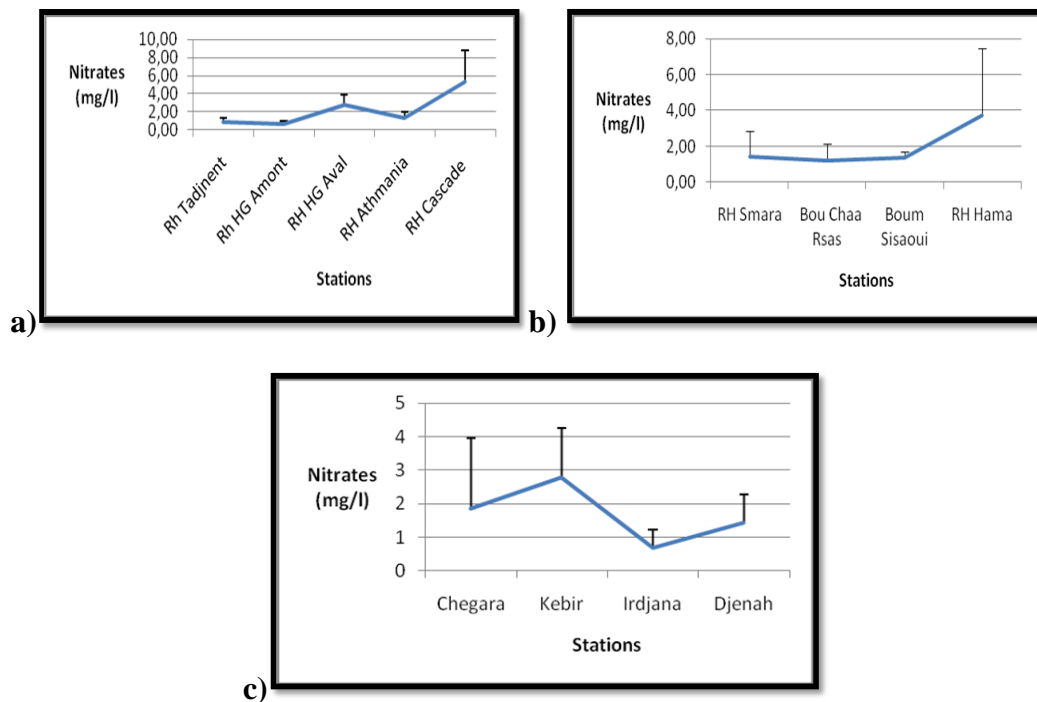


Figure 100 : Variation spatio-temporelle des nitrates a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variations des nitrites:** Au Rhumel, c'est dans la station de Smara où est noté la valeur maximale de 1,2 mg/l traduisant des eaux de qualité médiocre, pour le reste des stations, elles sont de qualité passable. Notons par ailleurs, l'absence totale de

nitrites dans les stations de Tadjnent et Hammam Grouz Aval ce qui ne signifie pas que ces eaux ne soient pas polluées. Au Kebir-Maritime, les teneurs sont presque négligeables dans les stations Rafraf et Irdjana avec une moyenne de 0,05mg/l NO₂: Les stations du Kebir sont d'excellente à bonne qualité (Fig.101a) b) c))

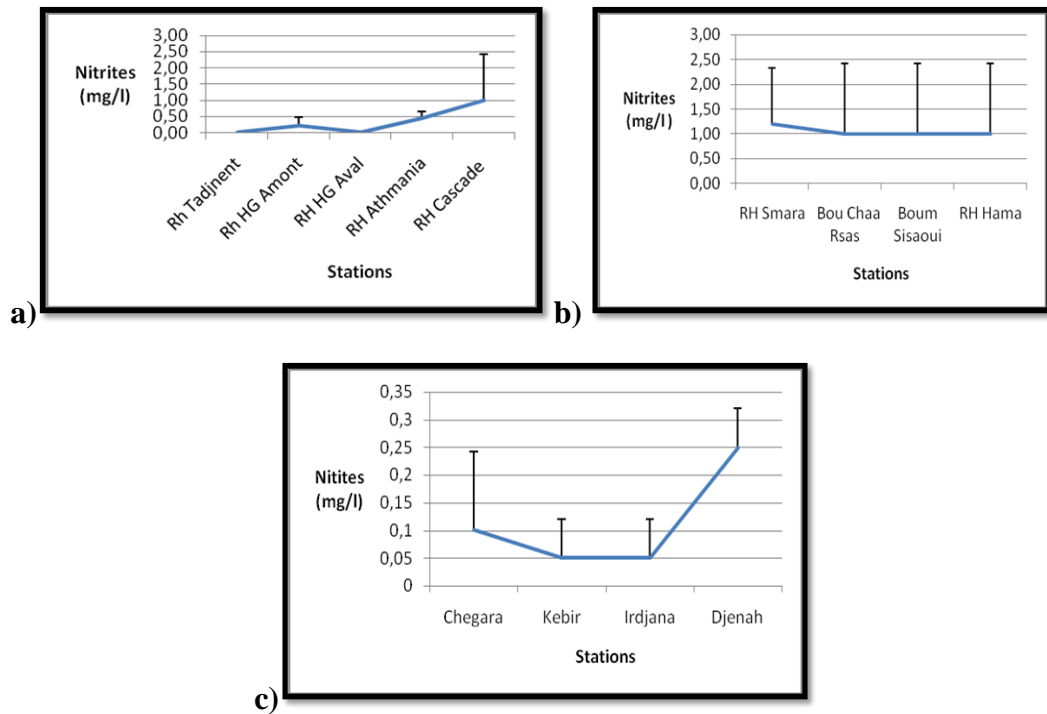
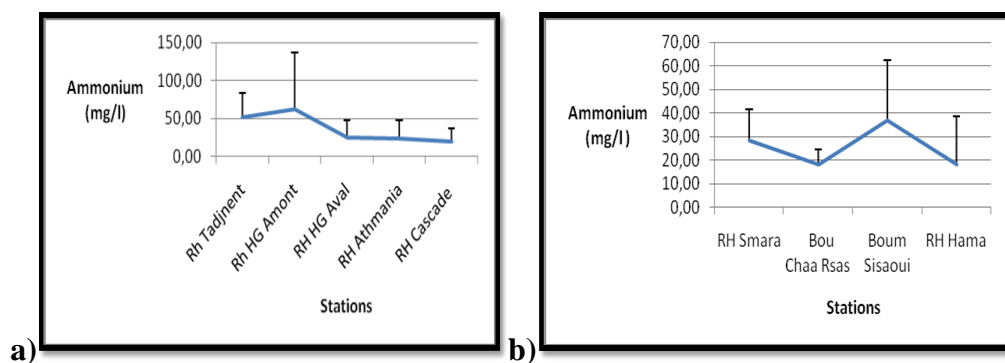


Figure 101 : Variation spatio-temporelle des nitrites a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variations de l'ammonium:** Toutes les stations du Kebir-Rhumel enregistrent des taux très élevés d'ammonium: Hammam Grouz 62,36 mg/l NH₄⁺, 51,93 mg/l NH₄⁺ à Tadjnent. Seules les stations Irdjana et Djenah, enregistrent respectivement 6,38mg/l et 3,55mg/l avec une classe de qualité des eaux médiocre. ces taux alarmants proviennent du processus d'ammonisation: La décomposition par les microorganismes de l'azote organique en azote ammoniacal (Fig.102 a)b)c))



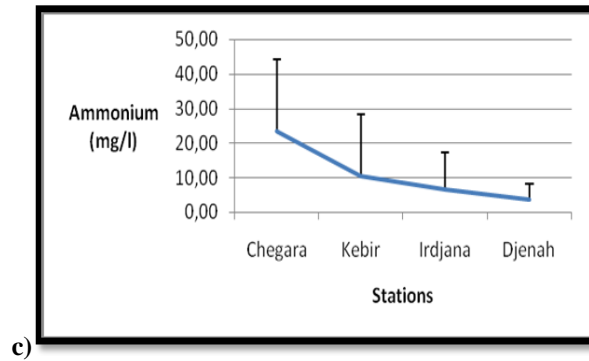


Figure 102 : Variation spatio-temporelle de l'ammonium
 a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

➤ **Variations des matières minérales azotées** : Il est à noter que les concentrations élevées de nitrites, nitrates et d'ammonium proviennent des engrais utilisés en agriculture (Tadjnet, HGAmont, oued El Athmania, Cascade) ou /et de la décomposition de la matière organique et des déchets d'élevage de volaille à proximité des cours d'eau (cas de la station cascade).

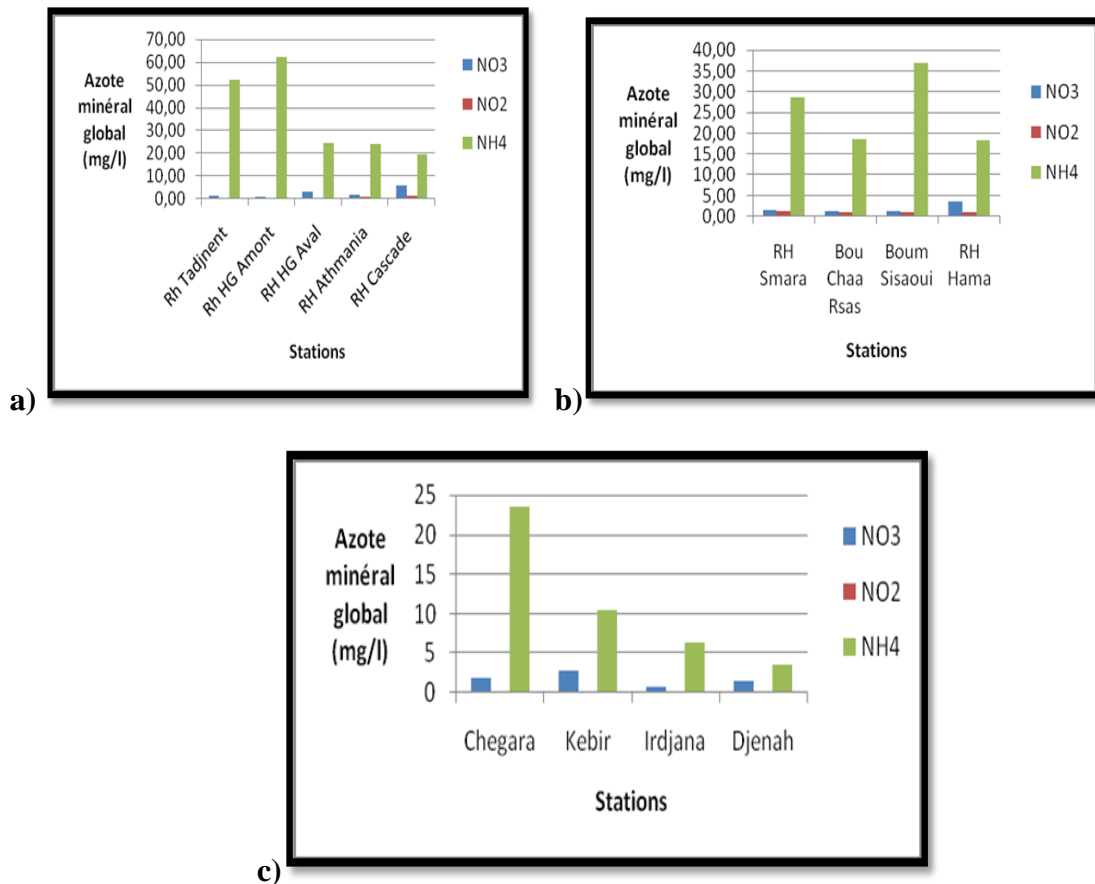


Figure 103 : Variation spatio-temporelle des matières minérales azotées a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variations des orthophosphates:** le phosphore peut se trouver à l'état naturel dans les cours d'eau soit par l'érosion des roches continentales ou la dégradation des animaux et des végétaux par les organismes décomposeurs.
- ◆ Au Rhumel-amont, la station de Tadjnet représente un cas unique de pollution excessive, avec un pic atteignant (10,79 mg/l) dépassant largement les normes admises par l'ANRH pour les eaux superficielles; mise à part la station Hammam Grouz amont (0,90mg/l) dont la qualité des eaux peut-être qualifiée de passable, toutes les stations du Rhumel amont sont de qualité médiocre ou sont excessivement polluées.
- ◆ C'est le cas également des deux sous-bassins versants Rhumel-aval et Kebir-Maritime où la qualité des eaux est médiocre à polluée (Fig.104 a) b) c))

Il est à rappeler qu'en plus de son origine naturelle, la présence d'orthophosphates dans les cours d'eau résulte d'un processus anthropiques comme les eaux usées qui se jettent directement dans les cours d'eau sans traitement préalable ou à défaut d'existence d'un réseau d'assainissement. De plus, l'usage des fertilisants phosphorés aggrave la situation notamment pendant les périodes de crues. Enfin, n'omettons pas l'impact des petites unités industrielles installées à proximité des cours d'eau et qui ne sont pas dotées de station de traitement.

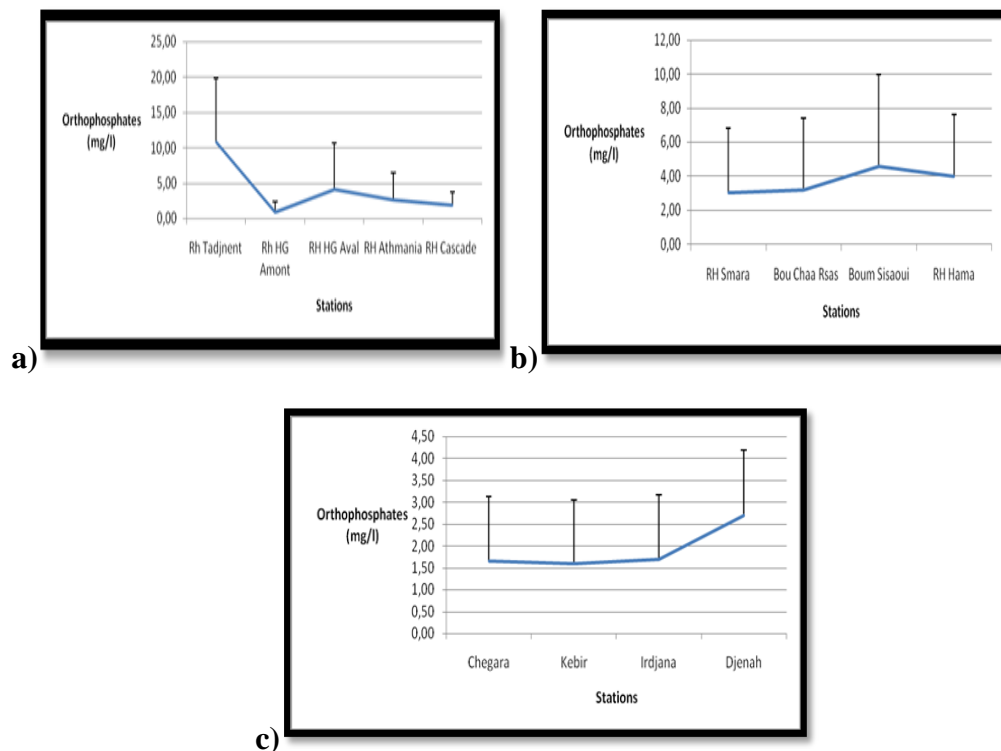


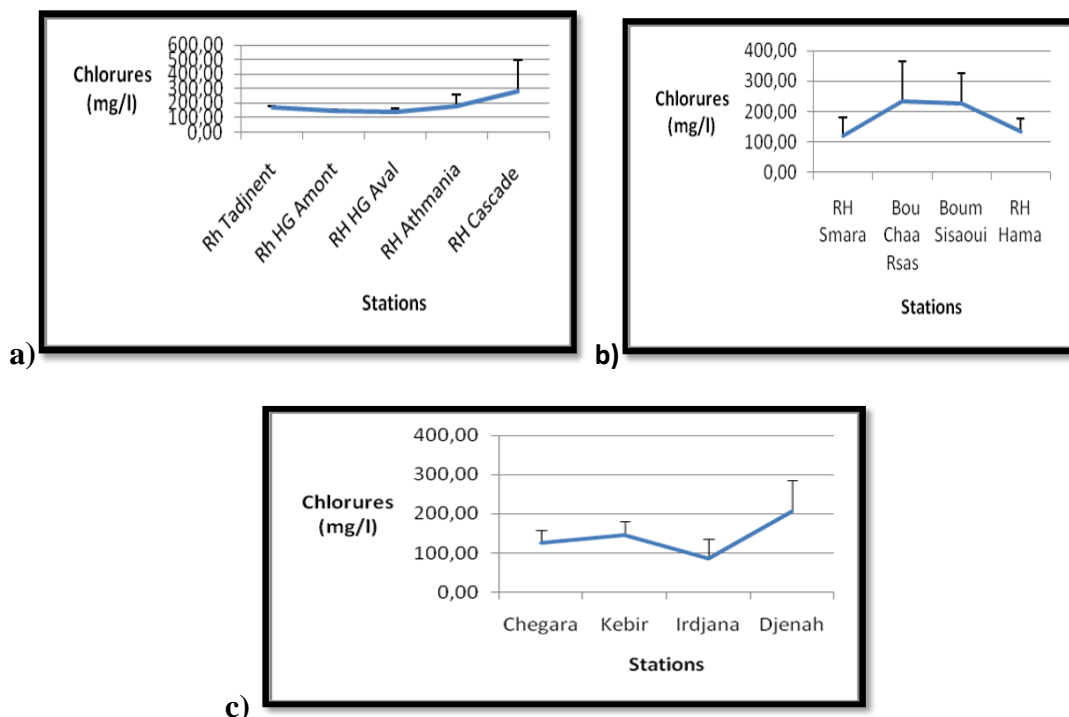
Figure 104 : Variation spatio-temporelle des orthophosphates a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variations des chlorures:** Au Rhumel, c'est dans la station Cascade que les teneurs en chlorures sont les plus élevées avec (280,45mg/l). Au Boumerzoug, des concentrations élevées sont également notées à Chaabat Rsas et Sisaoui avec respectivement (234,1mg/l) et (227,2mg/l). Sigalons par ailleurs, des teneurs variant de 85,2(mg/l) à Irdjana à (205,9mg/l) à Djenah à l'embouchure.

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/L, mais dans certaines régions, la traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1000 mg/l (Allam, 2012). Selon l'institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, les normes admises pour les eaux de surface sont de (250 mg/l).

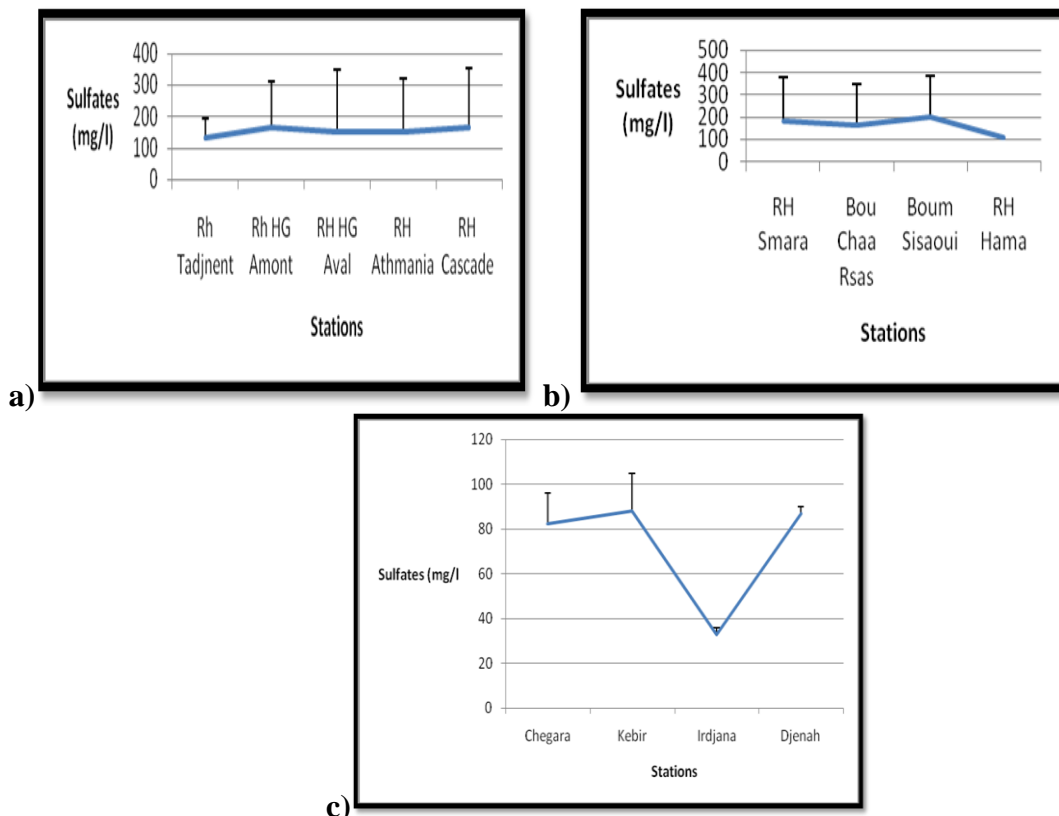
Les valeurs obtenues dans nos stations d'étude sont donc dans les normes, excepté pour la station de la Cascade qui reçoit les eaux de la carrière qui se trouve à proximité (Fig 105. a) b) c))

NB/ Le grand inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils transmettent à l'eau à partir de 250 mg/l, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium.



**Figure 105 : Variation spatio-temporelle des chlorures a) Rhumel amont
b) Rhumel aval c) Kebir maritime**

- **Variations des sulfates:** Les valeurs les plus élevées des sulfates ont été mesurées dans les stations de Hammam Grouz amont, Cascade, Smara, Rsas et Sissaoui avec respectivement des valeurs de (167mg/l), (167 mg/l) , (178,75 mg/l) , (162,75 mg/l) et 200,5 mg/l. L'IBGE a défini des normes de qualité pour les eaux de surface ordinaires selon l'AR du 4/11/1987) à 150mg/l, nos stations dépassent légèrement ces normes. Au Kebir-Maritime, les valeurs sont plus basses avec une valeur minimale de (33mg/l) à Irdjana et (87mg/l) à Djenah. Notons que l'origine des sulfates peut-être:
 - ✓ Naturelle qu'on retrouve généralement dans les sulfates de calcium (CaSO_4) ou les sulfates de magnésium (MgSO_4);
 - ✓ Anthropique: Par les apports agricoles ou/et les rejets industriels.
- NB/ Les normes de l'UE plus récentes, 1998, suggèrent un maximum de 250 mg/l en sulfates dans l'eau destinée à la consommation humaine.

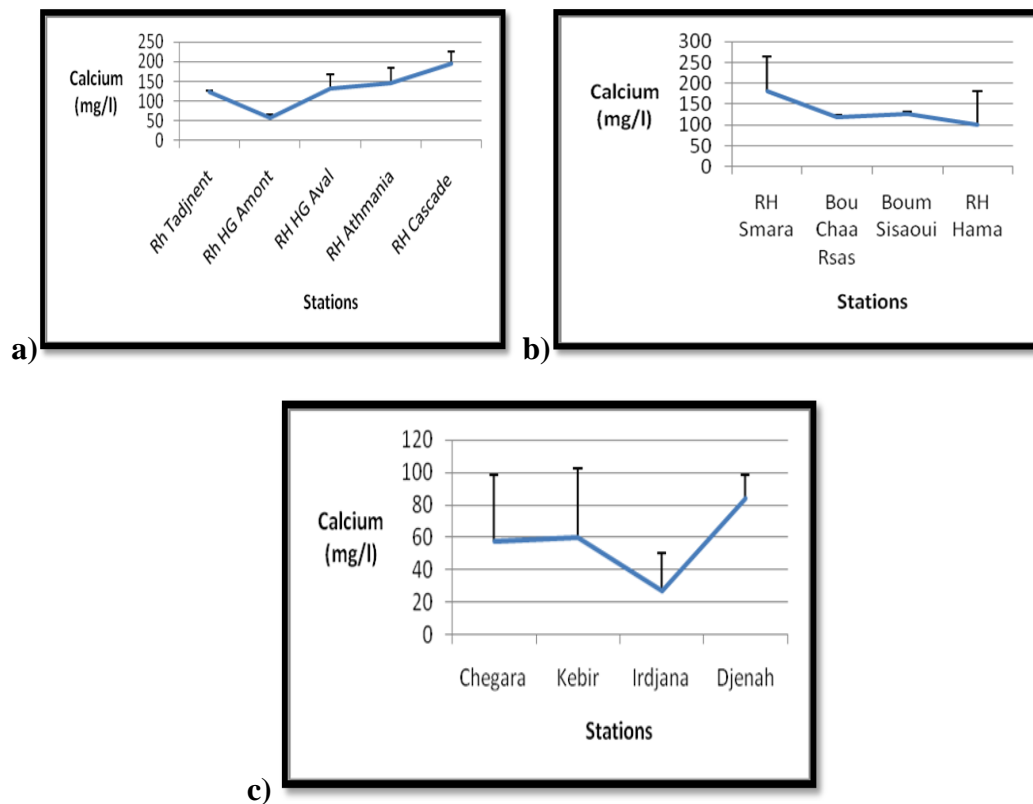


**Figure 106 : Variation spatio-temporelle des sulfates a) Rhumel amont
b) Rhumel aval c) Kebir maritime**

- **Variations du calcium:** Au Rhumel comme au Boumerzoug, les teneurs en calcium sont assez élevées (de 99,96 mg/l à 196,31 mg/l) (Fig.107 a)b)), exceptée dans la station Hammam Grouz Amont avec (57,23mg/l). Pour le Kebir-Maritime, les concentrations sont moindres avec une valeur minimale de 26mg/l à Irdjana et une valeur maximale de 84,28mg/l à Djenah à l'embouchure (Fig.107c)).

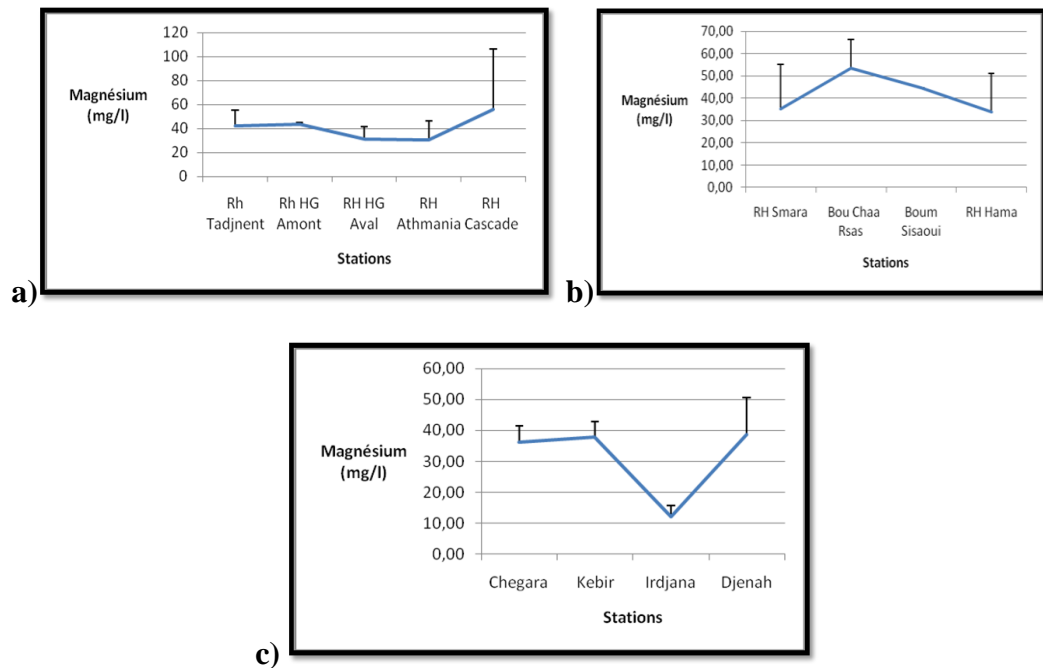
Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates (CaCO_3). Composant majeur de la dureté de l'eau. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures. Son origine peut -être naturelle ou dû aux oxydes de calcium qui sont largement utilisés dans l'industrie du papier, le traitement des eaux ce qui contribue à des rejets significatifs dans le milieu (Allam, 2012).

NB/ Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200 mg en CaO ou 250 à 350 mg en CaCO_3 .



**Figure 107 : Variation spatio-temporelle du calcium a) Rhumel amont
b) Rhumel aval c) Kebir maritime**

- **Variations du magnésium:** Toutes les valeurs enregistrées dans le bassin du Kebir-Rhume sont inférieures à 60 mg/l (Fig.108 a) b) c) ce qui suggère que les terrains traversés par ces eaux sont des sulfates de calcium plutôt que des sulfates de magnésium. L'origine du magnésium est soit naturelle, industrielle (alliages à base d'aluminium) ou d'origine agricole (amendement des sols).



**Figure 108: Variation spatio-temporelle du Magnésium a) Rhumel amont
b) Rhumel aval c) Kebir maritime**

- **Variations du titre hydrothymétrique:** la dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium. Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevés, susceptibles d'atteindre 1g/L de CaCO_3 . Par contre les eaux en provenance de terrains cristallins auront des duretés très faibles (Allam, 2012).

Concernant nos stations, la valeur la plus élevée a été mesurée à la Cascade (69,5°f), alors que les plus faibles valeurs ont été notées au Kebir-Maritime où elles oscillent entre 22°f à Irdjana à 40°f à Oued Rafrat (Fig.109 a)b)c)

NB/ La dureté s'exprime en ppm m/V (ou mg/L) de CaCO_3 ou en degré français (°f).

1 degré français = 10^{-4} mol/L = 4 mg Ca ou 2,4 mg de Mg par litre d'eau.

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

TH (°f) 0 à 7 7 à 15 15 à 30 30 à 40 + 40

Eau très douce eau douce plutôt dure dure très dure

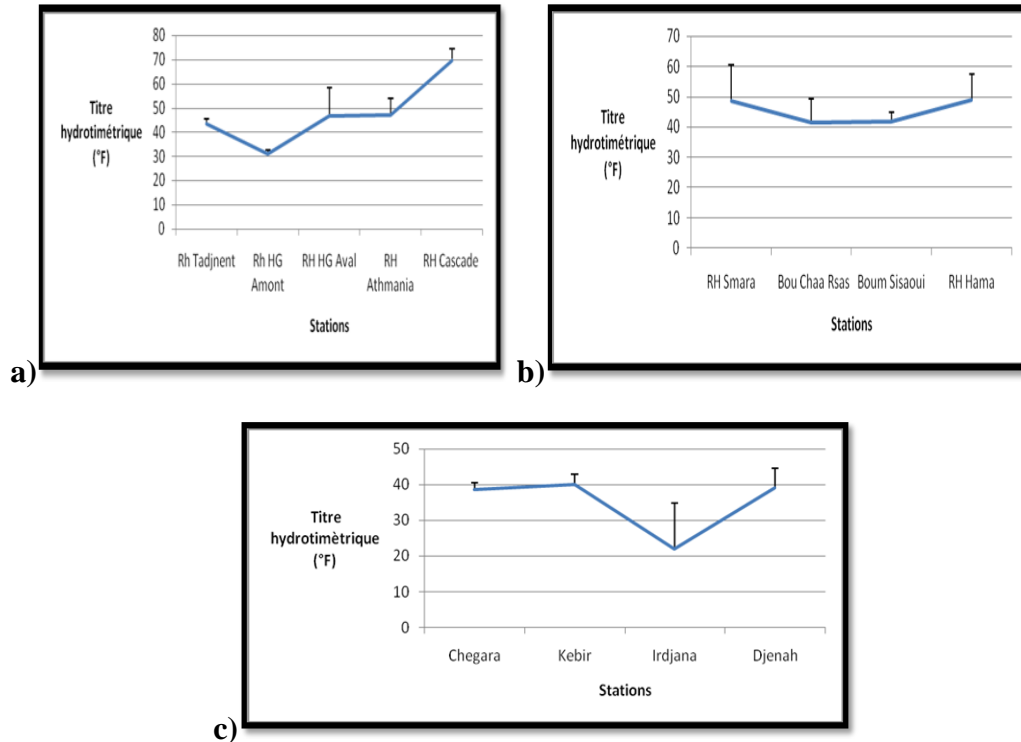


Figure 109 : Variation spatio-temporelle du titre hydrotimétrique a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Variations des matières en suspension:** Dans le Rhumel-amont, les concentrations des matières en suspension varient de 11,5 mg/l (Hammam Grouz) à 391mg/l à la station cascade, cette valeur maximale est due à la présence d'une carrière à proximité de cette dernière. Au Rhumel aval, les valeurs varient de 69,25mg/l à Chaabat Rsas à 297,25mg/l à Ain Smara; Il est à noter que ces concentrations résultent des rejets domestiques vue la situation en zone urbaine de ces stations. Au Kebir-Maritime, Les concentrations varient de 9,75mg/l à 54,25mg/l et sont dans l'ensemble acceptables (Fig.110 a) b) c)).

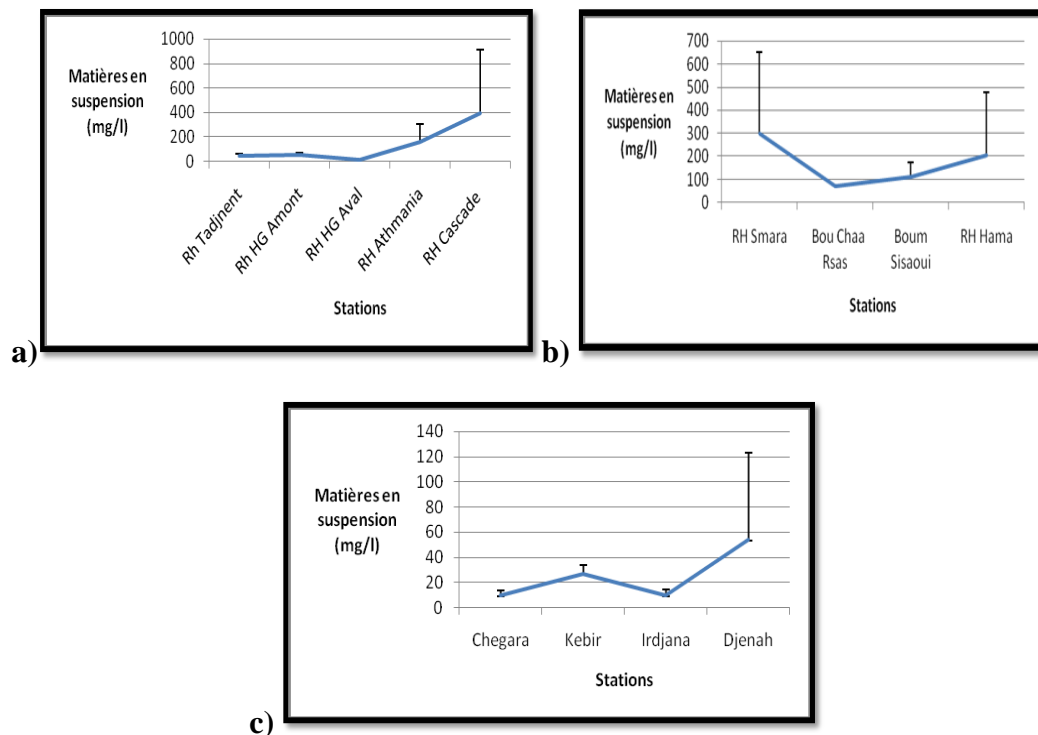


Figure 110 : Variation spatio-temporelle des matière en suspension a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Les variations de la demande biologique en oxygène en cinq jours:** Dans l'ensemble, les stations présentent des valeurs de la DBO_5 qui sont comprises entre 2,23 mg/l d'oxygène et 10,79 mg/l d'oxygène ce qui correspond d'après les normes de l'ANRH à des eaux de qualité passable. A Chegara, la qualité des eaux est médiocre 13,37mg/l d'oxygène sans doute à cause de la décharge à proximité de la station. Cependant, au Kebir-Rhumel amont (Tadjnent), une pollution excessive est suspectée avec 53,67mg/l due aux réseaux d'assainissement défectueux de la commune de Tadjnent qui débouchent directement dans le Rhumel (Fig.111 a) b) c)) .
- **Variations de la demande chimique en oxygène:** Les stations Oued Athmania, la cascade, Smara, Chaabat Rsas, Hama Bouziane et Djenah affichent des valeurs de DCO comprises entre 7,24 mg/l et 19,97 mg/l ce qui classe les eaux de ces stations comme étant d'excellente qualité. Toutefois, on remarque une valeur de la DCO de 100,08mg/l à Tadjnent ce qui confirme bel est bien l'existence d'une pollution excessive (Fig.112a)b)c))

NB/ les valeurs de la DCO concordent bien avec celles de la DBO_5

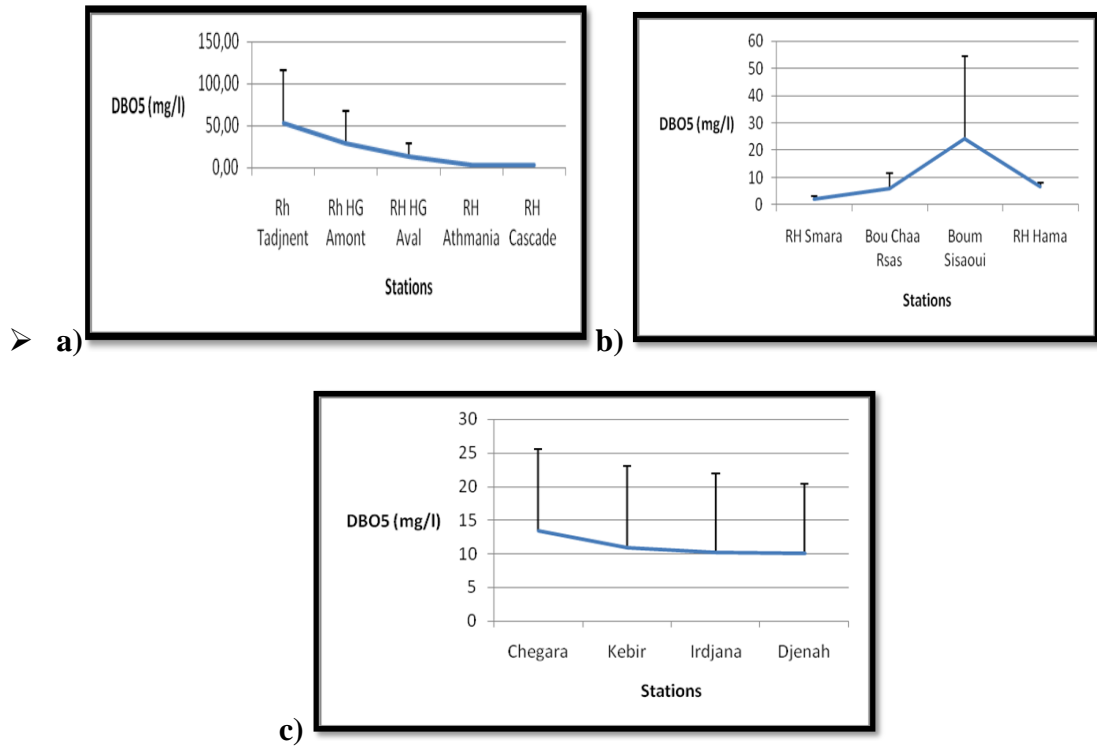


Figure 111 : Variation spatio-temporelle de la demande biologique en oxygène
a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

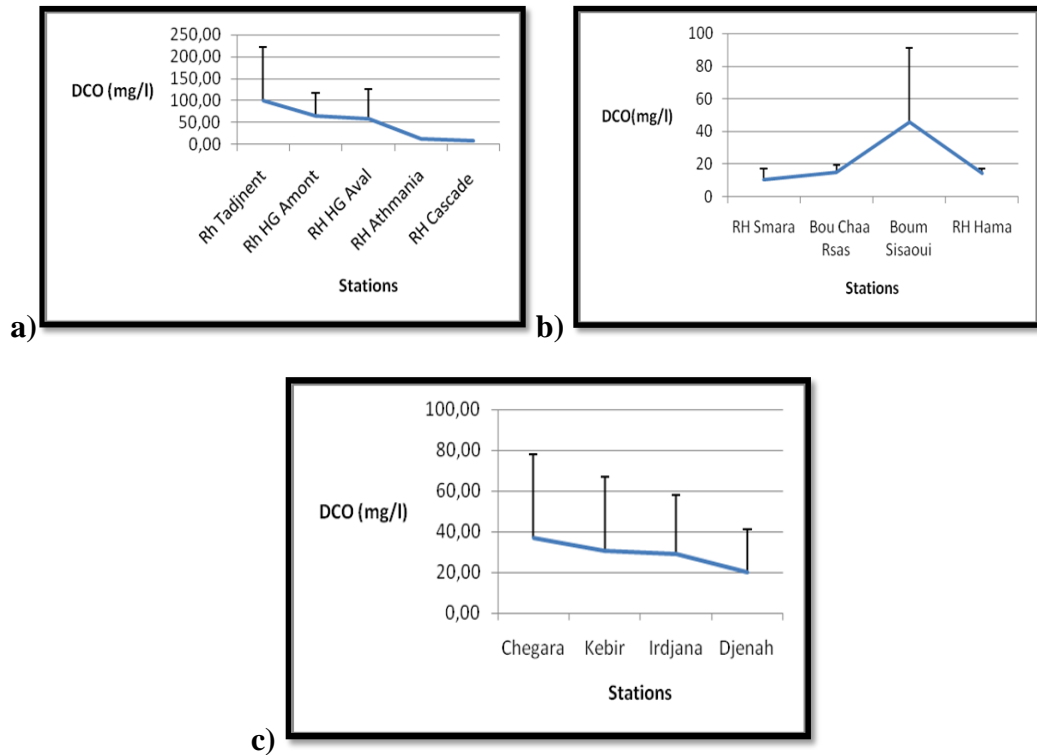


Figure 112: Variation spatio-temporelle de la demande chimique en oxygène
a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

- **Les variations des matières organiques:** Les valeurs des concentrations en matières organiques sont corrélées avec celles de la DBO₅ et la DCO. Les pics les plus importants sont notés au niveau des stations de Tadjnet, Hammam Grouz amont, Sissaoui avec des teneurs respectives de (69,13mg/l), (37,95mg/l) et (31,31mg/l) (Fig.113 a)b)c))

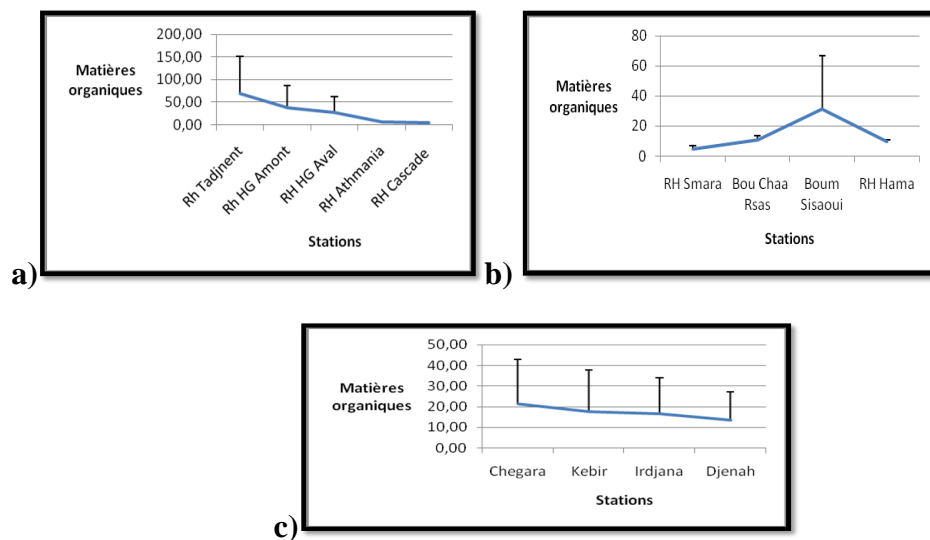


Figure 113 : Variation spatio-temporelle des matières organiques a) Rhumel amont b) Rhumel aval c) Kebir maritime

Tableau 21 : Normes de qualité de base pour les eaux de surfaces ordinaires (AR du 4/11/1987) (IBGE, 2005)

Paramètres	Unités	Valeurs
PH		6 à 9
Température	°Celsius	25
Oxygène dissous	% de saturation	50
Demande biologique en oxygène en cinq jours	mg/l	6
Azote ammoniacal	mg/l-N	2
Phosphore	mg/l-P	1
Chlorures	mg/l-Cl	250
Sulfates	mg/l-SO ₄	150

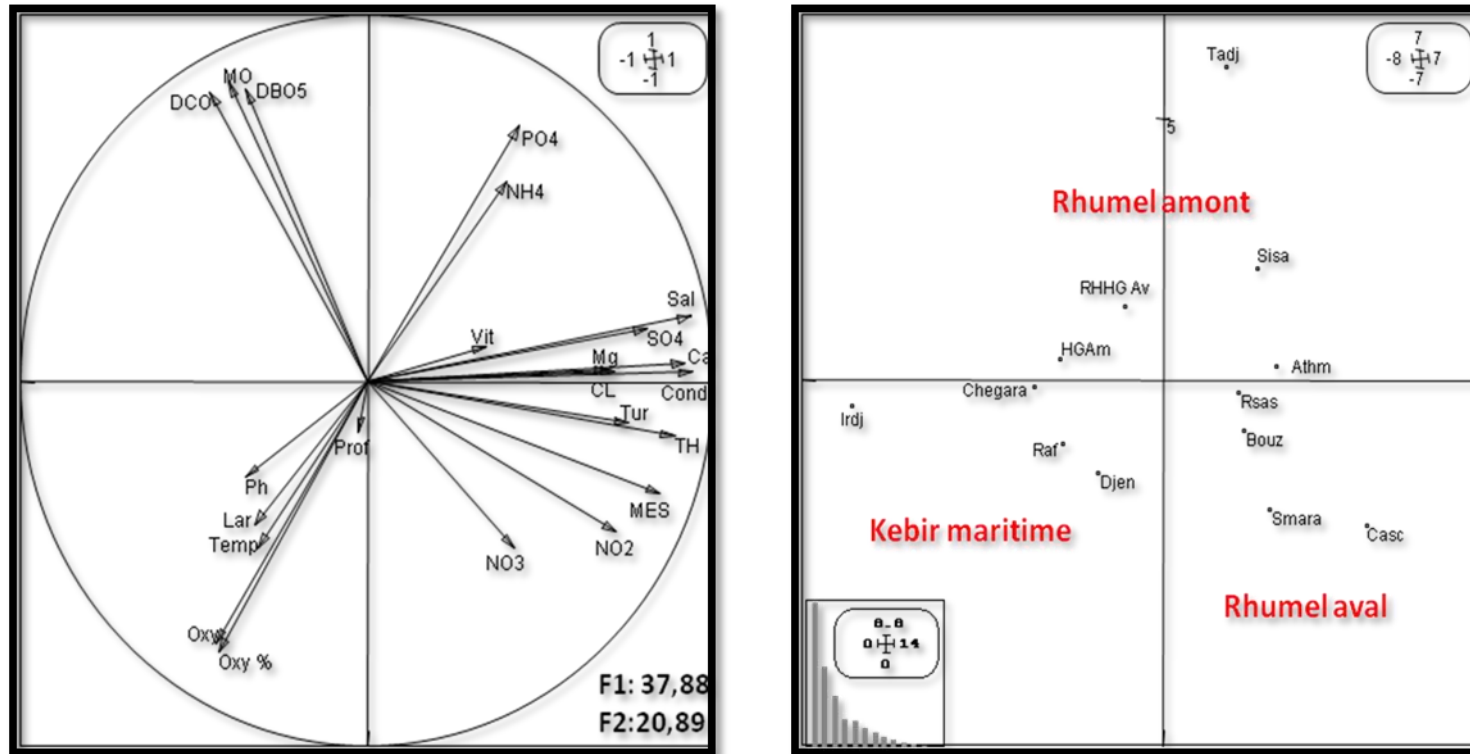


Figure 114 : Analyse en composantes principales montrant la distribution spatiale des sites d'étude au Kebir-Rhumel en fonction des vingt trois paramètres mesurés (Année 2013).

Interprétation de l'analyse en composantes principales

Le premier plan factoriel de l'analyse en composantes principales réunit 58,77% de la variance totale et apporte les informations suivantes:

- **Zone de pollution** : A Tadjnet (1) présentée sur la partie positive de l'axe factoriel et caractérisée par de fortes concentrations en orthophosphates ce qui traduit la présence de matières organiques en décomposition et aussi de fortes concentrations en ammonium un indicateur de la pollution organique. Ce fait est dû (comme on l'a vu plus haut) d'une part à la réception dans ce milieu d'égoûts en provenance de la commune de Tadjnet et d'autre part à l'anthropisation exercée par les agriculteurs (engrais et fertilisants) et les éleveurs de bétails (Surpâturage). Une DCO élevée dans les stations Tadjnet (1), Hammam Grouz amont(2), Hammam Grouz aval (3) du Rhumel- Amont.
- **Zone à l'aval du Rhumel**: fortes concentrations en nitrites et en matières en suspension dans les stations aval du Rhumel et au Boumerzoug: la Cascade (5), Smara (6), Rsas (7), Sissaoui (8) et Hama Bouziane (9) qui proviennent du lessivage des engrais des terrains avoisinants et de la proximité de ces stations des zones urbaines.
- **Zone du Kebir –Maritime**: Les stations Chegara (11), Rafrat (12), Irdjana (16) et à l'embouchure Djenah (17) sont dans l'ensemble les mieux oxygénées en faveur d'une autoépuration de ces écosystèmes aquatiques.

Ces résultats sont ponctuels et ne reflètent que partiellement l'état physico-chimique des eaux du Kebir-Rhumel. Une étude plus poussée serait souhaitable afin de prendre en considération les variations saisonnières de ces paramètres et ainsi avoir des résultats exhaustifs sur la qualité physico-chimique des eaux du Kebir-Rhumel et ses principaux affluents.

*Cartographie de la qualité des eaux
du Kebir-Rhumel*

IV.7. Etablissement des cartes de qualité des eaux de surface de l'oued Rhumel et ses principaux affluents

Pour établir ces cartes nous avons eu recours au Logiciel Mapinfo version 7.5. MapInfo Professional est un Système d'information géographique (SIG) à l'origine Bureautique créé dans les années 1980 aux États-Unis. Ce logiciel permet de réaliser des cartes en format numérique Il permet de représenter à l'aide d'un système de couches des informations géo-localisées : points, polygones, image raster ... Il incorpore un grand nombre de formats de données, de fonctions cartographiques et de gestion de données.

IV.7.1. Critères de qualité des eaux de surface dans le Kebir-Rhumel

Le réseau de surveillance de qualité des eaux de surface dans le bassin du Kebir-Rhumel, comprend huit stations suivies par l'Agence Nationale des ressources Hydrauliques (Direction régionale de Constantine). Les mesures sont théoriquement réalisées dix à douze fois par an. Elles concernent les paramètres suivants: Température, pH, Conductivité électrique, Oxygène dissous, Turbidité, Matières en suspension, Résidu sec, Calcium, Magnésium, Sodium, Potassium, Chlorures, Sulfates, Carbonates, Bicarbonates, Demande chimique en oxygène, Manganèse, Fer, Matières organiques, Phosphates, Ammonium, Nitrates, Nitrites, Demande biologique en oxygène en cinq jours.

IV.7.2. Classes de qualité des eaux de surface

l'ANRH a adopté des classes de qualité pour chacun des paramètres enregistrée , ces classes sont répertoriées en cinq catégories: Excellente, bonne, passable, médiocre, pollution excessive (Tab.2)

IV.7.3. Cartes de qualité globale des stations étudiées

Nous avons dressé des cartes montrant la classe de qualité globale au niveau de chacune des stations étudiées d'amont en aval. Ces cartes de qualité concernent les mêmes paramètres considérées par l'ANRH dans la grille de qualité globale pour l'évaluation de la qualité des eaux superficielles à savoir: l'oxygène en mg/l et en pourcentage de saturation, la demande biologique en cinq jours, la demande chimique en oxygène, l'ammonium, les nitrates, les nitrites ainsi que les orthophosphates. D'autres paramètres ont été également mesurés c'est le cas des sulfates (SO_4^{2-}), des chlorures (Cl), du magnésium et du calcium (Ca), les matières en suspension (MES), les matières organiques (MO) ainsi que le titre hydrotimétrique (TH).

IV.7. 4. Rythme de l'échantillonnage

- **L'Odonatofaune:** A été échantillonnée durant l'année 2011 d'Avril à Novembre au Kebir-Est, au niveau des 19 stations, ainsi qu'au Kebir-Rhumel dans les 17 stations choisies. Nous avons également intégrés les trente et une stations échantillonnées des oueds Bouhamdane et Seybouse afin de cartographier la répartition de l'odonatofaune au sein des trois bassins versants.
- **Paramètres physico-chimiques:** La température, la vitesse, l'oxygène dissous en mg/l et en pourcentage de saturation, la conductivité, la salinité ont été mesurés *in situ* durant toute la période d'étude (2013) c'est à dire à sept occasions, Quant à la turbidité, elle a été mesurée à six fois.
- **Les paramètres de pollution:** Les nitrates (NO_3), les nitrites (NO_2), l'ammonium (NH_4), les orthophosphates (PO_4^{3-}), les matières en suspension (MES), ont été mesurées à trois occasions. La demande biologique en oxygène en cinq jours (DBO_5), la demande chimique en oxygène (DCO), les chlorures ainsi que les sulfates ont été mesurés à deux occasions aux mois de Juin et Septembre.

NB/ D'autres paramètres tels que le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le titre hydrotimétrique ont été mesurés à trois occasions durant l'année 2013.

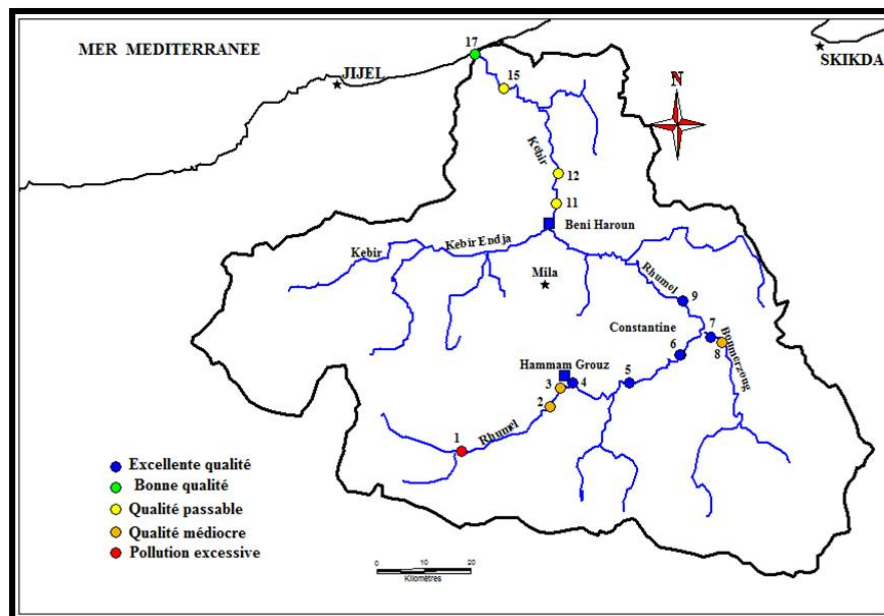


Figure 115 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents:
Demande chimique en oxygène

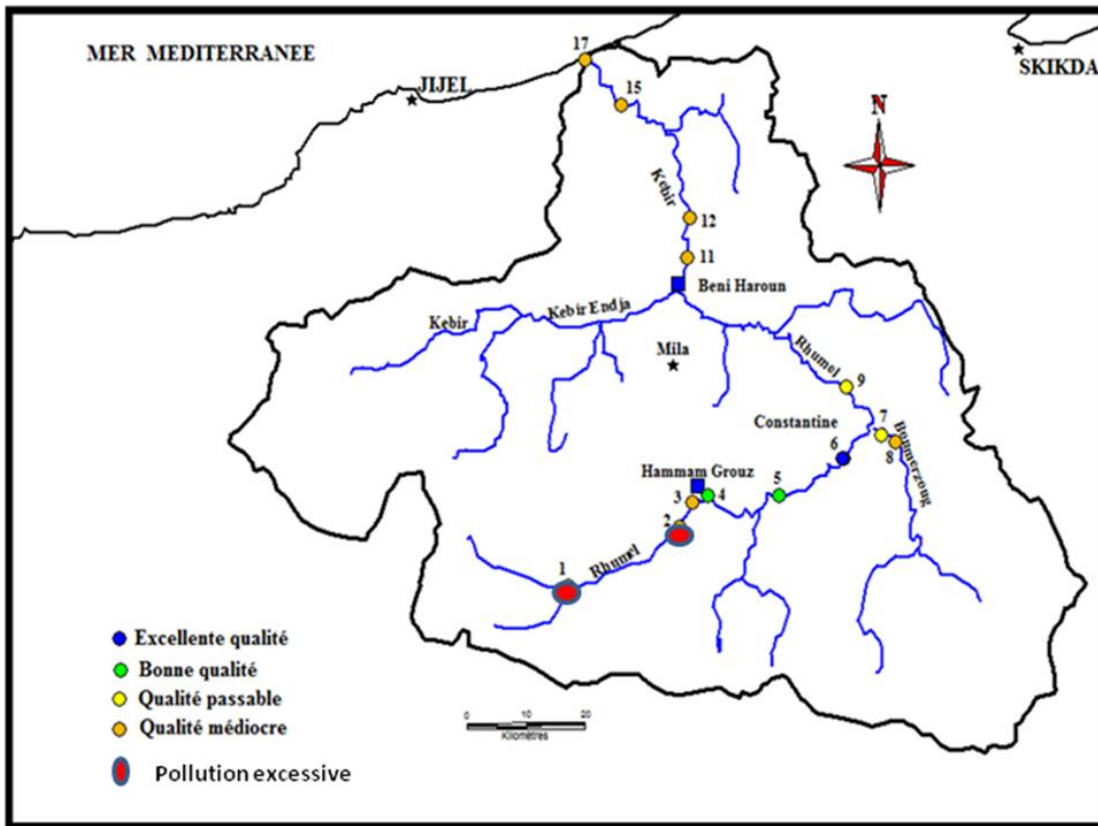


Figure 116 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents:
Demande biologique en oxygène en cinq jours

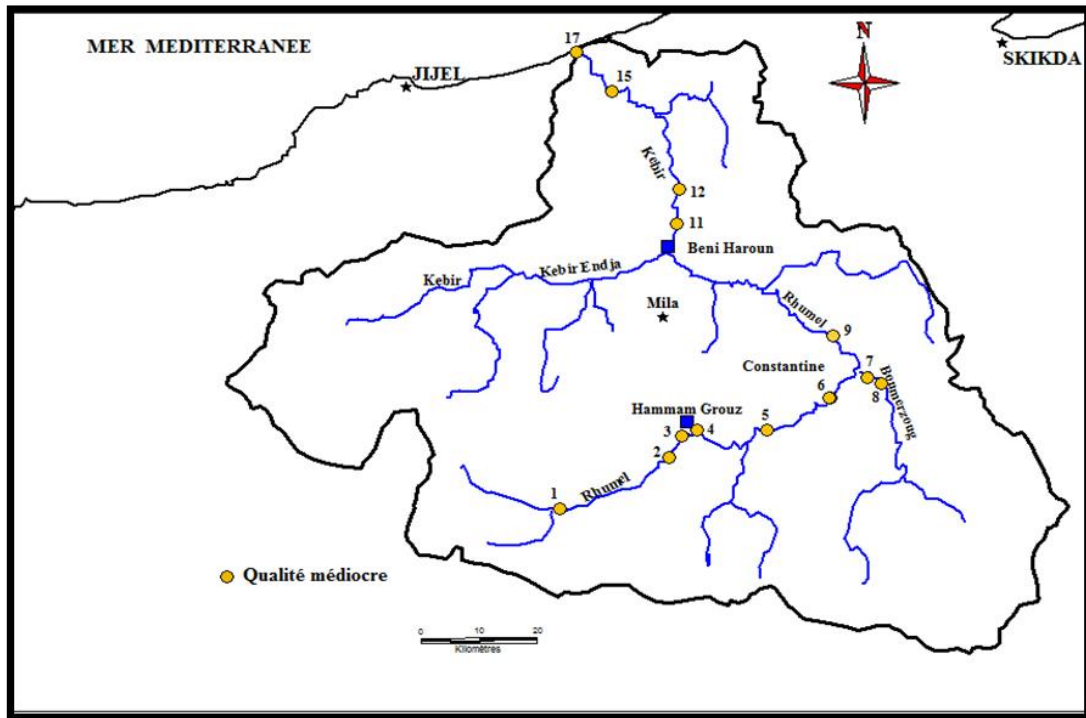


Figure 117 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents:
Oxygène en pourcentage de saturation

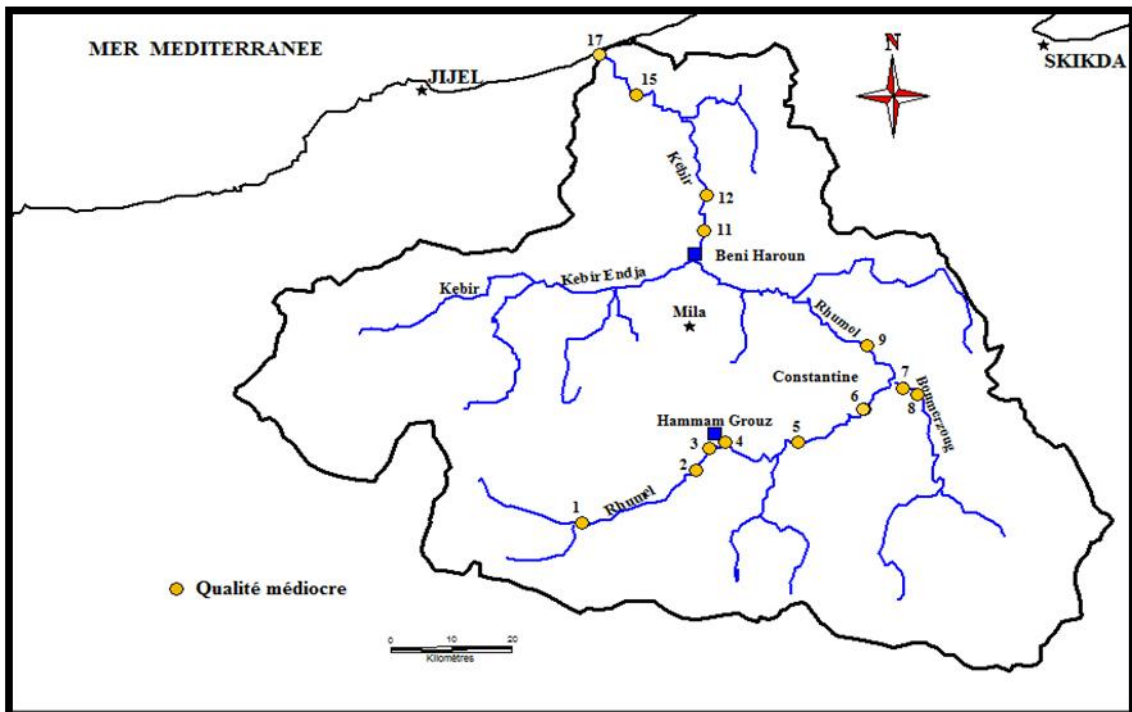


Figure 118 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents:
Oxygène en milligramme par litre

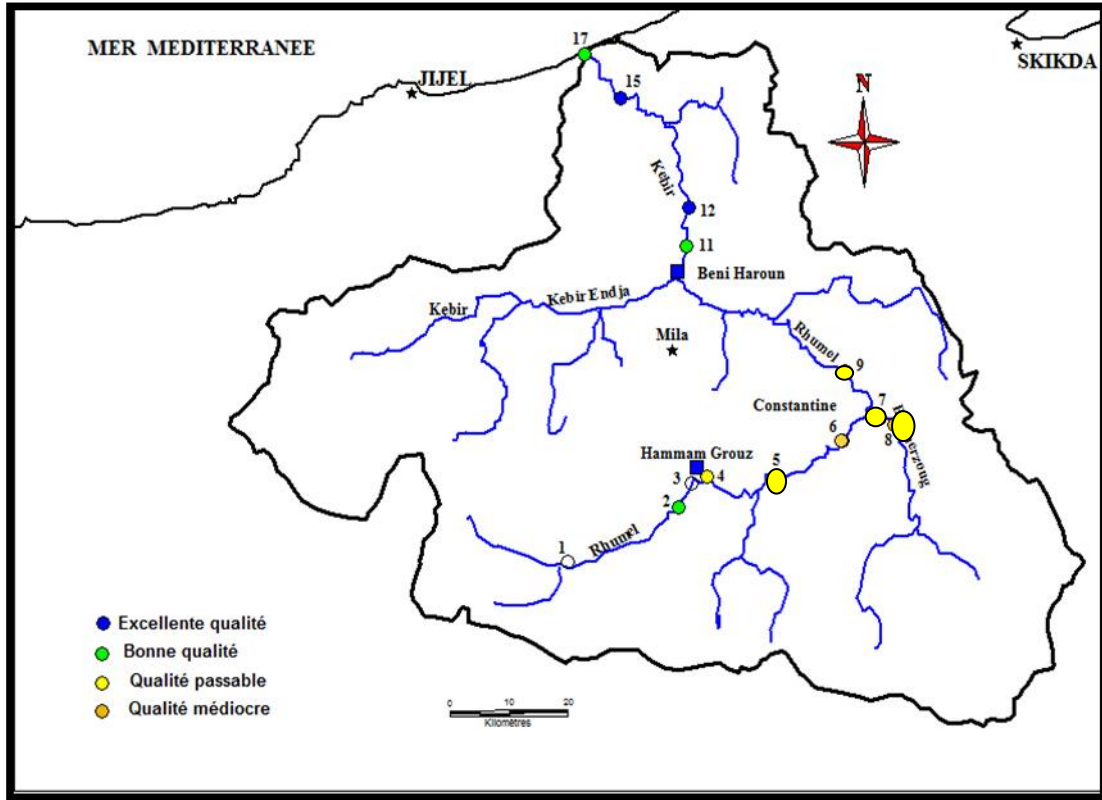


Figure 119 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en nitrites

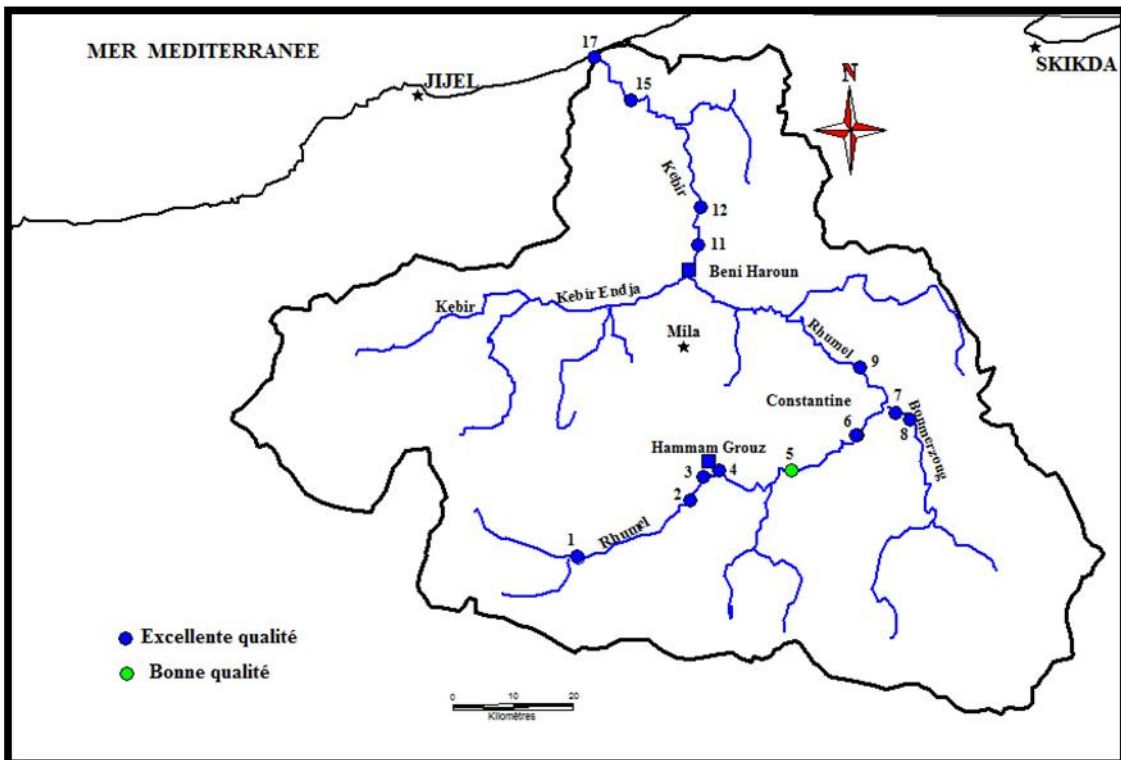


Figure 120 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en nitrates

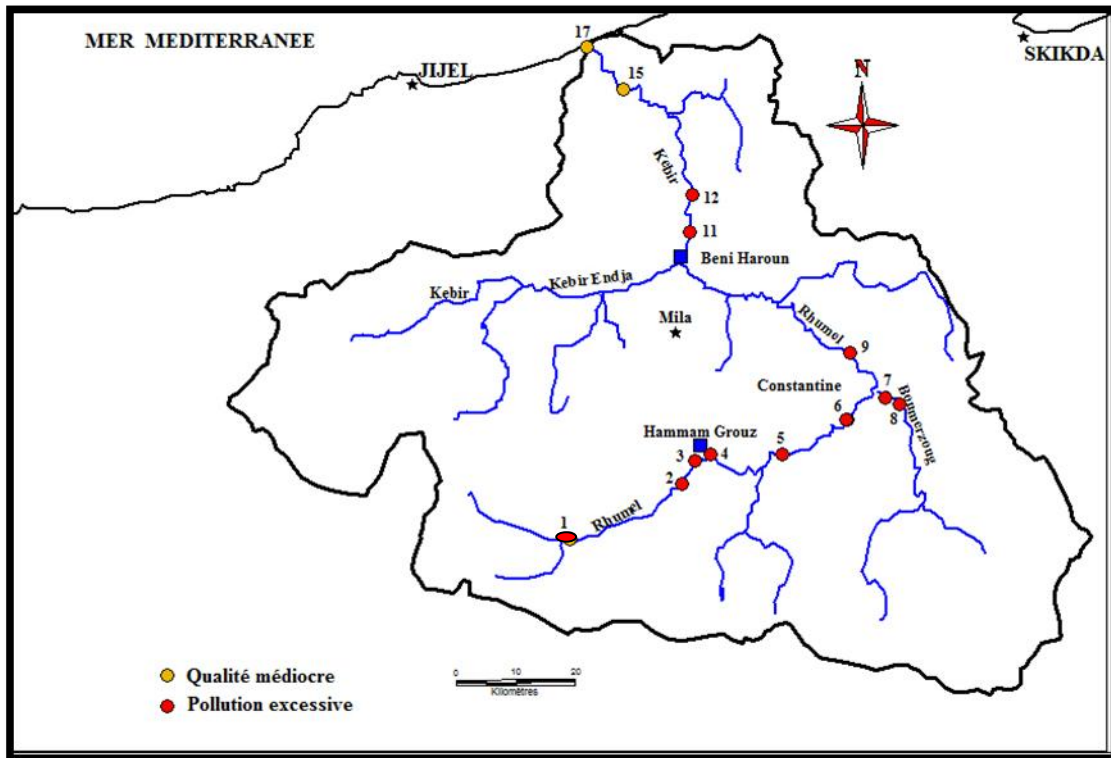


Figure 121 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en ammonium

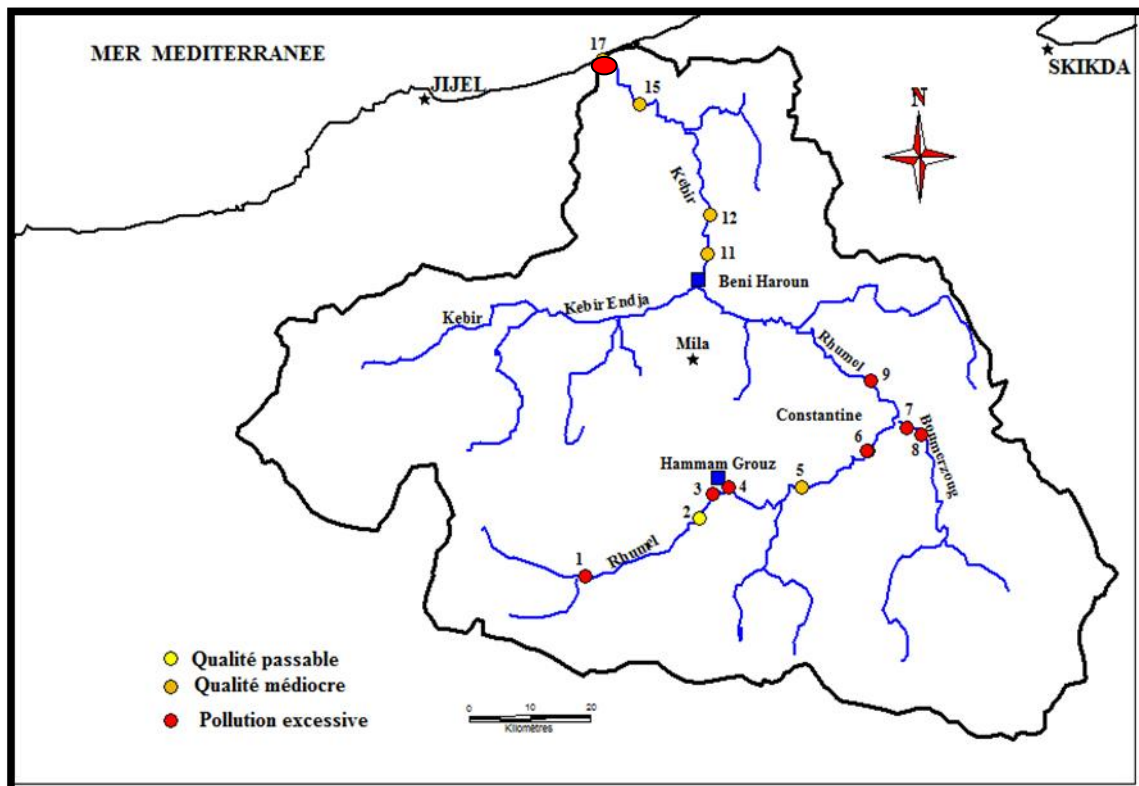
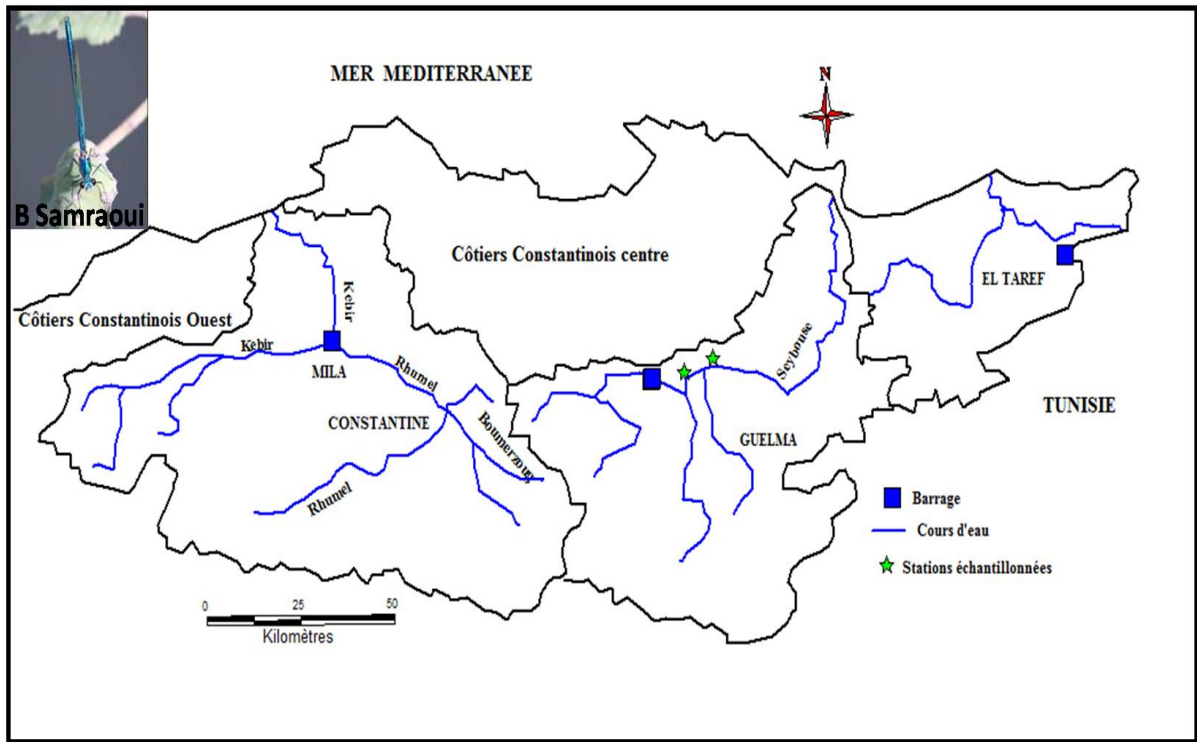


Figure 122 : Carte de qualité des eaux du Kebir -Rhumel et ses principaux affluents: Concentrations en Orthophosphates

*Cartographie de distribution des
espèces sur les trois bassins -
versants*

a)



b)

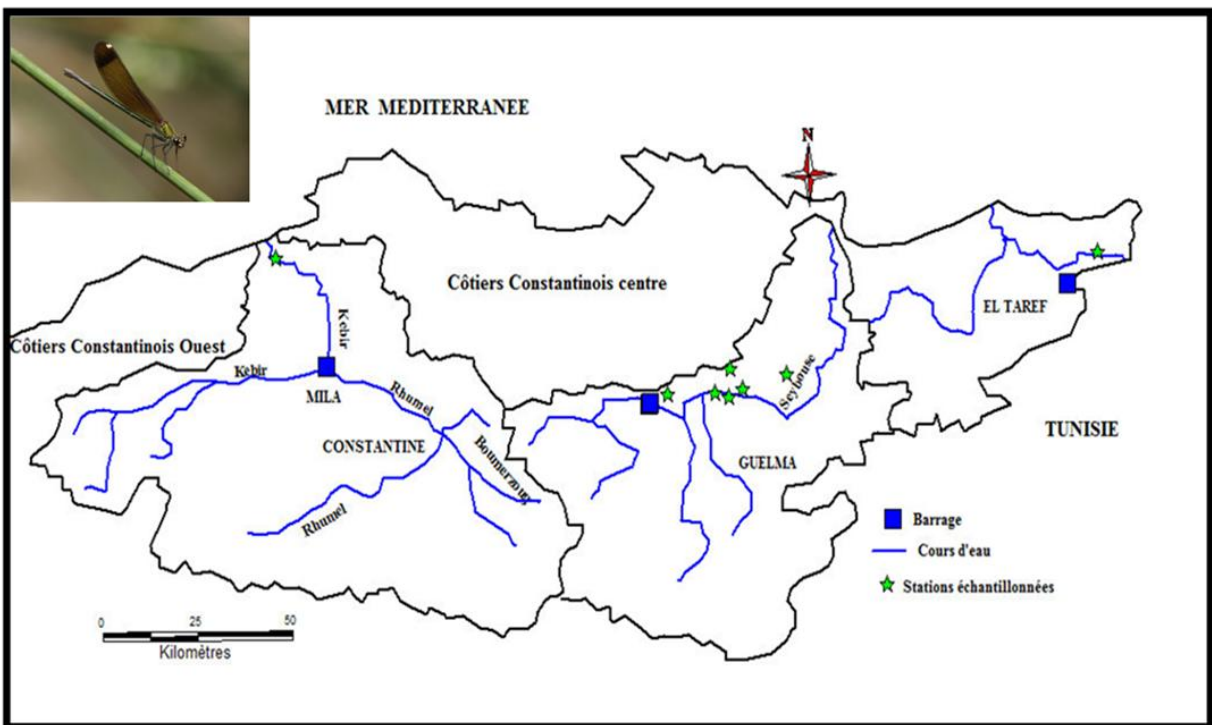
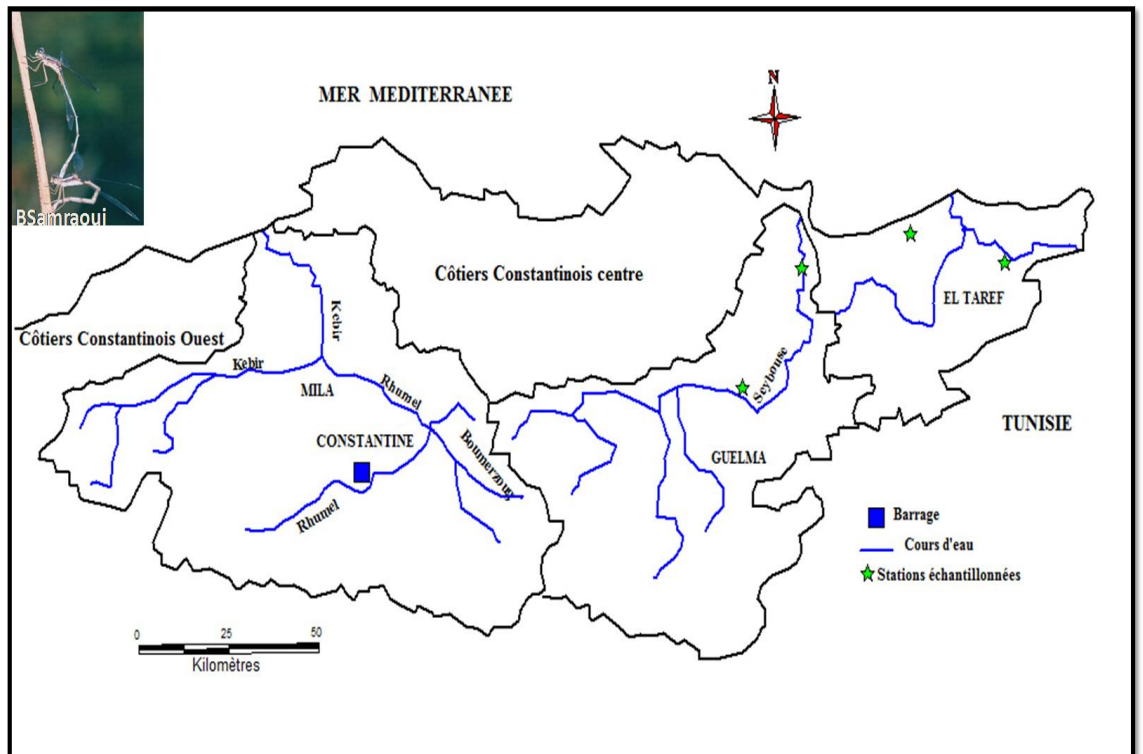


Figure 123 a) et b) : Répartition spatiale de *Calopteryx exul* et *Calopteryx haemorrhoidalis*

a)



b)

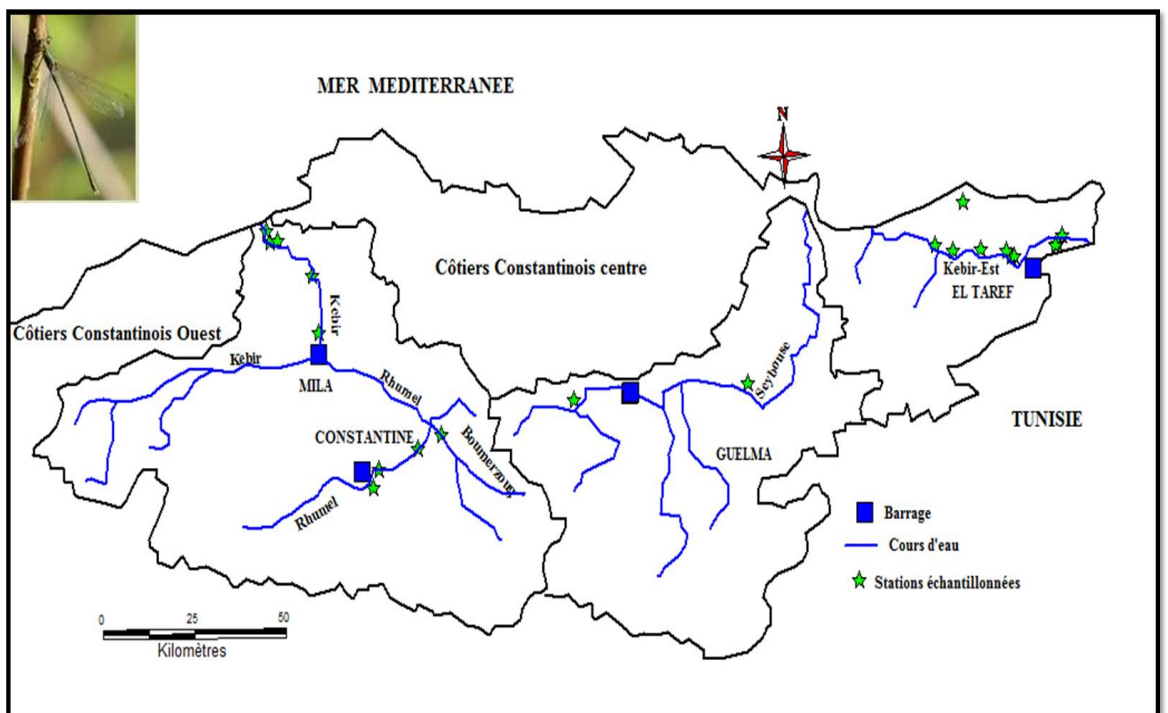
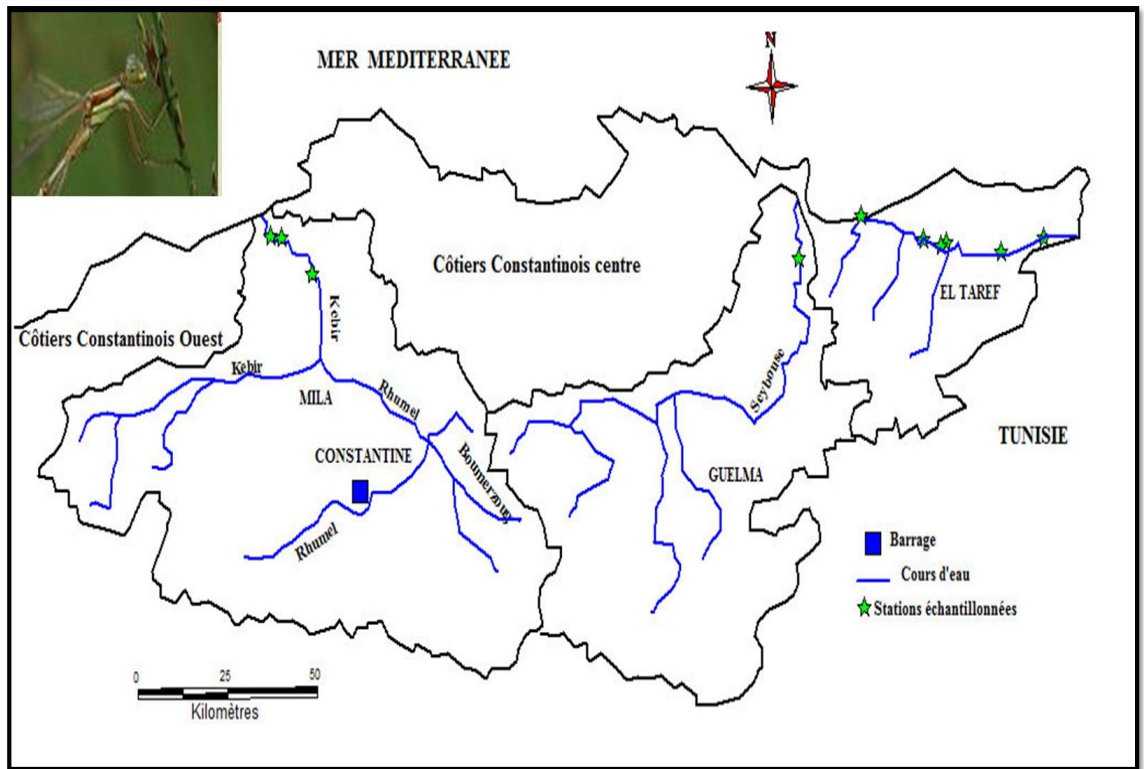


Figure 124 a) et b) : Répartition spatiale de *Lestes numidicus* et *Lestes viridis*

a)



b)

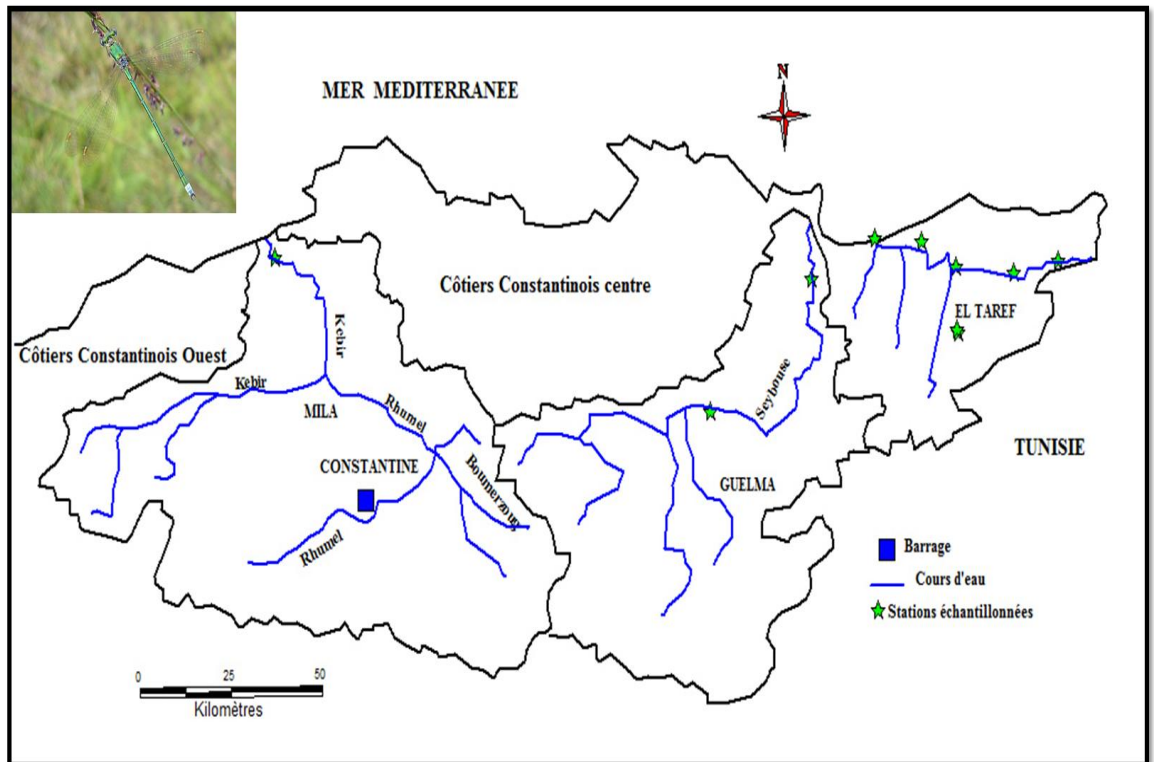
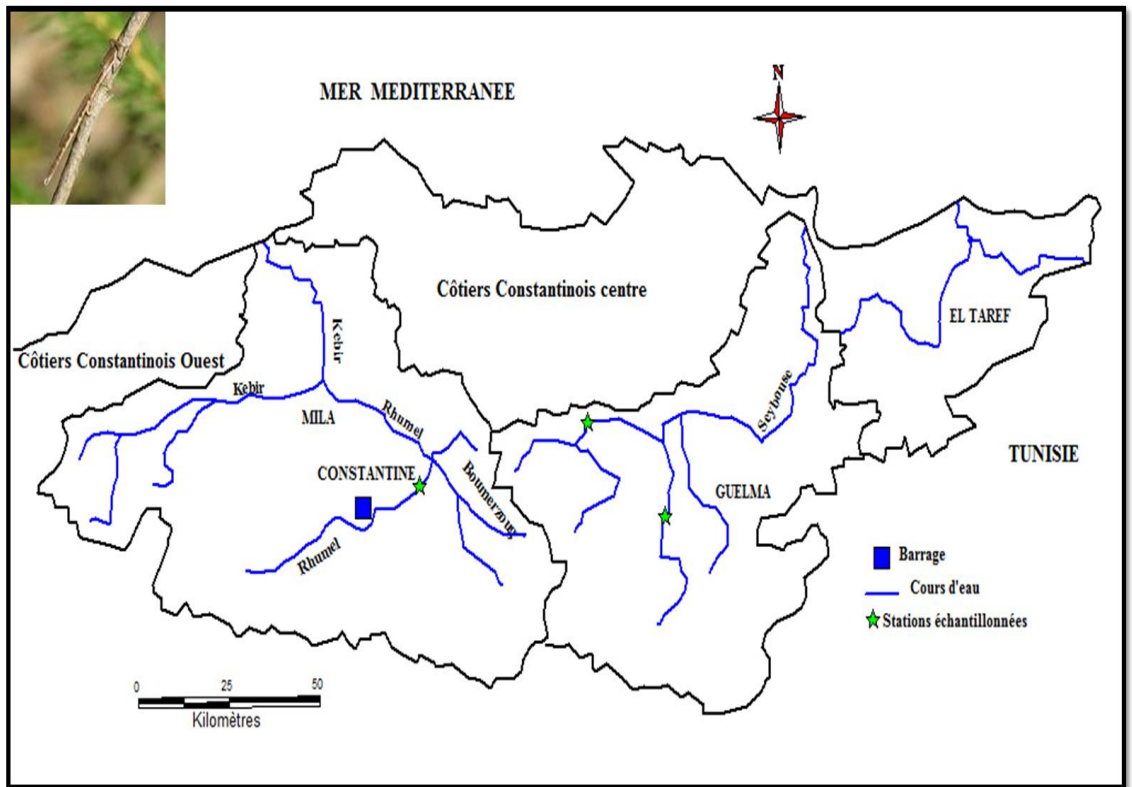


Figure 125 a) et b) : Répartition spatiale de *Lestes barbarus* et *Lestes virens*

a)



b)

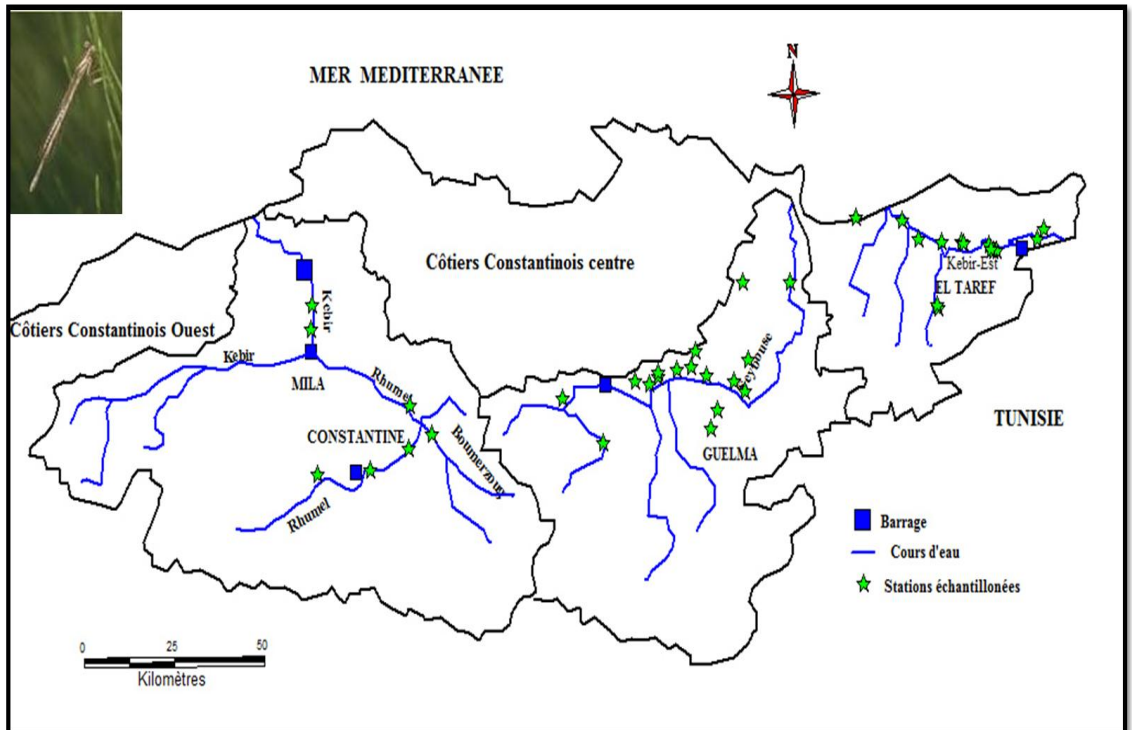
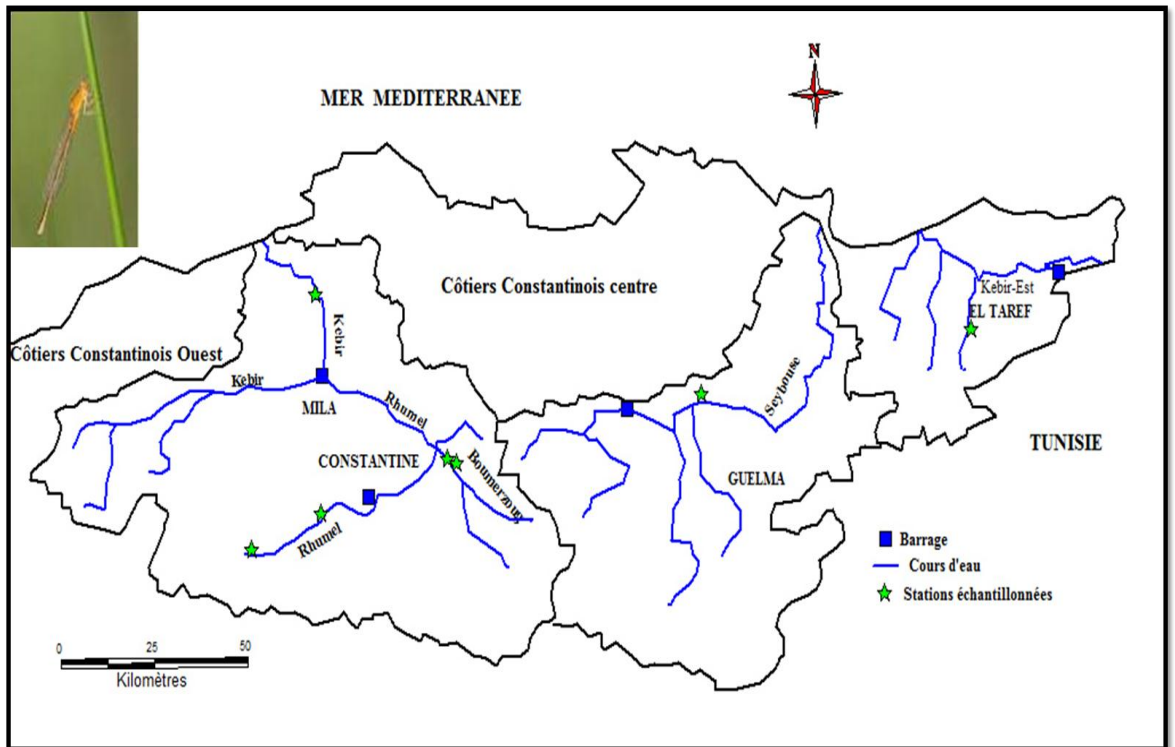


Figure 126 a) et b) : Répartition spatiale de *Sympecma fusca* et *Platycnemis subdilata*

a)



b)

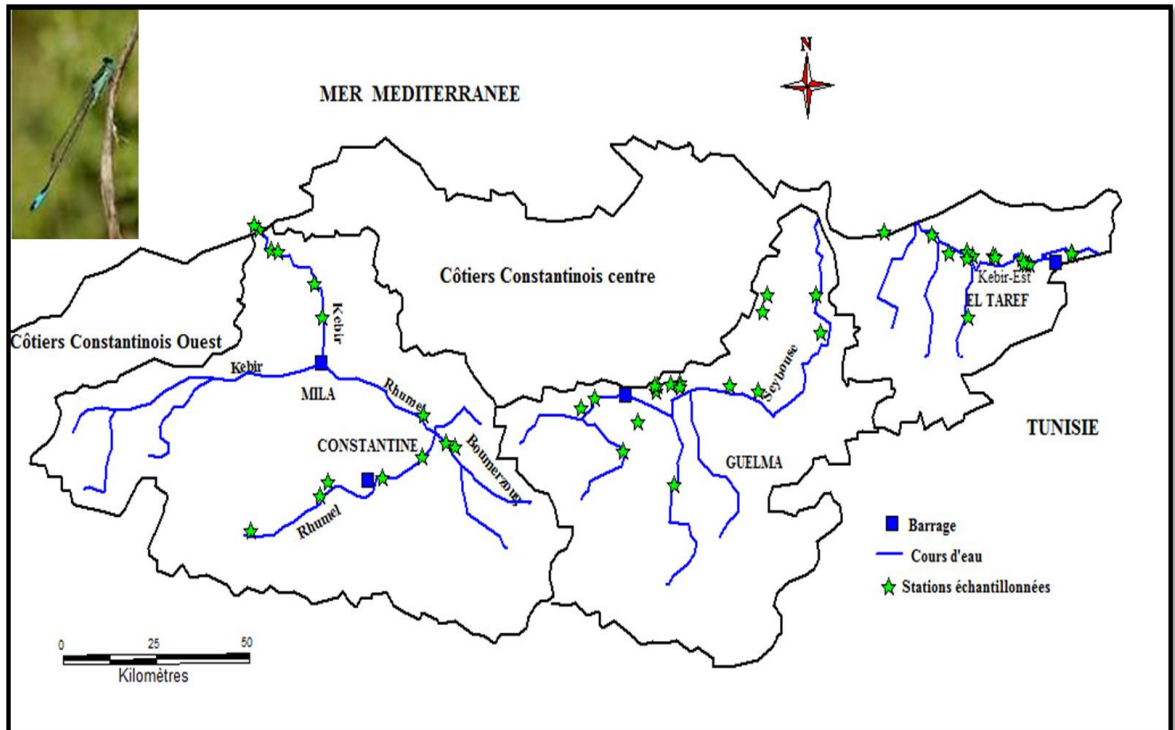
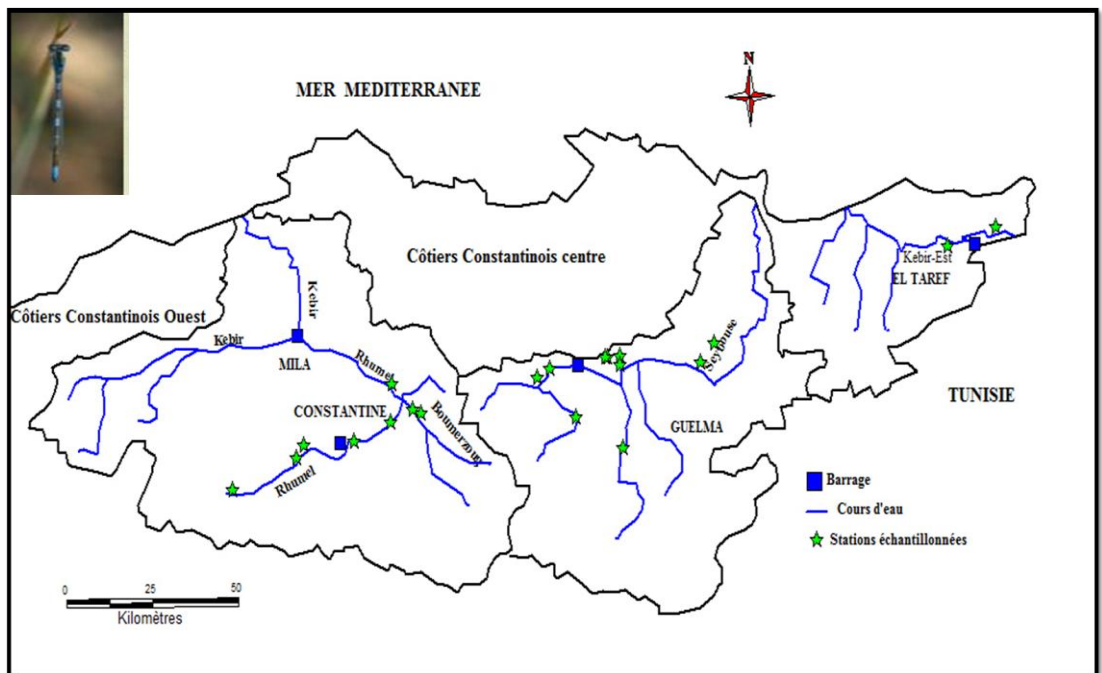


Figure 127 a) et b) : Répartition spatiale d'*Ischnura pumilio* et *Ischnura graellsii*

a)



b)

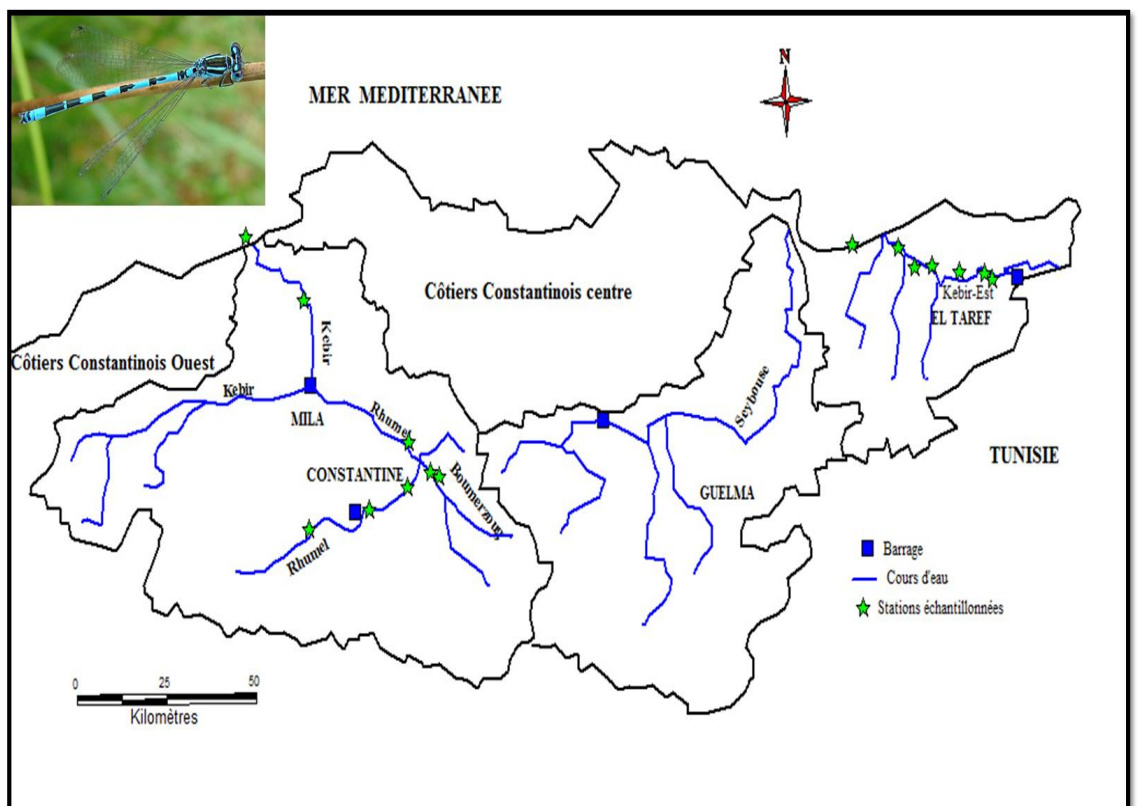
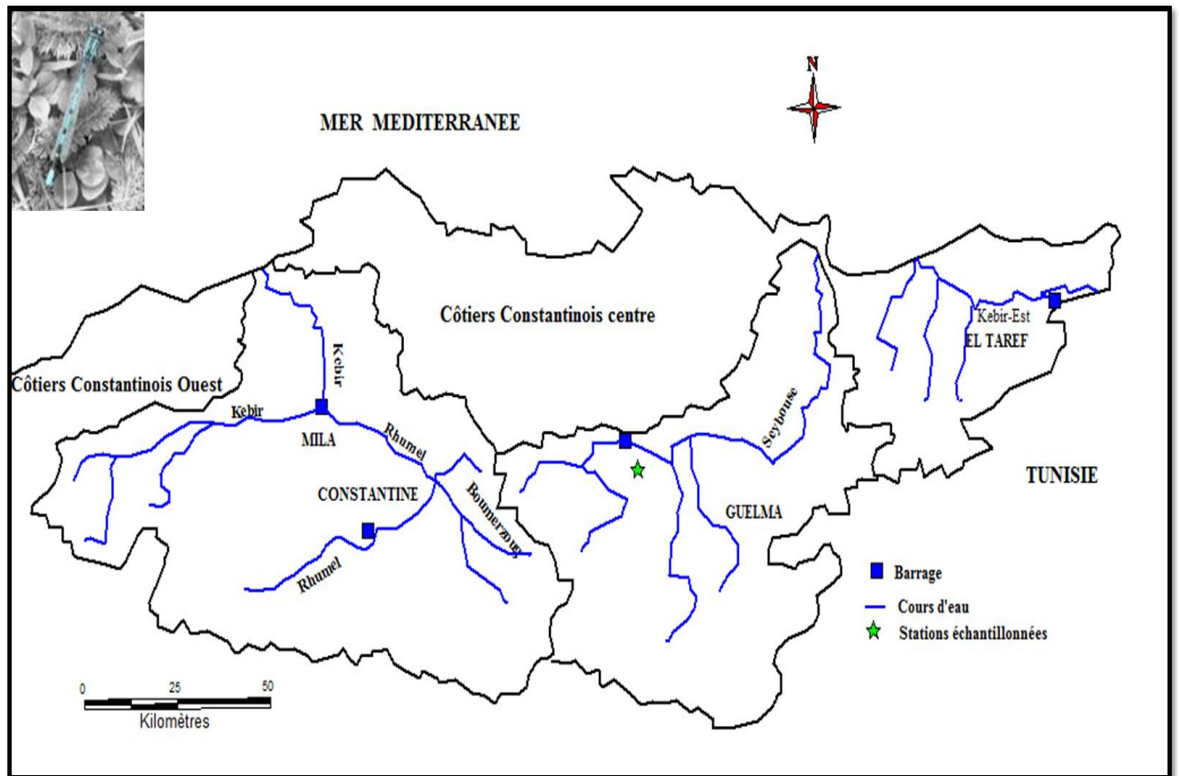


Figure 128 a) et b) : Répartition spatiale de *Coenagrion coerulescens* et *Coenagrion mercuriale*

a)



b)

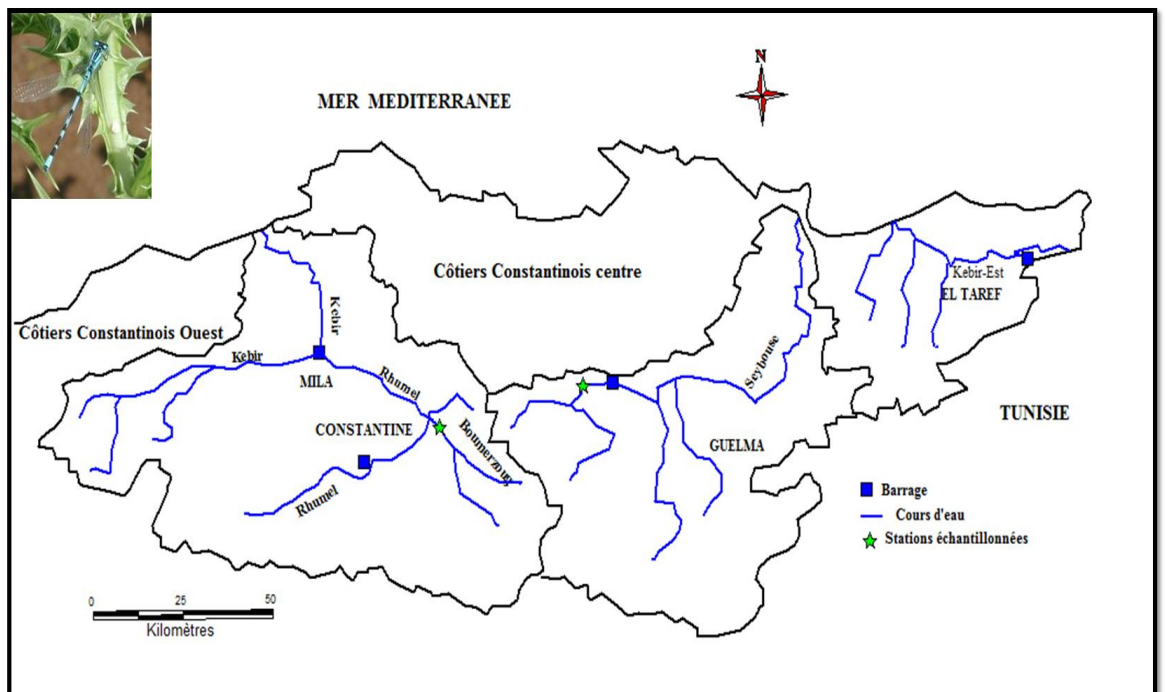
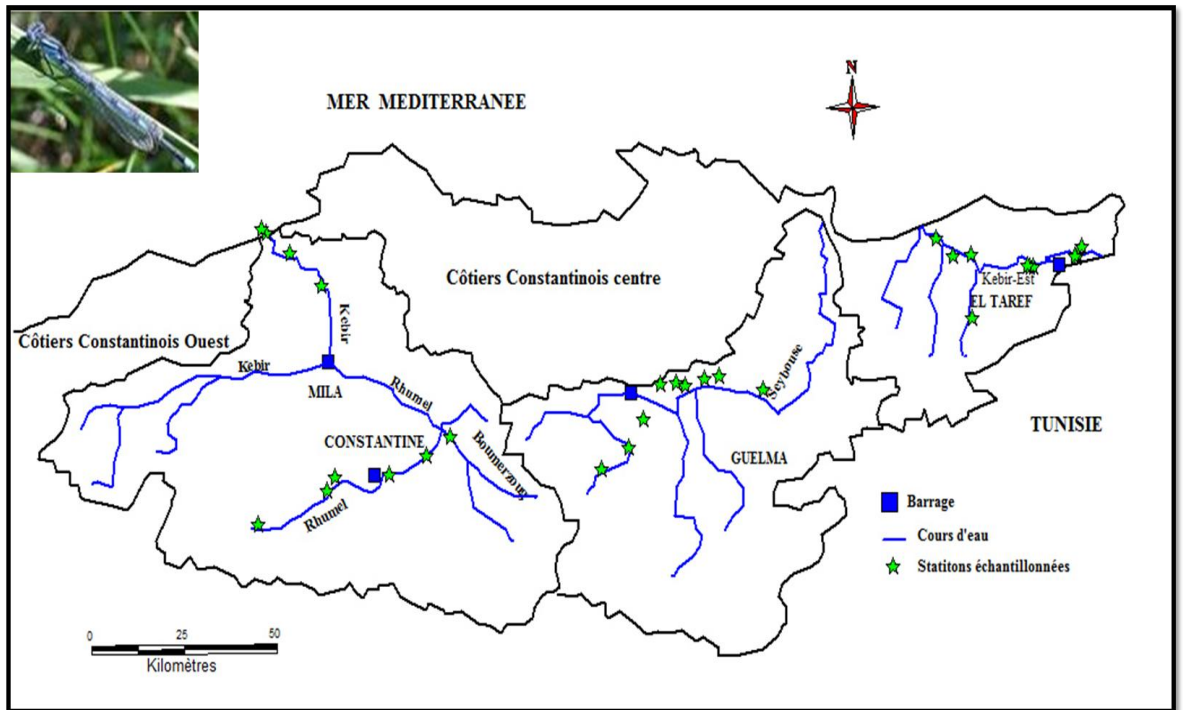


Figure 129 a) et b) : Répartition spatiale de *coenagrion puella* et *Enallagma deserti*

a)



b)

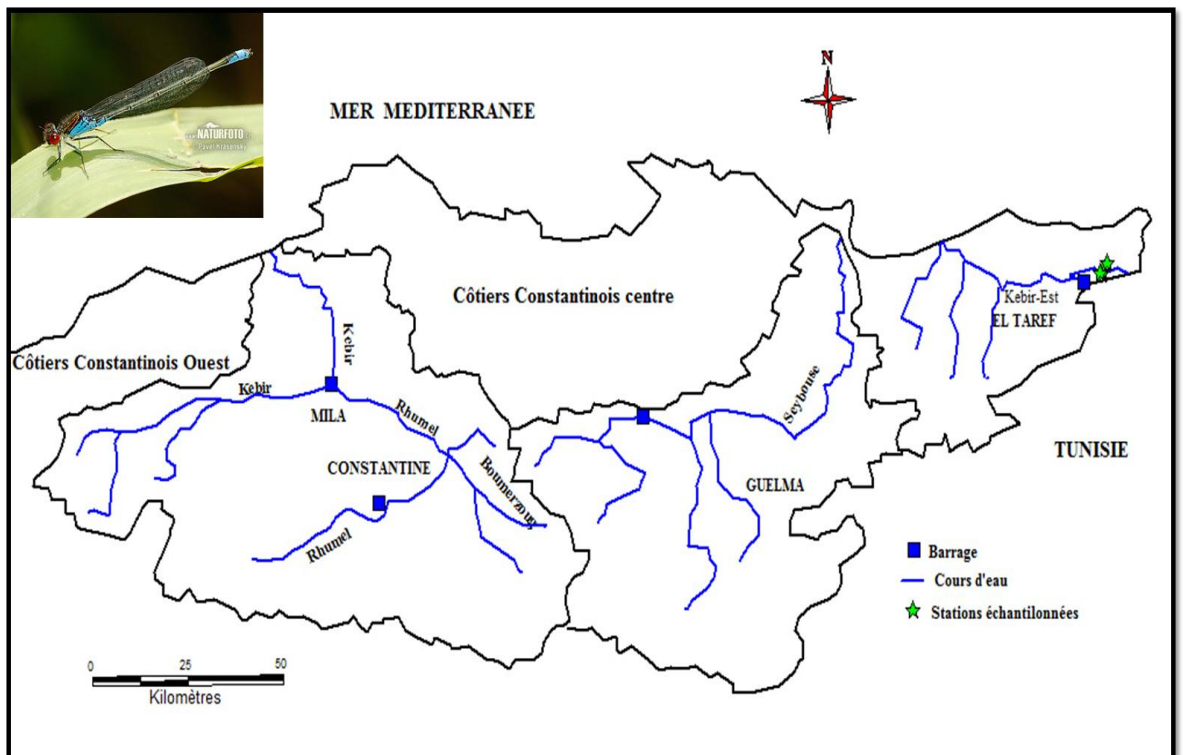
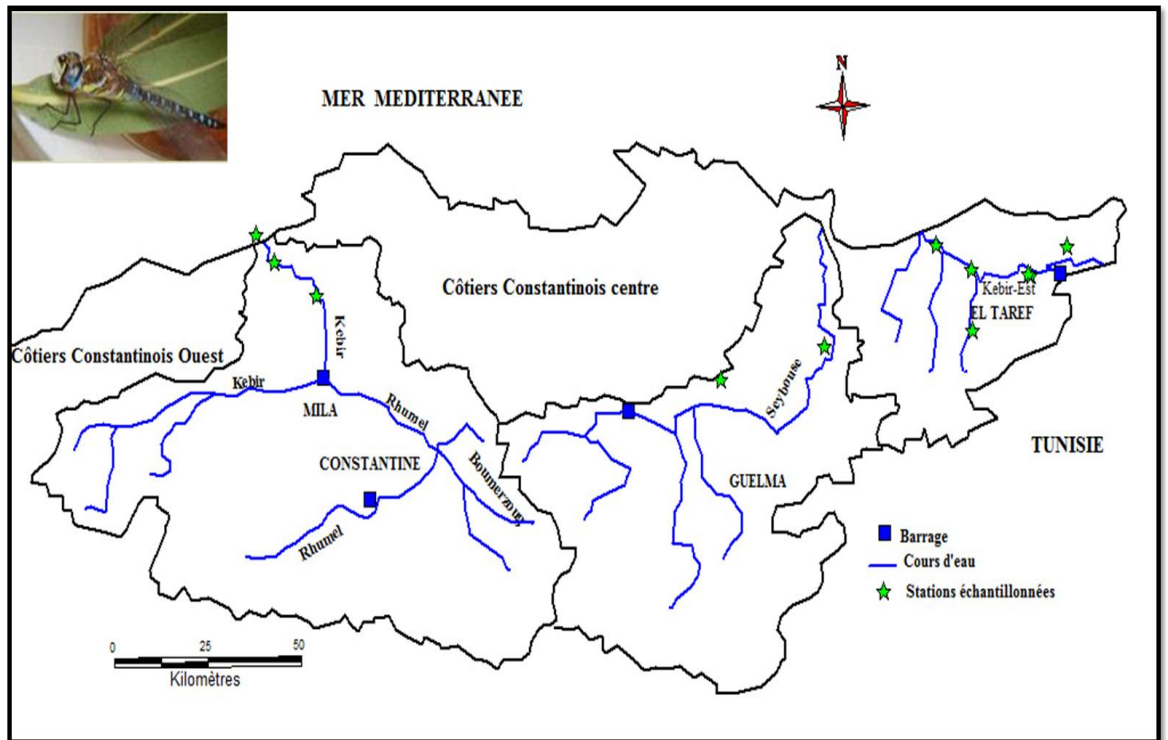


Figure 130 a) et b) : Répartition spatiale d'*Erythromma lindeni* et *Erythromma viridulum*

a)



b)

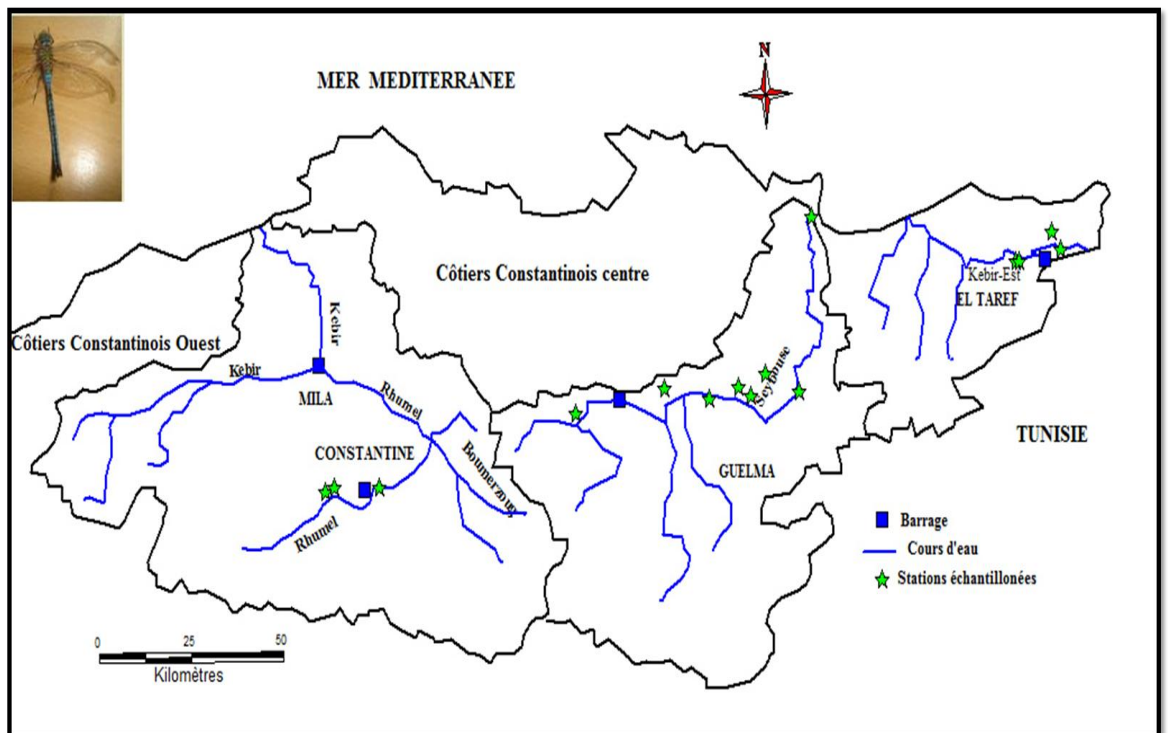
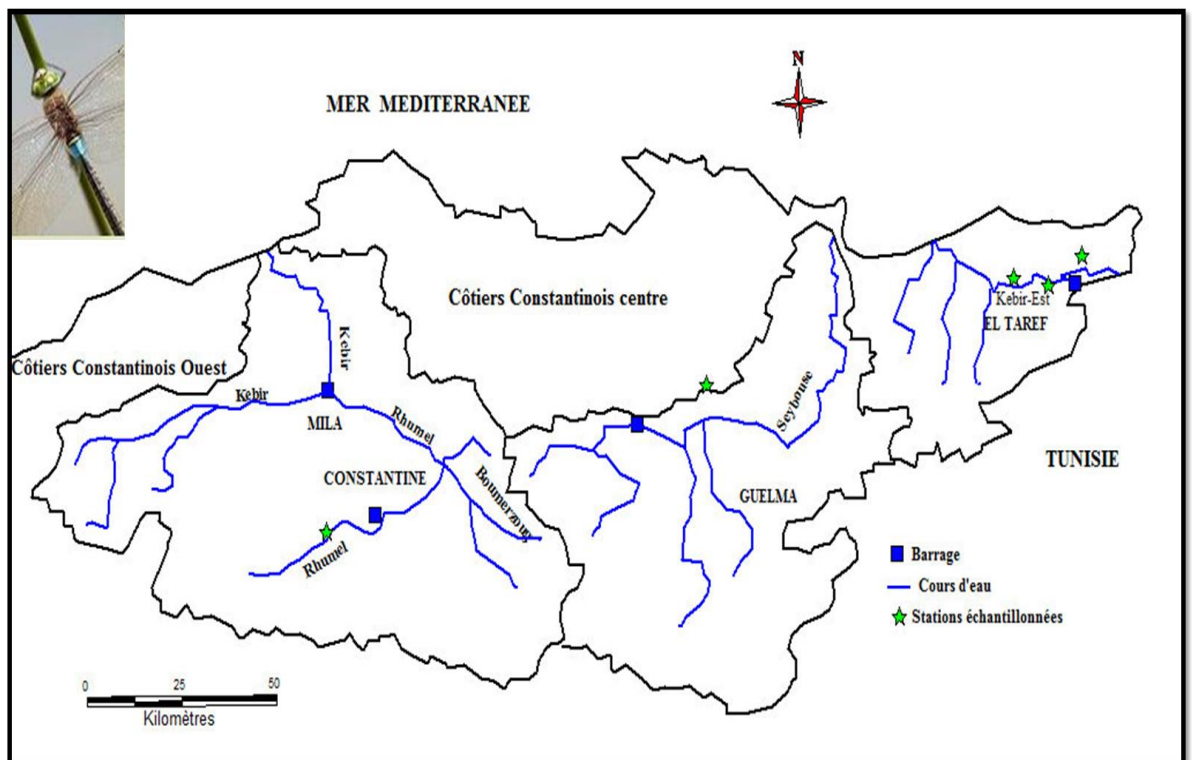


Figure 131 a) et b) : Répartition spatiale d'*Aeshna mixta* et *Anax imperator*

a)



b)

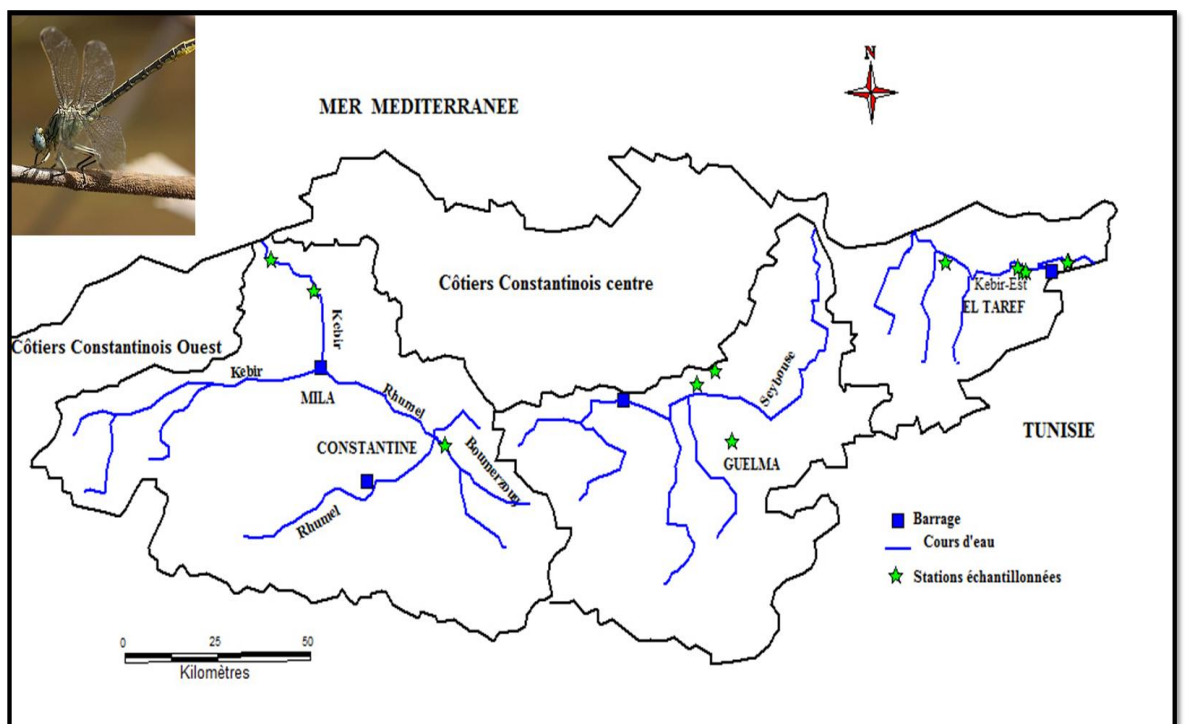
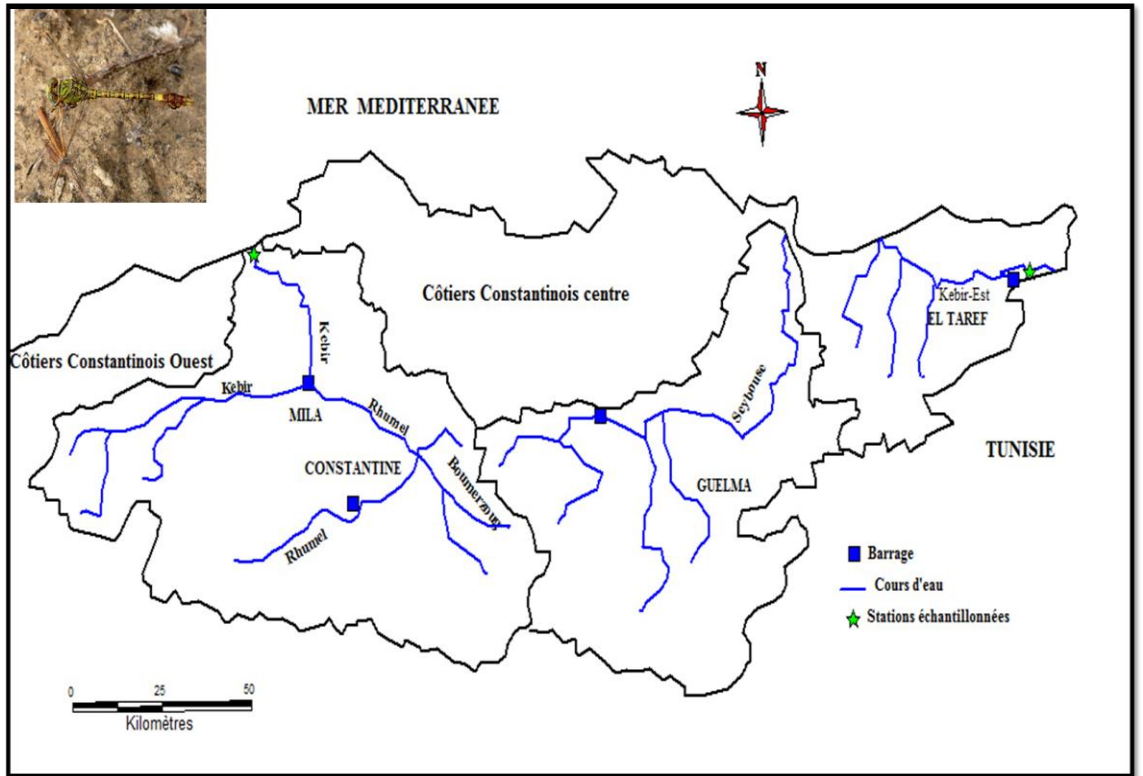


Figure 132 a) et b) : Répartition spatiale d'*Anax parthenope* et *Gomphus lucasii*

a)



b)

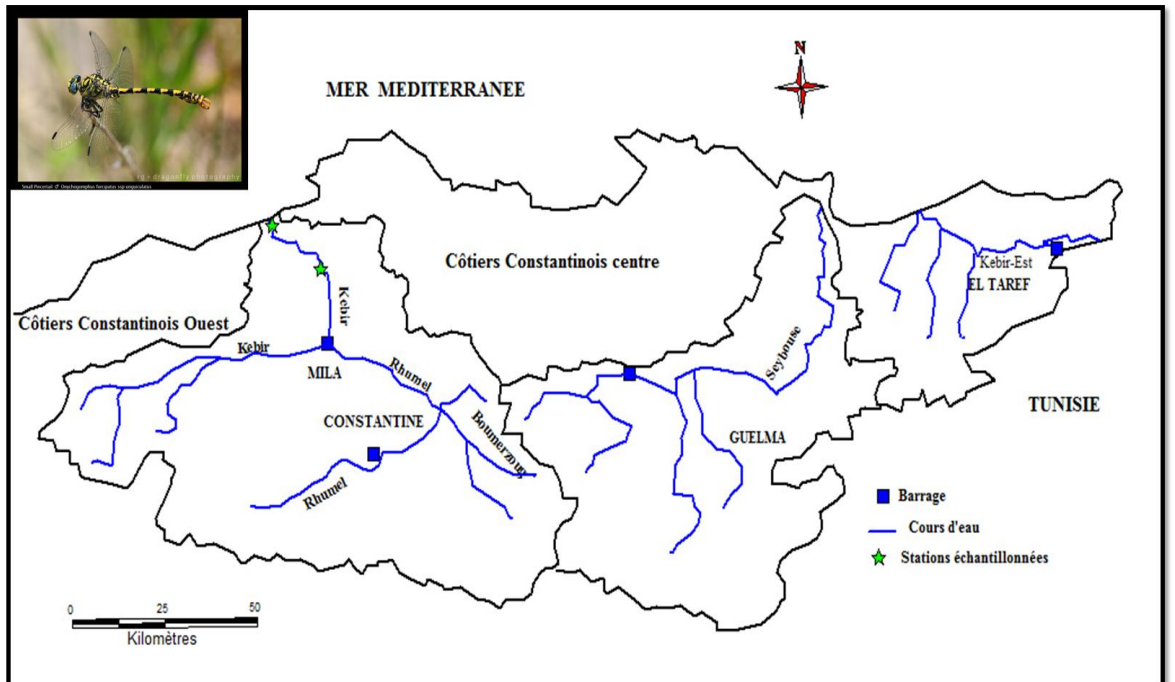
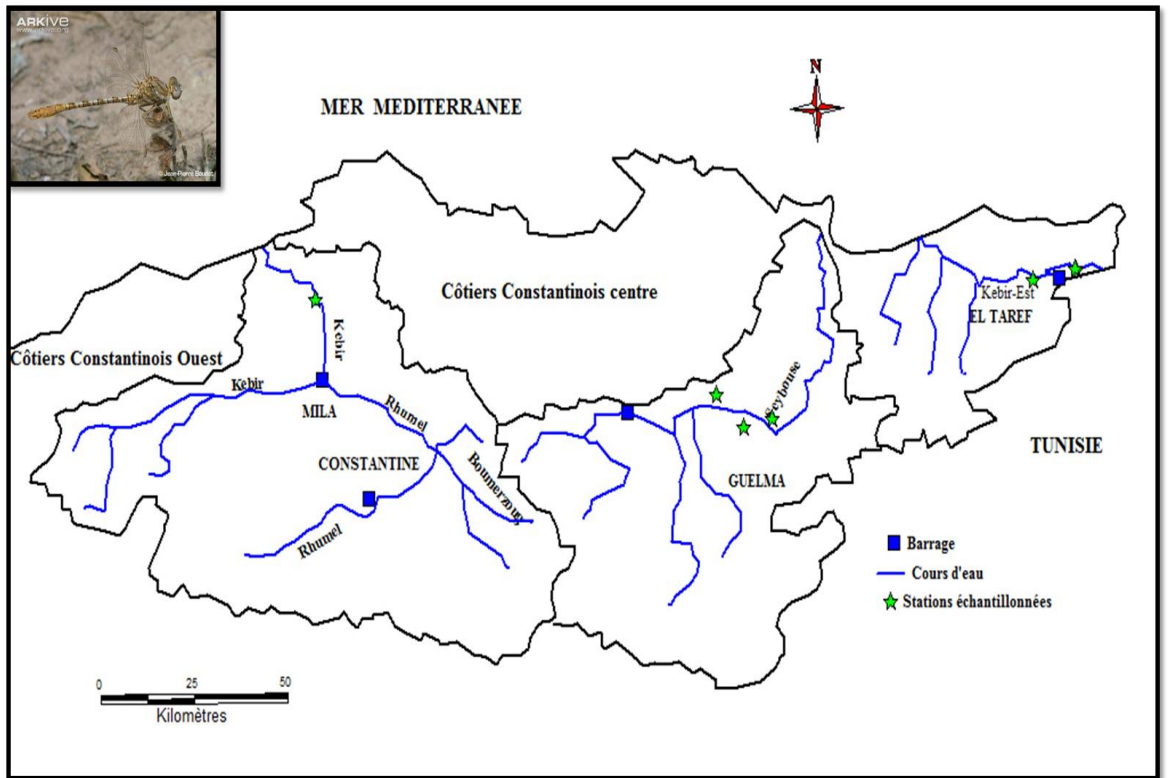


Figure 133 a) et b) : Répartition spatiale de *Paragomphus genei* et *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*

a)



b)

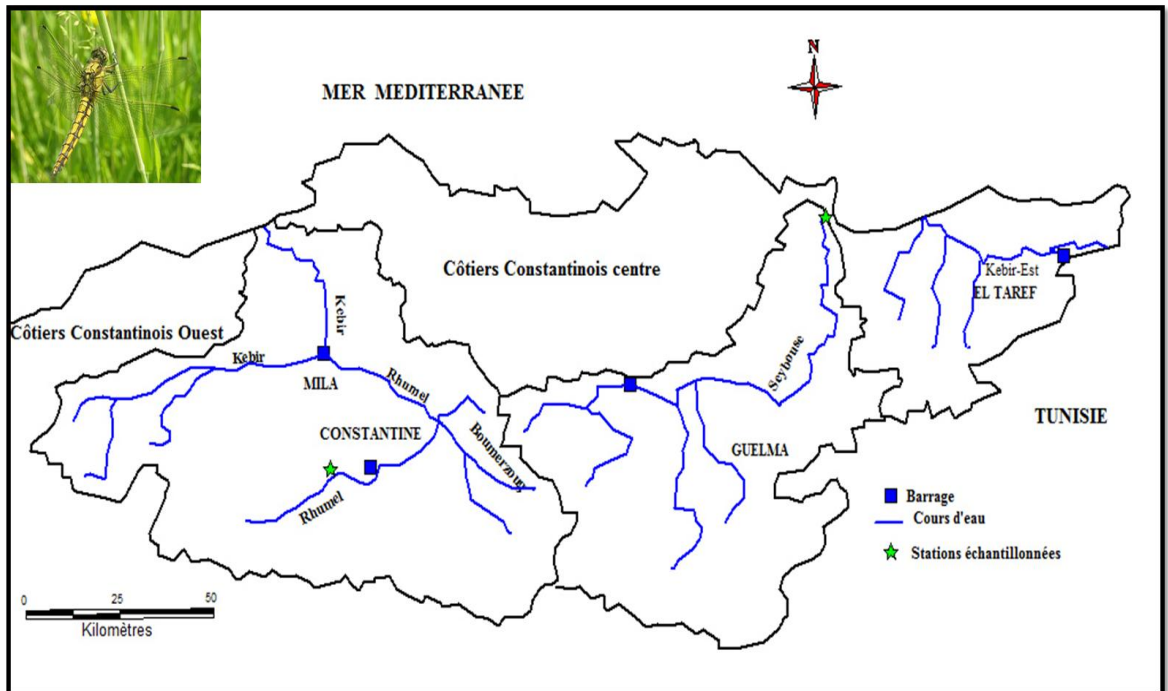
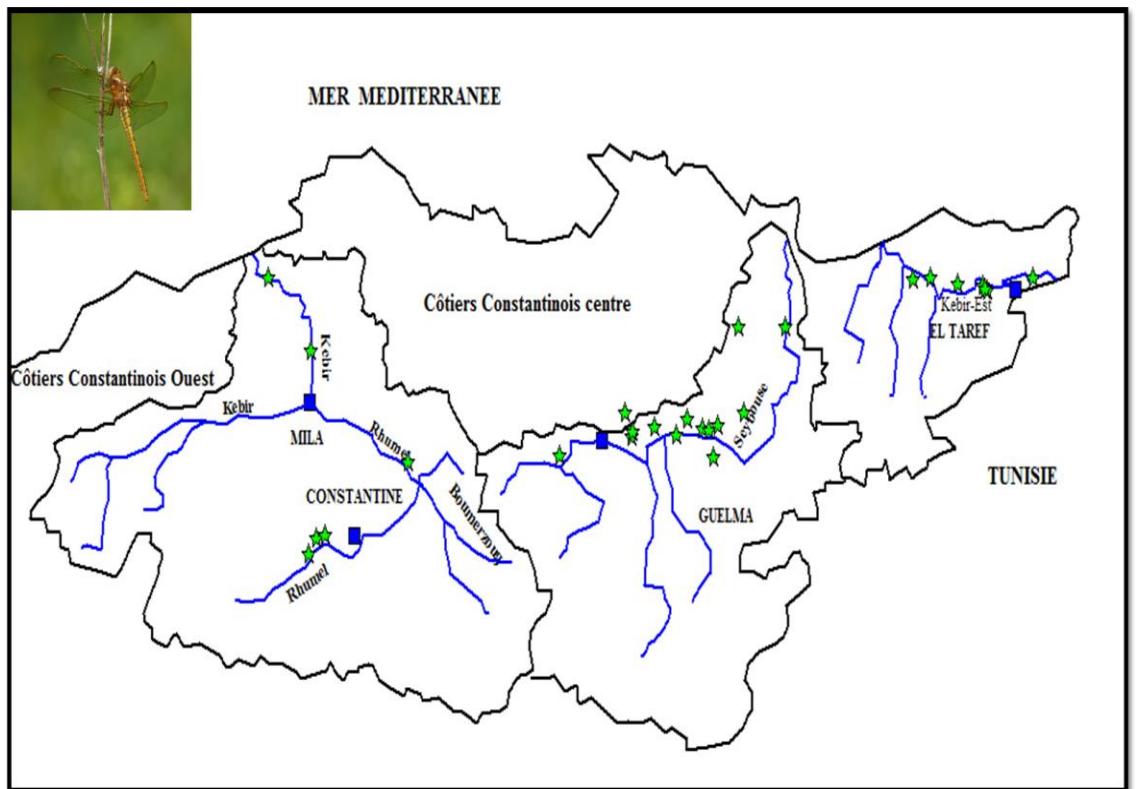


Figure 134 a) et b) : Répartition spatiale d'*Onychogomphus costae* et *Orthetrum cancellatum*

a)



b)

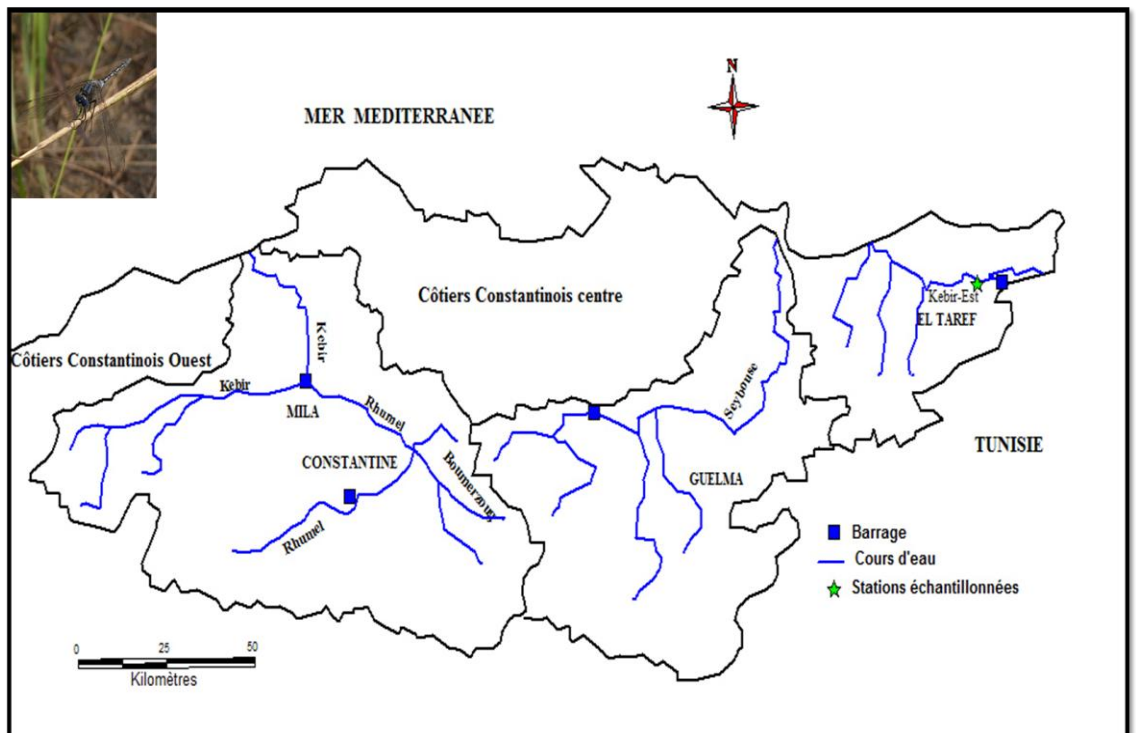
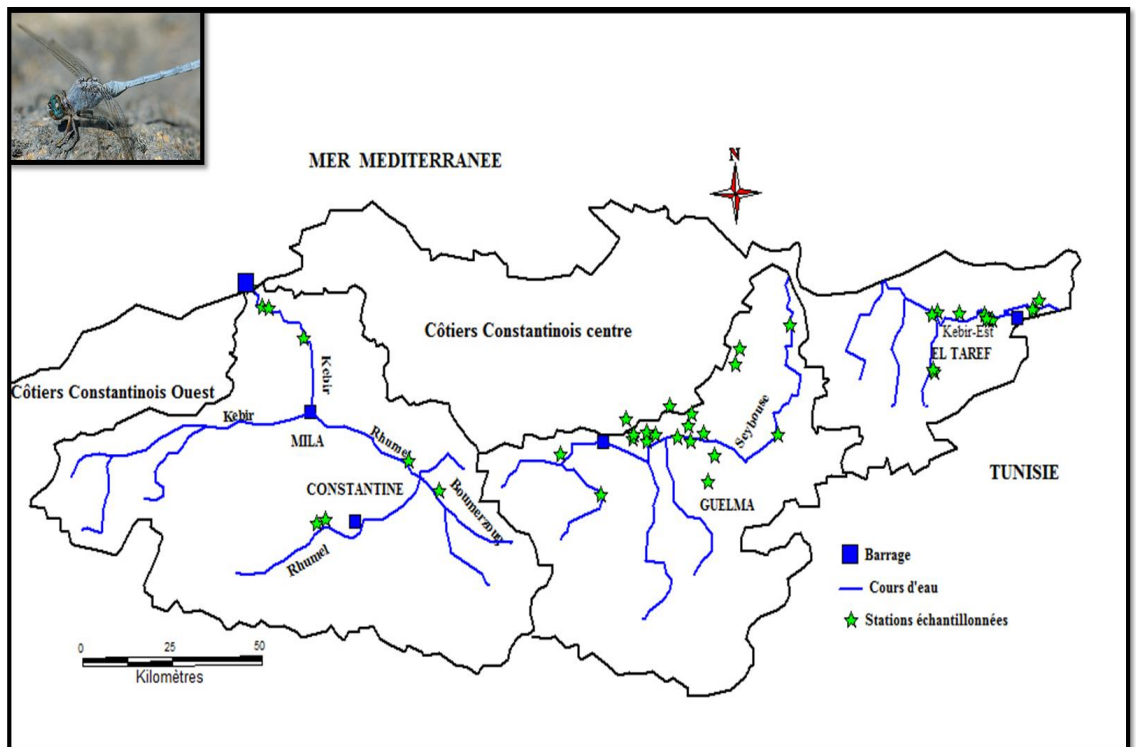


Figure 135 a) et b) : Répartition spatiale d'*Orthetrum coerulescens* et *orthetrum trinacria*

a)



b)

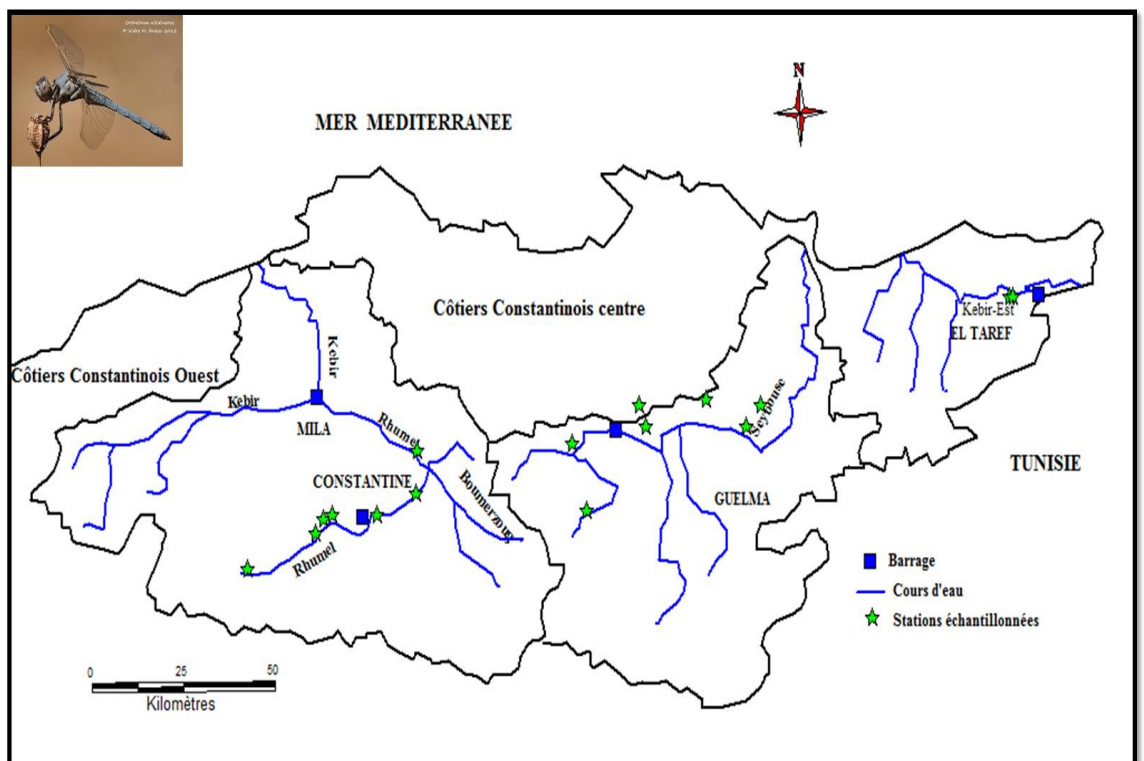
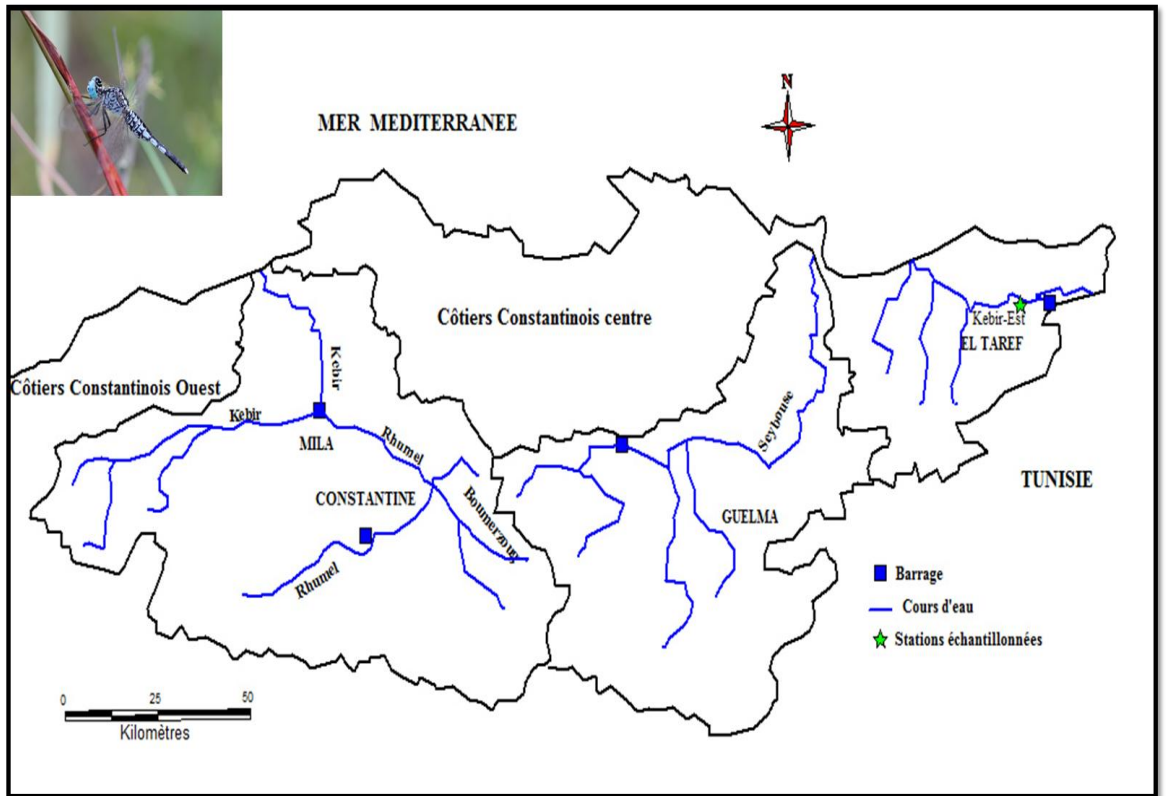


Figure 136 a) et b) : Répartition spatiale d'*Orthetrum chrisostigma* et *orthetrum nitidinerve*

a)



b)

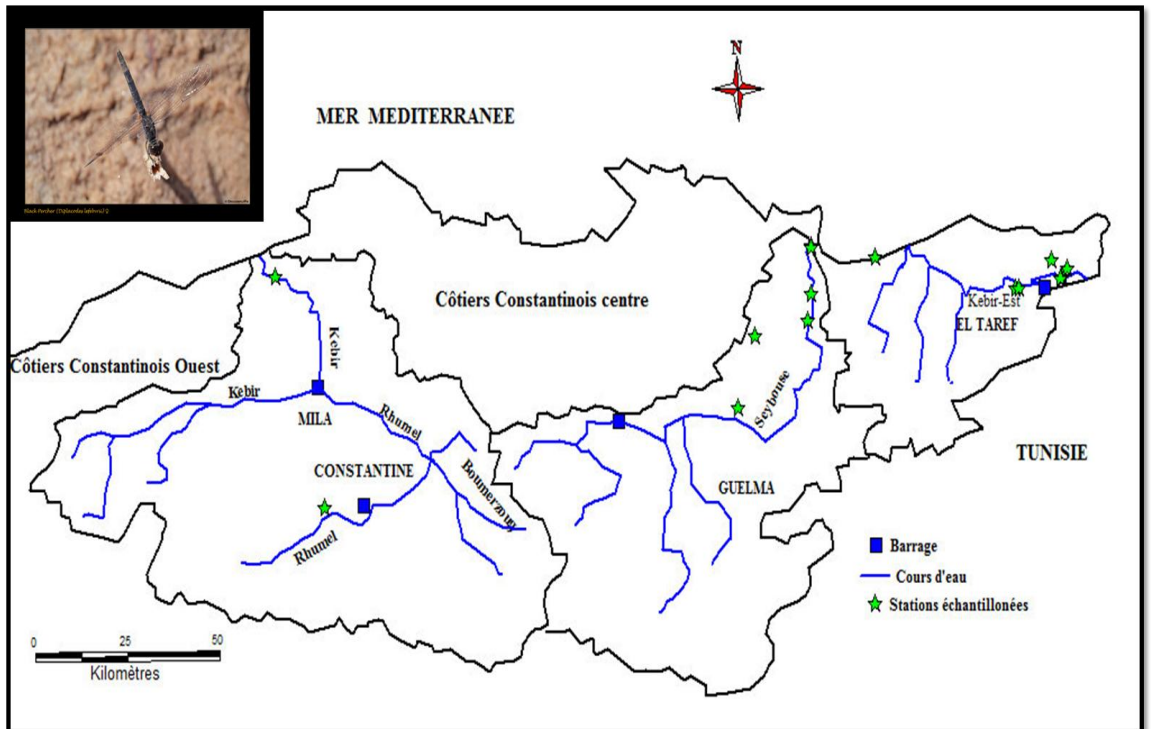
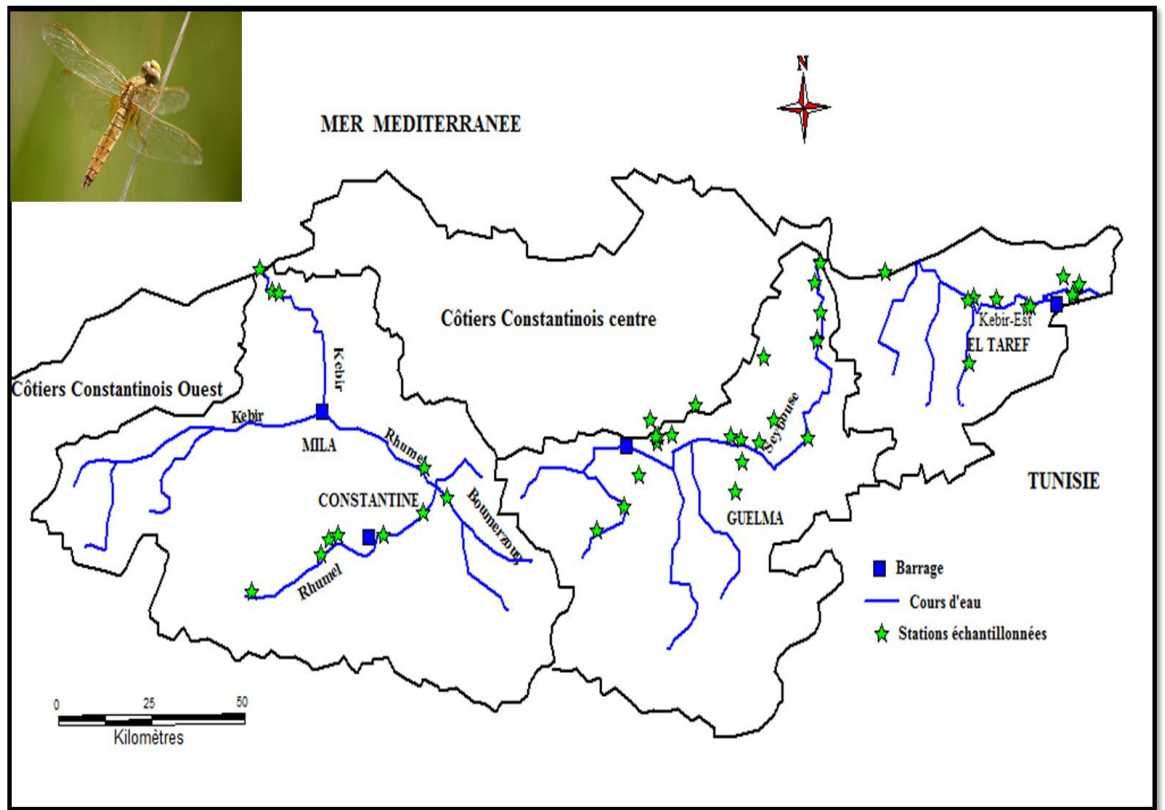


Figure 137 a) et b) : Répartition spatiale d'*Acisoma inflatum* et *Diplacodes lefebvrei*

a)



b)

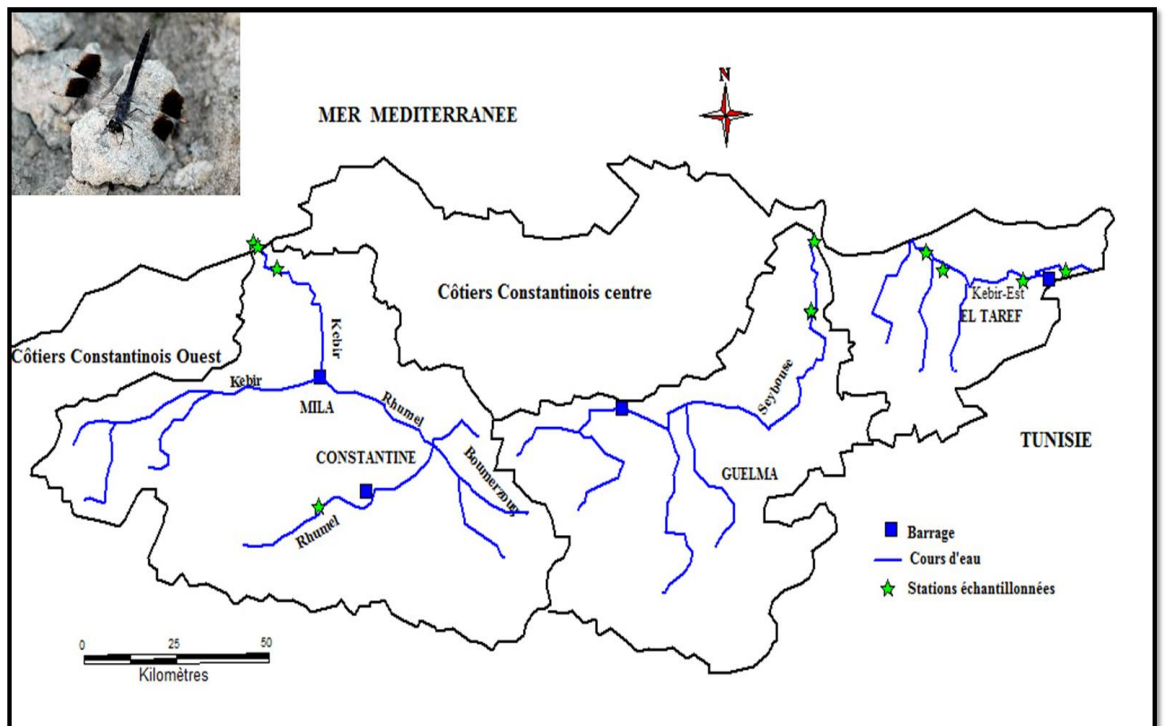
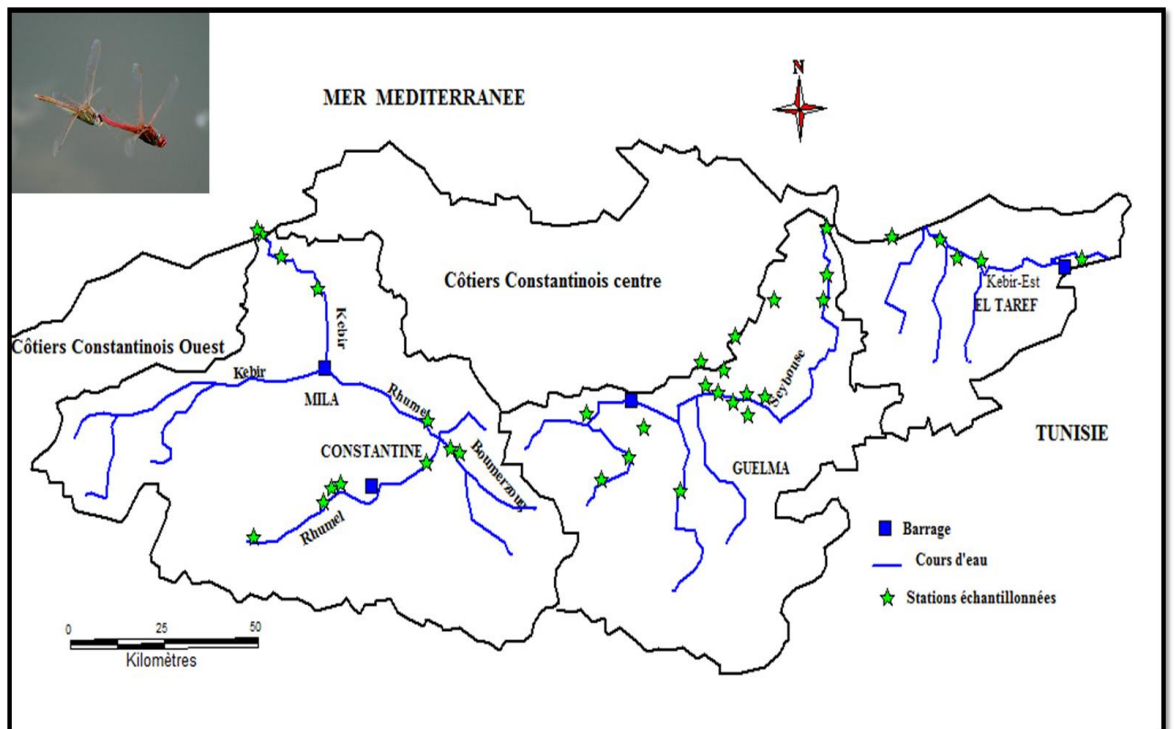


Figure 138 a) et b) : Répartition spatiale de *Crocothemis erythraea* et *Brachythemis impartita*

a)



b)

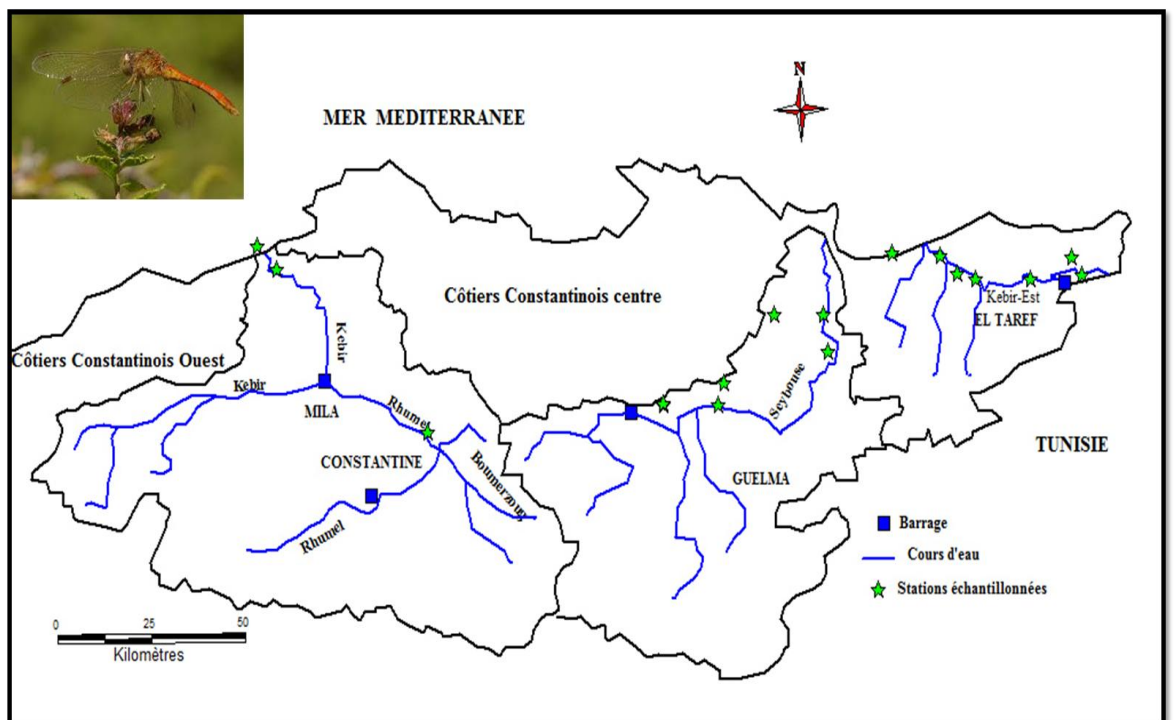
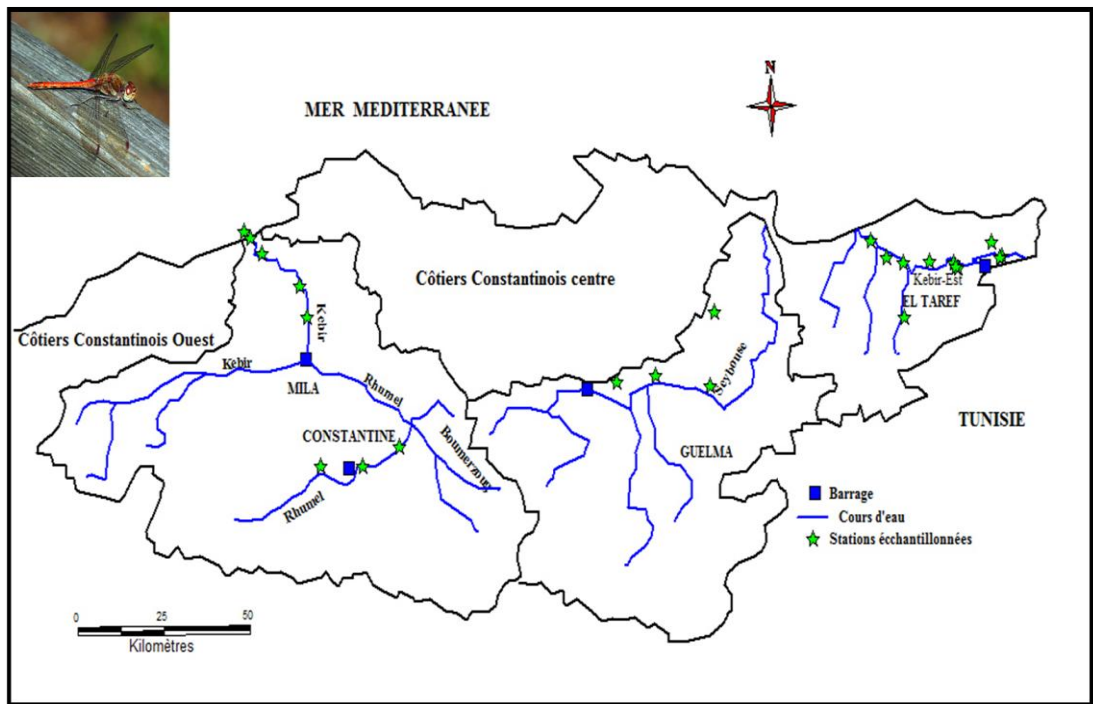


Figure 139 a) et b) : Répartition spatiale de *Sympetrum foncolombii* et *Sympetrum meridionale*

a)



b)

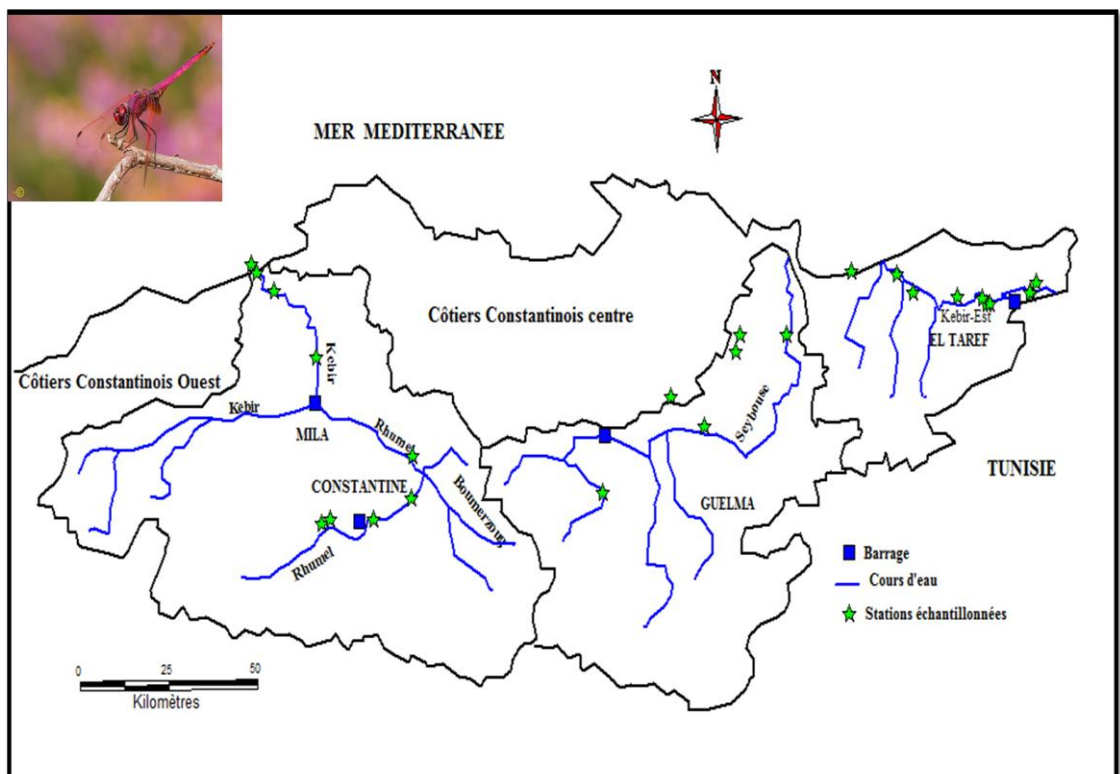
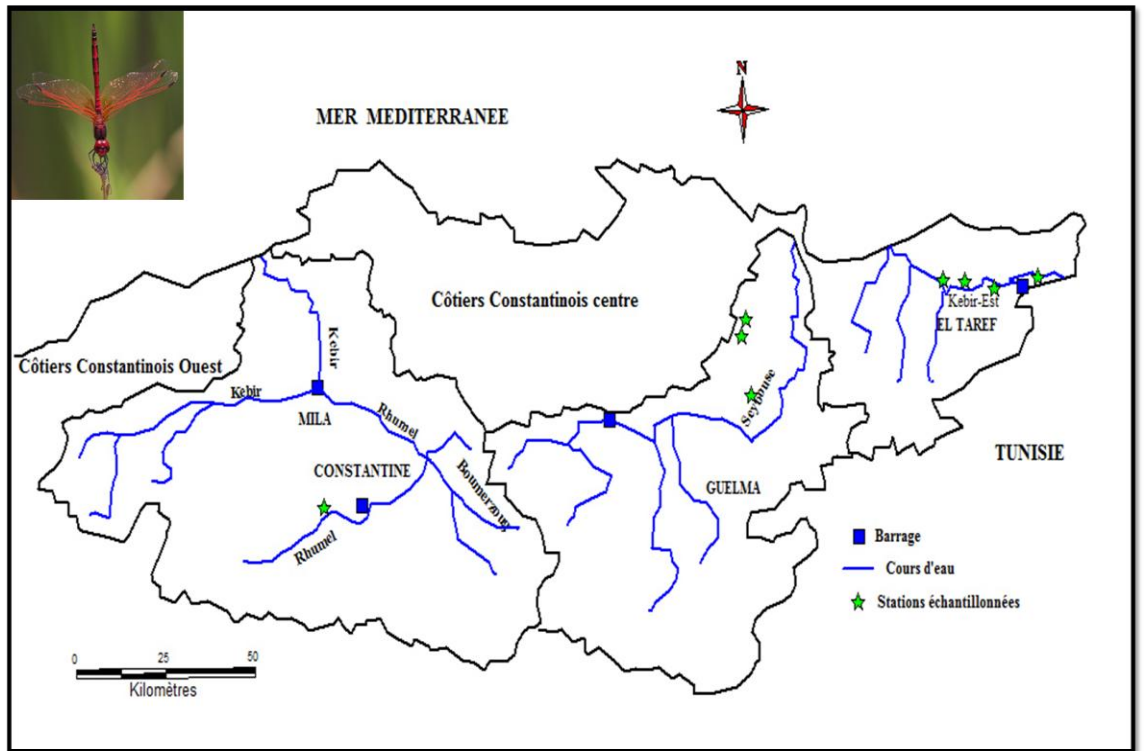


Figure 140 a) et b) : Répartition spatiale de *Sympetrum striolatum* et *Trithemis annulata*

a)



b)

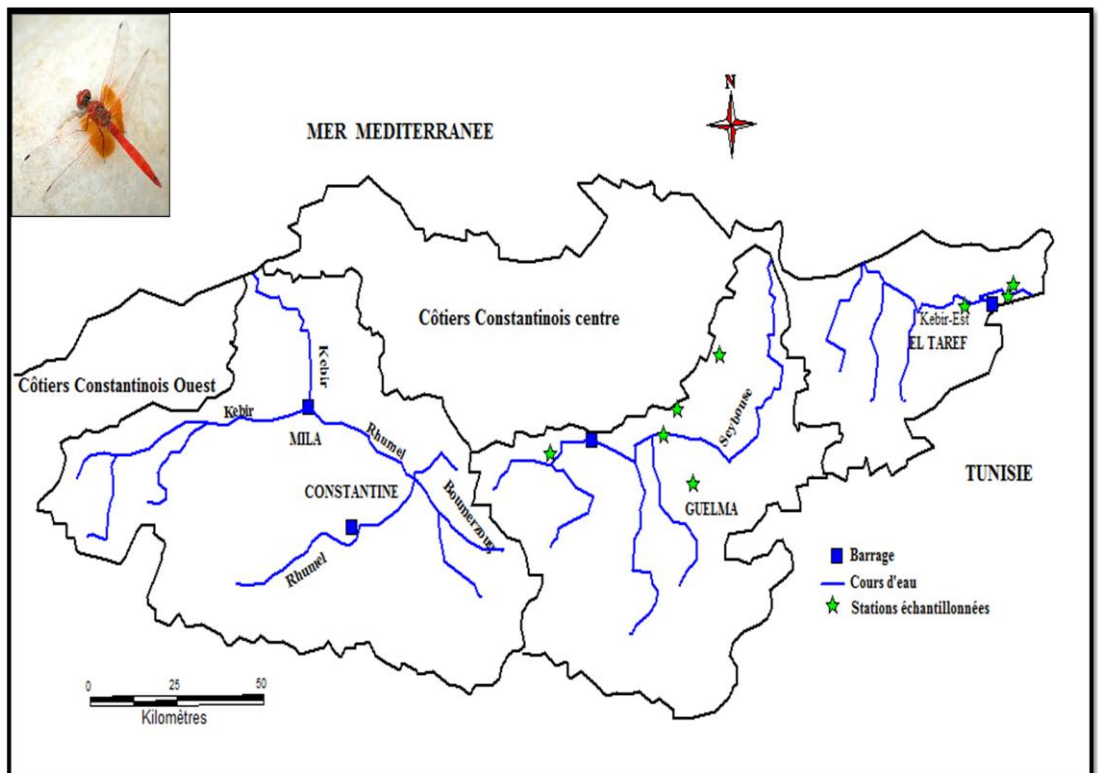


Figure 141 a) et b) : Répartition spatiale de *Trithemis arteriosa* et *Trithemis kirbyi*

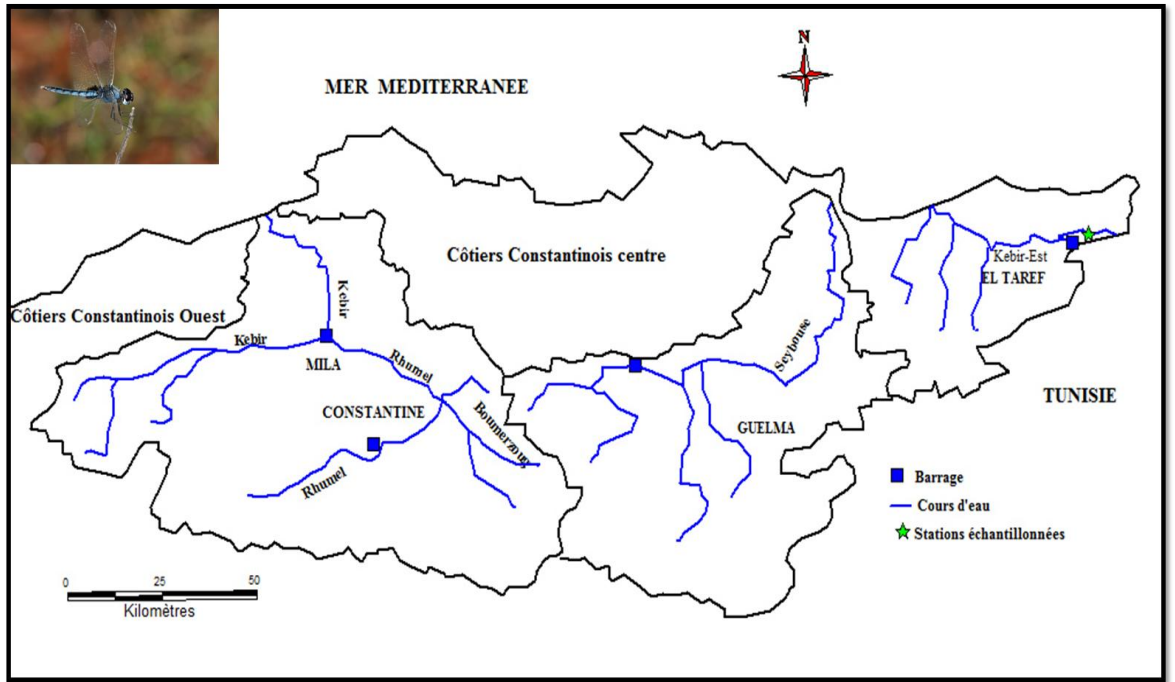


Figure 142 : Répartition spatiale d'*Urothemis edwardsii*

Conclusion

Conclusion

L'objectif principal de notre recherche est de procéder à une étude comparative de la faune Odonatologique du Kebir-Est et du Kebir-Rhumel: Deux oueds situés au Nord-Est algérien.

Au Kebir-Est, le biomonitoring a révélé l'existence de 34 espèces (15 Zygoptères et 23 Anisoptères) appartenant à 7 familles et 22 genres. Les espèces *Coenagrion caerulescens* et *Trithemis kirbyi ardens* ont été enregistrées pour la première fois en Numidie, augmentant ainsi le nombre des espèces à 51. D'autres part, les deux espèces relictuelles *Urothemis edwardsii* et *Acisoma panorpoides ascalaphoides* ainsi que l'espèce *Lestes numidicus* ont été localisées dans les milieux lotiques pour la première fois.

Le premier inventaire systématique menée au Kebir-Rhumel, a permis d'enregistrer 32 espèces (13 Zygoptères et 19 Anisoptères) appartenant à 7 familles et 21 genres. Ces espèces représentent la moitié des espèces du pays. Par ailleurs, les espèces *Sympecma fusca*, *Enallagma deserti*, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*, et *Orthetrum cancellatum* ont été enregistrées dans les milieux lotiques.

En somme, l'inventaire global effectué alternativement au sein des deux oueds, nous a permis de recenser un total de 38 espèces dont 28 espèces communes, 6 espèces propres au Kebir-Est: *Lestes numidicus*, *Erythromma viridulum*, *Orthetrum trinacria*, *Acisoma panorpoides ascalaphoides*, *Trithemis kirbyi ardens* et *Urothemis edwardsii* et 4 autres enregistrées uniquement au Kebir-Rhumel: *Sympecma fusca*, *Enallagma deserti*, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*, et *Orthetrum cancellatum*.

Dans les deux oueds, la richesse spécifique est focalisée dans les stations situées sur le crénon et leur distribution est régie par plusieurs facteurs tels que la bonne oxygénation des eaux, l'ensoleillement et la présence d'une forte végétation. D'un autre côté, l'étude comparative de la période de vol des différentes espèces a montré que sous l'influence du climat (photopériode et température de l'eau), la même espèce pouvait montrer une diversité dans son cycle de vie (émergence précoce ou retardée).

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays, ce phénomène s'est accentué sous l'influence de plusieurs facteurs: Les changements climatiques, la croissance urbaine et la démographie. En effet, sur les 6,67 milliards d'habitants actuels de la planète (PNUD, 2007), 26% n'accèdent pas à une eau de qualité suffisante, et 50% ne disposent pas d'un système adéquat d'assainissement (PNUD, 2006).

Lorsque les besoins de la population ne peuvent être couverts par les seules eaux souterraines, les eaux superficielles sont utilisées après traitement pour l'alimentation en eau potable ; Aussi, la préservation de la qualité des eaux superficielles est -elle primordiale.

Le deuxième volet de notre étude s'articule sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux du Kebir-Rhumel sachant qu'il alimente en amont de constantine, le barrage de Hammam Grouz et en Aval, le barrage de Béni-Haroun dont les eaux couvrent les besoins en

eau potable et d'irrigation de plusieurs wilayas limitrophes: Jijel, Constantine, Oum El Bouaghi, Khenchela , Batna et Mila

Les résultats obtenus sont résumés comme suit:

- La température moyenne de l'eau est assez élevée dans certaines stations du Rhumel amont et relativement stable au Rhumel aval et finit par diminuer dans les stations aval de l'oued El Kebir maritime influencées par les eaux fraîches du Barrage de Beni Haroun.

- Le pH varie de 7,45 à 8,32

- La conductivité suit un gradient décroissant d'amont en aval , les valeurs sont comprises entre 2007,71 et 1466 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui traduit des eaux fortement minéralisées en amont.

- Il y a une meilleure oxygénation des eaux du Kebir, notons que des valeurs létales ont été enregistrées au Rhumel amont et aval (Station de Tadjnet et Oued Athmania) avec respectivement 0,27 mg/l et 0,46mg/l.

- La DBO_5 ainsi que la DCO atteignent des taux alarmants au Rhumel amont et aval (stations Tadjnet, Hammam Grouz amont, Hammam Grouz aval et Hamma Bouziane). A Tadjnet les valeurs respectives moyennes de ces deux paramètres sont de 53,68 mg/l'd'O₂, 100,08mg/l'd'o₂ ce qui prouve un enrichissement des eaux en matières biodégradables et des eaux de très mauvaise qualité.

- L'azote ammoniacal (NH_4^+) dépasse largement les normes (62,37 mg/l à 3,55mg/l) traduisant des eaux de qualité médiocre à excessivement polluées.

- Les valeurs des nitrates sont assez bonnes dans l'ensemble elles sont comprises entre (0,58mg/l-5,27mg/l).

- Les valeurs des nitrites sont bonnes au niveau de toutes les stations du Kebir maritime cependant les eaux des stations situées en Amont , aval du Rhumel et sur le Bouverzoug (Cascade, Smara, Bouziane , Rsas, Sissaoui) appartiennent à la classe de qualité médiocre d'après la grille de qualité globale de l'ANRH.

- Pour les orthophosphates, les eaux de toutes les stations à l'exception de Hammam Grouz amont montrent des taux excessifs (1,60 mg/l- 10,79 mg/l) dus à une anthropisation accrue (Usage de fertilisants, eaux usées...).

- Hormis la station de la cascade située à proximité d'une carrière (280,45mg/l) , Les valeurs des chlorures oscillent entre (85,2 mg/l et 227,2mg/l) et sont dans les normes européennes (250mg/l).

- Les taux de sulfates au Rhumel amont et aval dépassent légèrement les normes instaurées par l'IBGE et sont compris entre (105,5 et 200,5 mg/l) alors qu'au Kebir maritime les valeurs sont dans l'intervalle (33- 88mg/l) . Il en est de même que pour le calcium: Au Rhumel (57,23- 196,39 mg/l), au Kebir maritime (26,66- 84,28 mg/l). Cependant ce n'est pas le cas du magnésium où les taux sont faibles et sont compris entre (11,99 - 56,21mg/l). une telle

proportionnalité entre les valeurs des sulfates et le calcium laisse penser plus à une origine naturelle des sulfates qu'anthropique (sulfates de calcium (CaSO_4)) et non des sulfates de magnésium (MgSO_4).

- Toutes les valeurs du titre hydrotimétrique sont comprise entre 22 et 69,5 °F c'est à dire des eaux dures à très dures. La charge en calcium de l'eau neutralise les savons et détergents qui deviennent très peu recommandables pour l'usage domestique.

En résumé, nous assistons à une détérioration de la qualité des eaux en amont et en aval du Rhumel. Cependant une légère amélioration de la qualité des eaux se fait ressentir au Kebir- maritime grâce aux processus d'autoépuration favorisées par les fuites journalières et les lâchées du barrage Béni-Haroun.

Nous avons finalisé la présente recherche par une présentation cartographique:

- ❖ Nous avons cartographié la répartition spatiale des Odonates au niveau des trois bassins versants échantillonnés, afin de visualiser leur distribution et mieux analyser leurs dynamiques spatiales et temporelles. Rappelons que la cartographie représente de nos jours, un outil fondamental dans l'évaluation de la biodiversité des milieux naturels.
- ❖ la classe de qualité globale au niveau de chacune des stations étudiées a été cartographiée en considérant les paramètres mesurés par l'ANRH pour l'évaluation de la qualité des eaux superficielles à savoir: l'oxygène en mg/l et en pourcentage de saturation, la demande biologique en cinq jours, la demande chimique en oxygène, l'ammonium, les nitrates, les nitrites ainsi que les orthophosphates.

En somme, notre étude a également montré que les milieux lotiques subissent de fortes pressions anthropiques dues à l'utilisation en agriculture des engrais et pesticides, aux rejets d'origine domestique et industrielle à défaut d'installation de réseaux d'assainissement et des stations d'épuration. De plus, le surpâturage diminue la surface du couvert végétal et rend les sols vulnérables à l'érosion. D'autre part, les prélèvements d'eau pour l'irrigation diminuent le débit naturel du cours d'eau et influent négativement non seulement sur le cycle de vie de la faune odonatologique mais également de toutes les autres espèces dont la phase larvaire en dépend.

Il est donc important de maintenir le bon état écologique des habitats afin de préserver les espèces menacées inventoriées dans la présente étude telles que *Calopteryx exul* (EN), *Coenagrion mercuriale* (EN), *Gomphus lucasii* (VU), *Onychogomphus costae* (NT)...

Recommandations

Il devient urgent d'établir de nouveaux programmes de conservation des écosystèmes au sein de nos institutions afin de sensibiliser les étudiants et le public de l'importance de la conservation de la biodiversité dont nous dépendons étroitement.

Il serait également judicieux que les hauts responsables de l'environnement et de la protection de la nature se concertent avec les scientifiques et utilisent au mieux leurs recherches approuvées par la communauté scientifique internationale, afin de mieux gérer et conserver la biodiversité qui représente non seulement notre héritage culturel et scientifique mais également celui des générations futures.

ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCING ODONATA COMMUNITIES OF THREE
MEDITERRANEAN RIVERS: KEBIR-EAST, SEYBOUSE, AND RHUMEL WADIS,
NORTHEASTERN ALGERIA

Amina YALLES SATHA¹ & Boudjéma SAMRAOUI^{1,2,*}

¹Laboratoire de Conservation des Zones Humides, University of Guelma, Guelma, Algeria. E-mail: yallesamina@yahoo.fr

²Biology Department, University of Annaba, Annaba, Algeria

* To whom correspondence should be addressed: bsamraoui@gmail.com

RÉSUMÉ.— *Facteurs environnementaux influençant les communautés d'Odonates de trois rivières méditerranéennes : les oueds Kebir-Est, Seybouse et Rhumel, nord-est algérien.*— Les Odonates sont une composante importante des peuplements des milieux lotiques et leur abondance et diversité renseignent sur l'intégrité écologique de ces hydrosystèmes. L'inventaire odonatologique de trois oueds majeurs algériens : Kebir-Est, Seybouse et Rhumel, a permis l'identification de 40 espèces. Nos résultats révèlent la présence de *Calopteryx exul*, endémique maghrébin, dans l'oued Seybouse et semblent confirmer l'extinction de la population type dans l'oued Rhumel où l'espèce avait été découverte au XIXe siècle. Nos résultats indiquent également l'expansion de plusieurs espèces: *Coenagrion caeruleum*, *Orthetrum nitidulerve*, *Trithemis kirbyi* et *Urothemis edwardsii* dont la population relictuelle est en danger critique d'extinction. La mesure de diverses variables physicochimiques (altitude, température, conductivité, etc.) nous a permis d'explorer une possible co-structure entre les jeux de données faunistiques et de variables environnementales. L'analyse des données indique que la richesse spécifique est, selon l'oued, variablement corrélée à l'hydropériode, à la conductivité et à la température de l'eau, suggérant son utilité dans l'évaluation de l'intégrité écologique des cours d'eau méditerranéens.

SUMMARY.— Odonata are an important component of lotic communities and their abundance and diversity may inform on the health of running waters. The survey of the odonatofauna of three major Algerian wadis: Kebir-East, Seybouse, and Rhumel, led to the identification of 40 species. Our results revealed the presence of *Calopteryx exul*, a Maghrebian endemic, at Wadi Seybouse and seemed to confirm the extinction of the type population at Wadi Rhumel where the species was first recorded in the XIXth Century. The results also indicated the range expansion of several species: *Coenagrion caeruleum*, *Orthetrum nitidulerve*, *Trithemis kirbyi* and *Urothemis edwardsii* whose relict population is critically endangered. Additionally sampling of abiotic factors (altitude, water temperature, conductivity, etc.) was carried out and data analysed in view of exploring a possible co-structure between the faunistic and environmental data sets. Data analysis indicated that correlation between abiotic factors (hydropériod, water conductivity and water temperature) and species richness differed between streams and thus Odonata may prove useful in evaluating the ecological integrity of Mediterranean lotic systems.

Rivers and their floodplains are characterized by high habitat heterogeneity and biodiversity (Chovanec & Waringer, 2001), but are also among the most threatened ecosystems on Earth (Abell, 2002; Dudgeon *et al.*, 2006). These aquatic ecosystems are increasingly threatened particularly by dam construction, water abstraction, habitat modification, industrial effluents, domestic sewage, invasive species, and agricultural runoff including fertilizers and pesticides (Malmqvist & Rundle, 2002; Samways & Taylor, 2004).

North African wadis are generally intermittent rivers and streams that occur in a water-stressed region where the ever-increasing local needs for freshwater are exacerbated by the poor management of this precious resource in the context of climate change that is likely to widen the current water deficit. To educate the public and provide decision-makers and managers with tools they can use in management and conservation policies, there is an urgent need to develop technically easy and low-cost methods for rapid bioassessments and monitoring of the ecological integrity of Mediterranean lotic ecosystems (Oertli, 2008; Simaika & Samways, 2012).

Preliminary bioassessment using Odonata fauna of a number Algerian wadi was started with that aim in sight (Khelifa *et al.*, 2011; Benchalel & Samraoui, 2012; Bouchelouche *et al.*, 2015; Hamzaoui *et al.*, 2015; Hafiane *et al.*, 2016).

Odonata have been nicknamed “the Guardians of watersheds” (Clausnitzer & Jödicke, 2004; Clausnitzer *et al.*, 2012) and because Odonata communities have complex habitat requirements, their abundance and diversity reflect a healthy and stable environment (Castella, 1987; Clark & Samways, 1996). By occupying, as prey and predators a critical trophic place in both terrestrial and aquatic food webs, Odonata are particularly vulnerable to changes in their environment (Sahlèn & Ekestubbe, 2001). Their adult stages are sensitive to habitat structure which make them reliable sentinels of river disturbances (Clausnitzer, 2002) while their amphibious habits led them to be useful bioindicators of both land and freshwater ecosystems (Dijkstra & Lempert, 2003; Martín & Maynou, 2016).

The aim of our study was two-fold: (a) to map the distribution of each species and compare the odonatological communities of the three wadis, and (b) to identify how environmental factors are associated with the species richness of lotic Mediterranean Odonata.

MATERIALS AND METHODS

STUDY AREA

The Kebir-East watershed

The watershed covers an area of 3203 km². The sub-basin Oued Kebir-East extends from the Tunisian border in the east to the confluence of the Kebir-East and Bounamoussa wadis at the Mafragh (Fig. 1). In the north, it is bounded by the coastal basin of El Kala and in the south by the sub-basin of coastal Bounamoussa (Fig.1.b). The Oued Kebir-East watershed occupies a large proportion of the coastal strip that span a distinct biogeographic zone known as eastern Numidia which extends from the Tunisian border to the lower reaches of Wadi Seybouse. The population hosted by the watershed is estimated at 308 811 inhabitants (ABHCSM, 1999).

The Kebir-East hydrosystem is 1780 km long and includes 35 wadis: Oued El Kebir, Bougous, Leben, Zitouna, Guergour, etc. The watershed is under the influence of humid and sub-humid Mediterranean climates characterized by a dry period from May to September and a wet season from October to April. The average annual rainfall varies from 750 mm to more than 1000 mm in Kroumiria.

The pollution within the Kebir-East watershed is mainly due to agriculture (excessive use of fertilizers and pesticides) and urban waste water (because most agglomerations are not connected to a sewage system). Industrial wastewater originates mainly from the food industry implanted at Bouteldja, Ben M'Hidi and Zrizer (Mebarki, 2009).

The Seybouse watershed

Wadi Seybouse is a Mediterranean river which originates in the semi-arid Hauts Plateaux (Fig. 1c). It drains a large basin with an area of 6570 km² and measures 134.7 km. The Seybouse watershed is 3000 km long and consists of 42 wadis which include Wadi Zenati, Wadi Bou Hamdane and Wadi Cherf. The latter two wadis unite at Medjaz Amar to form Wadi Seybouse which reaches the sea at Annaba (ABHCSM, 1999).

The climate of the watershed is typically Mediterranean and overlaps between two bioclimatic regions: the continental semi-arid climate of the Hauts Plateaux and the subtropical humid and sub-humid climates of Numidia. The average annual rainfall varies from 450 mm in the south to 750 mm in the north.

The water of Wadi Seybouse is mainly used for irrigation and industrial purposes. The Seybouse Basin discharges into the sea a volume of wastewater amounting to 500 ls⁻¹. The largest contribution comes from the coastal sub-basin which houses the majority of industries which include the steel complex of El Hadjar and the industrial zone of Pont Bouchet. Some effluents, from chemical factories like ASMIDAL and dairy plants, flow directly into the sea (Mebarki, 2009).

The Rhumel watershed

The Rhumel represents the largest watershed of Algeria and has a catchment area of 8800 km² with 2 056 000 habitants. It extends from the northern margin of the Hauts Plateaux in the south to the Mediterranean Sea in the north. In the east, it is limited by the Kebir-West and the Seybouse basins and on the west by the Soummam basin. We can define three main parts: (a) an upper basin corresponding to Rhumel and Boumerzoug wadis up to their confluence, upstream of Constantine, (b) a middle basin: formed by the Endja wadi and lower Rhumel wadi, downstream of Constantine, to their

junction at Sidi Mérouane, and (c) a lower basin: corresponding to the Rhumel-Kebir wadi, downstream of the junction Endja-Rhumel (Mebarki, 1982).

The Rhumel hydrosystem is 4200 km long and is represented by 43 wadis; the most representative are the Rhumel and Endja wadis, which respectively drain an area of 5315 km² and 2160 km² and whose confluence gives rise to Rhumel-Kebir (Fig. 1d).

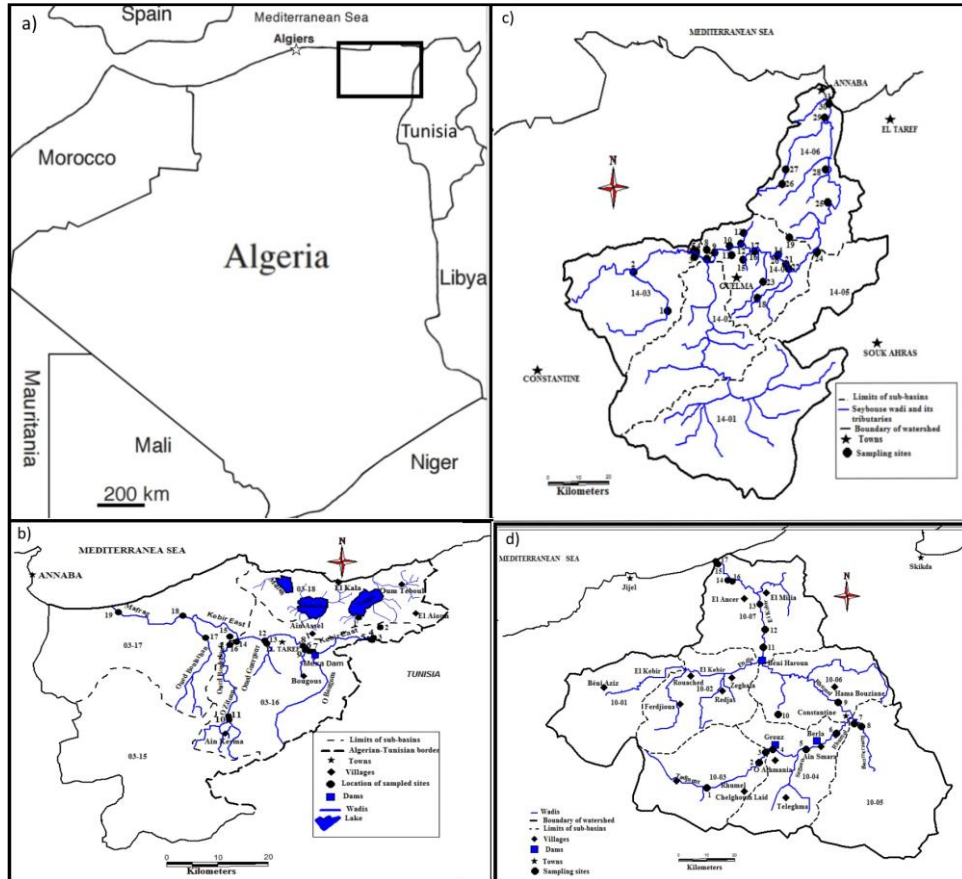


Figure 1.— Location map of Algeria and watershed of Kebir East, Seybouse and Rhumel.

The climate overlaps between three bioclimatic zones from semi-arid to sub-humid and humid. The rainfall decreases from north to south and varies from 1000 mm in the north to 318 mm in the south (ABHCSM, 1999).

The most harmful effluents are located within 20 km of Constantine, near Ain Smara where car industries, textiles, milk, detergent and cement plants are located. These untreated effluents are discharged into the Rhumel and its main tributary, the Boumerzoug (Mebarki, 1982).

SAMPLING STRATEGY

Site selection was based on site accessibility, altitude and variability of habitats. Some stations were sampled regularly while others were irregularly visited (Tabs. I, II, III; Figs. 1, 2, 3). Monitoring of the odonotofauna was carried out at Seybouse, during the years 2007. In 2011, both Kebir-East and Rhumel were sampled whereas in 2013 the survey was limited to the Rhumel. Monthly sampling was carried out from March to November; a span which overlaps with the flight period of Algerian Odonata (Samraoui & Corbet 2000b).

Sampling was standardized at all sites and lasted one hour: adults Odonata were caught using a butterfly net along both banks of the sampled wadi. Adult behavior was noted (territoriality, mating, oviposition) and other information collected to identify and estimate anthropogenic factors (industrial units, water extraction, nature of waste, infrastructure, land use). Slope was measured, using digital field models with a resolution of thirty meters.

TABLE I

List of geographical location of sampled sites at Kebir-East (W) and its main tributaries (T)

Name	Status	Station code	Station number	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Hydroperiod
Oued El Hout*	T	O El H	1	36° 49. 424'N	8° 29. 298' E	346.5	Temporary
Leben	T	Leb	2	36° 48. 226' N	8° 32.132' E	111.5	Temporary
Ain Dem*	T	Ain Dem	3	36°46.979' N	8° 31.246' E	84.9	Temporary
Kebir Raml Souk 1	T	KRS 1	4	36° 46 .654' N	8° 31.053' E	82.3	Permanent
Kebir Raml Souk 2	T	KRS 2	5	36° 46 .758' N	8° 30.841' E	86.7	Permanent
Mexa1	P	Mexa1	6	36° 45.372' N	8° 22.748' E	33.1	Permanent
Mexa2	P	Mexa2	7	36° 45.269'N	8° 23.313' E	25.2	Temporary
Deep Kebir	P	K Pro	8	36° 46 .025' N	8°21.922' E	41	Permanent
Oued Ben Sebti *	T	O Ben Se	9	36° 45.542' N	8°22.252' E	36.4	Temporary
Near Bouhaloufa *	T	N Bouhal	10	36° 37.141' N	8° 12.266' E	143.6	Permanent
Oued Bouhaloufa	T	O Bouhal	11	36° 37.541' N	8° 12.147' E	127.5	Temporary
Kebir near Guergour *	P	ks Guerg	12	36° 46.653' N	8°16. 886' E	28	Permanent
Guergour	P	Guergour	13	36° 46;284' N	8° 17.220' E	24.9	Permanent
Dardan*	T	Dardan	14	36° 46.523' N	8° 13.212' E	8.3	Temporary
Oued Oum Saad *	T	Oum Saad	15	36° 47.154' N	8° 12.312' E	17.6	Temporary
Kef Belechehab *	T	Kef Bele	16	36° 46.166' N	8° 12.312' E	18	Temporary
Boulathane	T	Boulathane	17	36° 47.009' N	8°09.105' E	4.7	Temporary
K Sebaa	P	Sebaa	18	36° 49.704' N	8° 06.112' E	8.6	Permanent
Kebir Mafragh	P	K Maf	19	36°50.178' N	7° 57.621' E	1	Permanent

*occasionally sampled sites

TABLE II

List of geographical location of samples sites at Seybouse (W) and its main tributaries (T)

Name	Status	Station code	Station number	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Hydroperiod
Oued Zenati	T	O Zen	1	N36°18.208'	E 7°09.862'	622.2	Permanent
Oued Sabath	T	O Sab	2	N36°24.703'	E 7°02.461'	620.6	Permanent
Chedakha*	T	Ched	3	N36°27.040'	E 7°16.002'	329.2	Permanent
Hammam Skhoum*	T	H Skh	4	N36°27.682'	E 7°16.274'	286.2	Permanent
Bouhamdane1 *	T	Bouha 1	5	N36°27.883'	E 7°16.274'	260.5	Permanent
Bouhamdane2 *	T	Bouha 2	6	N36°27.996'	E 7°15.802'	268.3	Permanent
Medjaz Amar	T	Mej2	7	N36°26.597'	E 7°18.619'	243.1	Permanent
Seybouse (Djebala)*	W	SeyDje	8	N36°28.098'	E 7°18.619'	157.3	Permanent
Seybouse (Bentabouche cliff)*	W	Sey Ben	9	N36°27.659'	E 7°20.352'	230.6	Permanent
Bridge(Fedjouj- Skikda)*	W	SeyFS	10	N36°28.687'	E 7°23.806'	208.7	Permanent
Bendjerrah (Slope)*	T	Benj	11	N36°27.180'	E 7°24.238'	435.3	Temporary
Seybouse (Guelma-Annaba)*	W	Seypga	12	N36°29.094'	E 7°26.312'	190.2	Permanent
Bradaa 2*	T	Brad2	13	N36°30.841'	E 7°26.979'	259.7	Permanent
Seybouse*	W	SeyBou	14	N36°27.108'	E 7°34.349'	144.5	Permanent
Oued El Maiz*	T	OEIM	15	N36°26.641'	E 7°26.742'	305.4	Permanent
Zimba (Belkhir)	T	Zim	16	N36°27.816'	E 7°29.220'	205.3	Permanent
Boumahra*	W	BouVil	17	N36°27.781'	E 7°29.212'	190.2	Temporary
Oued Hlia (Downstream)*	T	O Hlia	18	N36°20.116'	E 7°29.661'	433.6	Permanent
Seybouse (Laayaycha)*	W	Seylaa	19	N36°26.913'	E 7°36.908'	152.3	Permanent
Boumahra (station)	W	SeyBou	20	N36°26.999'	E 7°34.225'	135.4	Permanent
Seybouse (Farm Chekal, Nador)*	W	SeyNad	21	N36°25.538'	E 7°36.112'	125.5	Permanent
Oued Hlia (near Nador)*	T	Ohlia	22	N36°24.792'	E 7°36.672'	132.6	Permanent
Oued Boussera (Khezra)*	T	Obous	23	N36°22.717'	E 7°30.970'	306.7	Permanent
Oued El Maiech (Boucheghouf)	T	Omaleh	24	N36°27.494'	E 7°42.989'	97.3	Permanent
Seybouse Boukamouza	W	SeyBou	25	N36°35.555'	E 7°45.615'	56.4	Permanent
Ressoul (El Barda)*	T	Ressoul	26	N36°38.717'	E 7°35.479'	102	Permanent
Meboudia (El Barda)	T	MebBer	27	N36°41.083'	E 7°36.322'	57.8	Permanent
Seybouse (Drean)	W	SeyDr	28	N36°40.999'	E 7°45.077'	20.7	Permanent
Meboudia (industrial zone)*	W	MebZI	29	N36°49.440'	E 7°45.077'	6.6	Permanent
El Aalalick *	W	Alalik	30	N36°51.792'	E 7°46.066'	4.5	Permanent
Seybouse (Sidi Salem)*	W	SeySi	31	N36°51.687'	E 7°46.082'	1.3	Permanent

*occasionally sampled sites

PHYSICO-CHEMICAL DATA

Measures of pH, water temperature, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen and water velocity as well as observations of vegetation types, percentage of shading and vegetation cover, water depth and wadi width were recorded for each station.

DATA ANALYSIS

Preliminary examination of the data sets pointed to shortcomings of the adopted sampling and suggested that the analysis of a combined data set would be problematic. Indeed, logistic difficulties made it difficult to sample uniformly (years, altitude, etc.) all three wadis as initially planned, making it difficult to combine the three data sets. Thus, separate multivariate and univariate analyses of each wadi were performed. After data exploration to check for outliers and collinearity, we started with dimensionality reduction using a PCA (environmental data set). A reduced set of abiotic variables was then used as supplementary variables in a second PCA based on the faunistic data set (absence/presence). PCAs were performed with the FactoMineR package (Lê *et al.*, 2008). A co-inertia analysis (Doledec & Chessel, 1994), involving both faunistic and environmental data sets, was also performed for each wadi and followed by a generalized linear model (GLM) to identify environmental determinants (among the reduced set of environmental variables conveyed

by the PCAs) of species richness: we modelled species richness using a Poisson GLM with a logit link function and poisson error distribution. Backward selection, based on the Aikaie information criterion (AIC) was performed to select the most parsimonious model (Burham & Anderson, 2002). All statistical analyses were carried out using R (R Development Core Team 2016).

TABLE III

List of geographical location of samples sites at Rhumel (W) and its main tributaries (T)

Name	Status	Code station	Station number	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Hydroperiod
Rhumel at Tadjnet	W	Rh Tadj	1	36° 07.137' N	6° 02.809' E	814.6	Permanent
Rh HG upstream	W	Rh HG Am	2	36° 12.141' N	6° 15.417' E	722.3	Permanent
RH HG downstream	W	RH HG Aval	3	36° 14.174' N	6° 16.910' E	677.2	Permanent
RH O Athmania	W	RH Athm	4	36° 14.747' N	6° 18.617' E	696.7	Permanent
RH Cascade	W	RH Cascade	5	36° 14.705' N	6° 26.662' E	628.9	Permanent
RH Ain Smara	W	RH Smara	6	36° 17.839' N	6° 33.840' E	564.3	Permanent
Boumerzoug (Chaabat Rsas)	T	Boum Rsas	7	36° 19.835' N	6° 38.142' E	737	Permanent
Boumerzoug (Sisaoui)	W	Boum Sisa	8	36° 19.224' N	6° 39.790' E	554.2	Permanent
RH Hama Bouziane	W	RH Bouziane	9	36° 23.984' N	6° 34.290' E	338.7	Permanent
Oued El Koton*	T	0 El Kot	17	36° 21.021' N	6° 18.305' E	809	Temporaire
Chegara	W	Chegara	10	36° 35.120' N	6° 16.570' E	66.6	Permanent
Kebir at Rafrat	W	Keb raf	11	36° 38.581' N	6° 16.940' E	33.4	Permanent
Kebir, bridge of El Milia*	W	Keb Milia	12	36° 43.600' N	6° 15.714' E	30	Permanent
Djemaa	T	Djemaa	13	36° 48.433' N	6° 08.085' E	19.3	Temporaire
Boumaazouz	T	Boumaazouz	14	36° 51.670' N	6° 05.963' E	14.1	Temporaire
Irdjana	T	Irdjana	15	36° 48.254' N	6° 09.341' E	9.2	Permanent
Kebir Djenah	W	Keb Dje	16	36° 52.220' N	6° 05.312' E	0.7	Permanent

* Occasionally sampled sites

RESULTS

Overall, the present survey yielded 40 species with 33, 34, and 32 species recorded at Kebir-East, Seybouse, and Rhumel wadis, respectively (Tab. IV). Of these, 17 species were Zygoptera while 23 were Anisoptera. The list included four species considered threatened by the IUCN North African Red List (Samraoui *et al.*, 2010): *Urothemis edwardsii* (CR), *Calopteryx exul* (EN), *Acisoma inflatum* (EN) and *Gomphus lucasii* (EN). Five species (*Lestes numidicus*, *Enallagma deserti*, *Platycnemis subdilatata*, *C. exul* and *G. lucasii*) are Maghrebian endemics whereas two (*U. edwardsii* and *A. inflatum*) are Afrotropical relicts with reduced populations (Samraoui *et al.*, 1993).

DATA ANALYSES

Wadi Kebir-East

The first two principal components of the PCA, based on physicochemical variables accounted for 62.4 % of the total variance (Fig. 2a). The first component (37.6 % of the inertia) was associated with stations of high water conductivity, salinity, water depth and wadi width opposed to stations characterized by high current velocity. The second component (24.8 % of the inertia) was associated with long hydroperiods and opposes stations with high pH and dissolved oxygen levels. Species richness added as a supplementary variables appeared to be negatively correlated to the hydroperiod (Fig. 2a).

In contrast, the first two principal components of the PCA based on species accounted for only 36.6 % of the total variation (Fig. 2b). The first component (19.1 % of the inertia) separated species (*Platycnemis subdilatata*, *Lestes virens*, *Orthetrum coerulescens*, *Aeshna mixta*, *Ischnura pumilio* and *Ceriagrion tenellum*) associated with shade from those (*Onychogomphus costae*, *Gomphus lucasii*, *Erythromma viridulum*, *Diplacodes lefebvrei* and *Crocothemis erythraea*) associated with more exposed stations. The second component (17.7 % of the inertia) seemed to separate two more groups on the basis of altitude: *C. caerulescens*, *Trithemis kirbyi* and *T. arteriosa* were more frequent at higher altitudes whereas *Brachythemis impartita*, *Lestes barbarus*, *Coenagrion mercuriale* and *Sympetrum meridionale* were more frequent at lower altitudes stations with high water conductivity.

TABLE IV

Status and species richness in the three study sites

	Kebir-East	Seybouse	Rhumel	IUCN Status
<i>Calopteryx exal</i> Selys, 1853	No record	7, 10	No record	EN
<i>C. haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	2	3, 11, 13, 15-17, 19	14	LC
<i>Sympetma fusca</i> (Vander Linden, 1820)	No record	Standing waters	6	LC
<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)	4, 7, 14, 16, 17, 19	Standing waters	13-15	LC
<i>L. numidicus</i> Samraoui, Weckers & Dumont, 2003	7, 18	20	No record	DD
<i>L. virens</i> (Charpentier, 1825)	5, 6, 10, 11, 14, 16, 18, 19	15	14	LC
<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	2-8, 13, 16, 17, 19	2, 13, 20	4-7, 10, 12, 14-16	LC
<i>Platycnemis subulata</i> Selys, 1849	2, 5-14, 17-19	1-3, 7, 9, 10, 12, 13, 16-21, 23, 27, 28	3, 5-7, 9-11, 13	LC
<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	4-9, 11-19	1-3, 5-9, 13, 16, 17, 20, 25-28, 31	1-3, 5-9, 11, 13-17	LC
<i>I. pumilio</i> (Charpentier, 1825)	11	10	1, 2, 7, 8, 13	LC
<i>Coenagrion caeruleum</i> (Fonscolombe, 1838)	2, 6	1, 2, 5-8, 19, 20	1-3, 5-9	LC
<i>C. mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	7, 8, 13, 15, 17-19	No record	2, 5-9, 13, 17	EN
<i>C. puella</i> (Linnaeus, 1758)	No record	Standing waters	No record	LC
<i>Enallagma deserti</i> (Selys, 1871)	No record	Standing waters	7	LC
<i>Erythronma lindenii</i> (Selys, 1840)	2-7, 9, 11, 15, 17, 18	1, 6, 8-10, 12, 20	1-3, 5-7, 12, 15-17	LC
<i>E. viridulum</i> (Charpentier, 1840)	2-5	No record	No record	LC
<i>Ceriatrigon tenellum</i> (de Villers, 1789)	2, 6, 13, 18	16, 17, 19	15	LC
<i>Gomphus lucasii</i> Selys, 1849	4-8, 17	10, 13, 18	12-14	VU
<i>Onychogomphus costae</i> Selys, 1885	4, 5, 7	12, 21	12	NT
<i>O. forcipatus unguiculatus</i> (Vander Linden, 1823)	No record	No record	13, 16	LC
<i>Paragomphus genei</i> (Selys, 1841)	4	No record	16	LC
<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805	1, 6, 9, 11, 16, 18	13, 25	13, 15, 17	LC
<i>Anax imperator</i> Leach, 1815	1, 5-7, 13	2, 13, 15, 19, 20, 24, 30	3-5	LC
<i>A. parthenope</i> (Selys, 1839)	1, 7, 13	Standing waters	2	LC
<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758)	No record	30	3	LC
<i>O. chrysostigma</i> (Burmeister, 1839)	4-11, 13, 14, 16, 17	1-4, 7-9, 11-13, 15, 16, 18, 24, 26, 27	3, 4, 8, 9, 11, 12, 14-17	LC
<i>O. coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	3, 6, 8, 9, 13, 15, 17	2-4, 11, 16, 19, 27, 28	2-4, 9, 11, 15	LC
<i>O. nitidum</i> (Selys, 1841)	6, 7	2, 3, 13, 19, 20	1-6, 9	LC
<i>O. trinaeria</i> (Selys, 1841)	7	No record	No record	LC
<i>Acisoma inflatum</i> Selys, 1889	6	No record	No record	EN
<i>Brachythemis imparita</i> (Karsch, 1890)	4, 7, 17, 18	28, 31	2, 15-17	LC
<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	1-7, 11, 13, 14, 16, 19	1, 3, 5, 6, 8, 16, 18-20, 24, 26, 28, 30, 31	1-7, 9, 14-16	LC
<i>Diplacodes lefebvreii</i> (Rambur, 1842)	1-7, 19	26, 28, 30, 31	3, 15	LC
<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	4, 5, 14, 17-19	1, 2, 10, 13, 20, 27, 28, 30, 31	1-4, 6-9, 12, 15-17	LC
<i>S. meridionale</i> (Selys, 1841)	1, 4, 8, 16-19	4, 5, 13, 25, 27, 28	9, 15, 17	LC
<i>S. striolatum</i> (Charpentier, 1840)	1, 3-6, 8, 9, 11, 13, 16-18	4, 10, 20, 26	4-6, 11, 13, 15-17	LC
<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)	2, 4-8, 13, 17-19	1, 16, 26-28	3-6, 9, 11, 15-17	LC
<i>T. arteriosa</i> (Burmeister, 1839)	5, 6, 13, 14	19, 26, 27	3	LC
<i>T. kirbyi</i> Selys, 1891	2, 4, 6	2, 11, 13, 18, 26	No record	LC
<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849)	5	No record	No record	CR

Results of the CIA (Fig. 3) illustrated the projection of the stations (K1-K11). Stations with high shade and current velocity were separated from other stations with high pH and dissolved oxygen levels. The second axis was mainly an altitudinal gradient separating stream stations from those low-altitudes stations characterized by wide width and high water depth. The RV-coefficient, an index of the correlation between the two matrices (species and environmental variables), was 0.58. A permutation test explored the strength of the relationship between the two matrices but indicated no significance, presumably because of the limited sample size. The CIA organized the Odonata assemblages of Kebir-East along both shade/current velocity and altitudinal axes.

Univariate modelling using Poisson GLM and species richness as a response variable indicated that the hydroperiod was the most significant covariate (Tab. V, Fig. 8a) but the “best” model was made up of both hydroperiod and altitude. However, this latter covariate was only marginally significant ($p = 0.099$) suggesting that both models were essentially equivalent. Sites with longer hydroperiods held fewer species of Odonata.

Wadi Seybouse

The first two principal components of PCA, based on the environmental data set, accounted for 65.6 % of the total variation (Fig. 4a). The first component (41.3 %) separated high altitudes stations from lower altitudes ones characterized by high conductivity and current velocity. The second component (24.3 % of the inertia) opposed altitude and conductivity to temperature, pH, and dissolved oxygen levels. Species richness, used as a supplementary variable, was opposed to current velocity, slope, high conductivity and salinity.

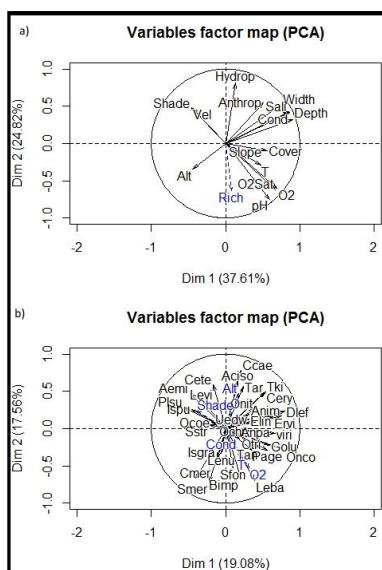


Figure 2.— Correlations between measured environmental variables of Wadi Kebir-East mapped onto the first two principal components of PCA. Species richness was used as a supplementary variable.

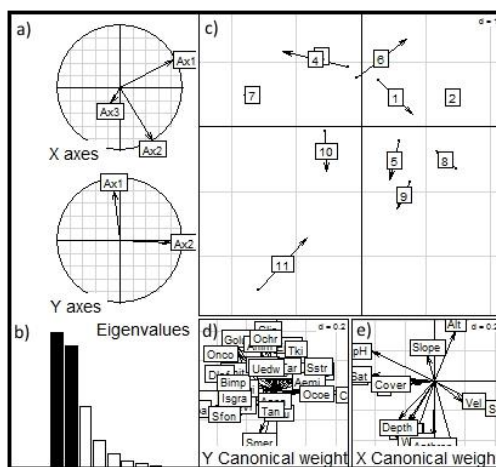


Figure 3.— Results of the co-inertia analysis (CIA) performed between recorded Odonata (coded as presence/absence) and measured environmental variables at Wadi Kebir-East. A) Components of the standardized principal component analysis of the environmental data set projected onto the co-inertia axes (top) and components of the centred principal component analysis of the odonatological data set projected onto the co-inertia axes (bottom). B) Distribution of eigenvalues of CIA. C) F1 x F2 factorial plane of CIA with arrows linking stations according to physico-chemical variables (base of arrows) and Odonata (end of arrows). D) Distribution of species on the F1 x F2 factorial plan of CIA. E) Distribution of environmental descriptors on the F1 x F2 factorial plan of CIA.

Likewise, the first two principal component of PCA, based the faunistic data set, accounted for only 42.9% of the total variation (Fig. 4b). The first component (23.9 % of the inertia) isolated species associated with high altitudes (*Orthetrum nitidinerve*, *Chalcolestes viridis*, *Anax imperator* and *Trithemis kirbyi*) from species associated with lower altitudes and high water conductivity

Results of the CIA (Fig. 5) illustrated the projection of the stations (S1-S10). Stations with high current velocity, conductivity and dissolved oxygen levels dominated the first axis. The second axis represented essentially an altitudinal gradient separating stream stations from those low-altitudes stations characterized by high pH and water temperature. The RV-coefficient, an index of the correlation between the two matrices (species and environmental variables), was 0.51 but, likewise, the permutation test did not show a significant relationship for probably identical reasons (reduced sample size). The Odonata assemblages at Wadi Seybouse were thus organized by CIA along both conductivity/velocity/dissolved oxygen and altitudinal axes.

TABLE V
Parameters estimates for the poisson GLM analysis of Odonata species richness at three Algerian wadis

	Estimate	95% CI	z value	p
<i>Kebir-East</i>				
intercept	44.451	19.685-100.376	9.13	<0.0001
Hydroperiod	0.996	0.994-0.999	-2.714	0.0067
Altitude	0.996	0.992-1.001	-1.652	0.0986
<i>Seybouse</i>				
intercept	30.567	10.999-85.0209	6.552	<0.0001
O2	0.877	0.752-1.023	-1.667	0.096
Conductivity	0.999	0.999-0.999	-2.167	0.03
<i>Rhumel</i>				
intercept	1.699	0.189-15.264	0.474	0.636
Temperature	1.075	0.981-1.177	1.554	0.12

Univariate modelling using Poisson GLM and species richness as a response variable indicated that conductivity was the most significant covariate (Tab. V, Fig. 8b) but the best model was made up of both conductivity and dissolved oxygen. However, this latter covariate was again only marginally significant ($p = 0.096$) and the AIC can safely be overruled by retaining a simplified model. Species richness at Seybouse decreased with increasing values of water conductivity.

Wadi Rhumel

The first two principal components of PCA, based on the environmental data set, accounted for 58.0 % of the total variation (Fig. 6a). The first component (34.2 % of the inertia) separated stations with high water conductivity, salinity and hard water from stations with well oxygenated water. The second principal component (23.9 % of the inertia) characterized stations with high pollution loads. In contrast, the first two principal components of PCA, based on the environmental data set, accounted for only 35.0 % of the total variation (Fig. 6b). The first principal component (18.49 % of the inertia) isolated species like *Coenagrion caerulescens*, *Orthetrum nitidinerve*, *Trithemis arteriosa*, *Diplacodes lefebvrii*, *Orthetrum cancellatum*, *Platycnemis subdilatata* and *Crocothemis erythraea* associated with higher altitudes and having high water conductivity and water hardness from *Paragomphus genei*, *Gomphus lucasii*, *Onychogomphus costae*, *Brachythemis impartita*, *Sympetrum striolatum* and *Orthetrum chrysostigma* associated with lower altitude stations exhibiting higher dissolved oxygen content. The second component (16.6 % of the inertia) isolated an assemblage which included *Coenagrion mercuriale*, *Ischnura pumilio*, *I. graellsii*, *Enallagma deserti* and *Sympetrum fonscolombii* which were associated with waters subjected to a high organic pollution load from another group composed of *Trithemis annulata*, *Orthetrum chrysostigma* and *Anax imperator*, presumably more sensitive to such pollution.

Projection of the stations (R1-R13) by the CIA indicated that the lower reaches of Wadi Rhumel were characterized on the first axis by high water depth, oxygen levels, temperature and wadi width, distinct from stations with higher water conductivity (Fig. 7). The second axis represented a pollution gradient. The RV-coefficient was 0.60 but, likewise, the permutation test

did not show a significant relationship. The Odonata assemblages of the Rhumel were thus organized by CIA along both temperature/oxygen levels and pollution axes.

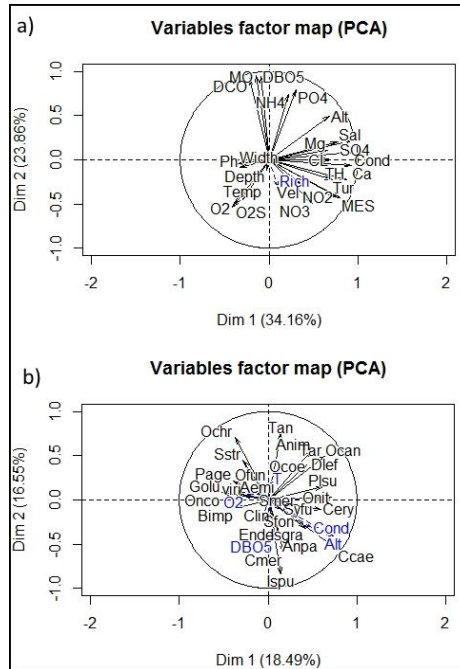


Figure 6.— Correlations between measured environmental variables of Wadi Rhumel mapped onto the first two principal components of PCA. Species richness was used as a supplementary variable.

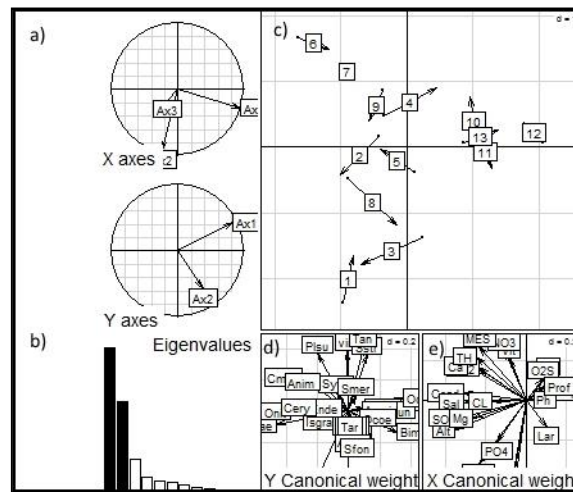


Figure 7.— Results of the co-inertia analysis (CIA) performed between recorded Odonata (coded as presence/absence) and measured environmental variables at Wadi Rhumel. A) Components of the standardized principal component analysis of the environmental data set projected onto the co-inertia axes (top) and components of the centred principal component analysis of the odonatological data set projected onto the co-inertia axes (bottom). B) Distribution of eigenvalues of CIA. C) F1 x F2 factorial plane of CIA with arrows linking stations according to physico-chemical variables (base of arrows) and Odonata (end of arrows). D) Distribution of species on the F1 x F2 factorial plan of CIA. E) Distribution of environmental descriptors on the F1 x F2 factorial plan of CIA.

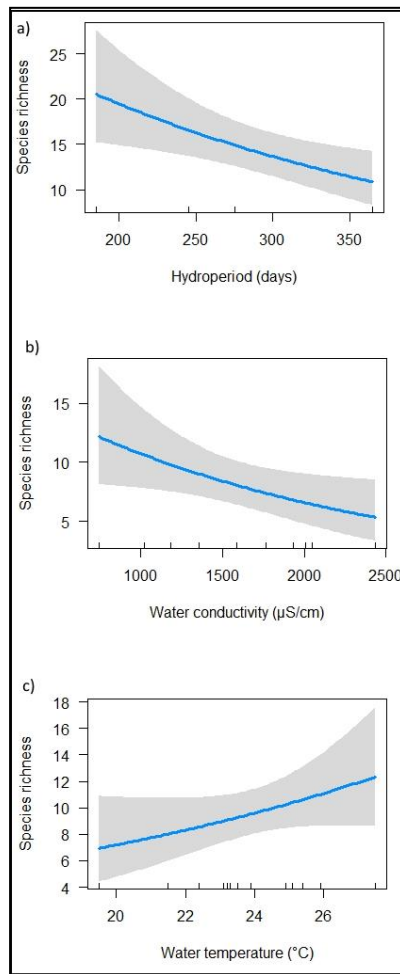


Figure 8.— Predicted species richness plotted against covariates at (a) Kebir-East, (b) Seybouse, (c) Rhumel wadis. Shaded area shows 95 % confidence intervals for the mean.

Univariate modelling of the species richness as a response variable by a Poisson GLM indicated that temperature was the most important covariate, albeit in a marginal way (Tab. V, Fig. 8c). The number of recorded species rose as water temperature increased.

DISCUSSION

In total, 40 species were recorded in our survey with 33, 34 and 32 species for Seybouse, Kebir-East and Rhumel, respectively. It should be noted that all species were sampled in running waters with the exception of *Coenagrion puella*, recorded in standing waters at the Seybouse watershed (Tab. II, Fig. 4). The recorded species represented 60 % of the Algerian odonatofauna (Samraoui & Menai, 1999); 26 species are common to the three wadis. The list includes endemic and threatened species that are indexed in the IUCN North African Red List (Samraoui *et al.*, 2010) (Tab. II).

Two species, *Coenagrion caerulescens* and *Trithemis kirbyi* are new to Numidia (Samraoui & Corbet, 2000a). The latter species has extended its range northwards over the last decades (Boudot

et al., 2009). Another species, *Coenagrion mercuriale*, previously considered as rare, was found to be relatively abundant and common in fast flowing wadis. The species is classified as endangered in the IUCN North African Red List (Samraoui *et al.*, 2010) and Near Threatened in the IUCN Mediterranean Red List (Riservato *et al.*, 2009).

Among the Gomphidae, we recorded four species: *Gomphus lucasii*, *Onychogomphus costae*, *O. forcipatus unguiculatus* and *Paragomphus genei*. Endemic to the Maghreb, *Gomphus lucasii*, found in all three wadis, is classified as vulnerable (VU) in the IUCN North African Red list (Samraoui *et al.*, 2010), the IUCN Mediterranean Red List (Riservato *et al.*, 2009) and the global Red List.

In contrast, *Onychogomphus forcipatus unguiculatus*, assessed as Least Concern in the IUCN North African Red List (Samraoui *et al.*, 2010) and the IUCN Mediterranean Red List (Riservato *et al.*, 2009), was considered rare by Samraoui & Corbet (2000a) and our study seemed to confirm this precarious status for the eastern part of the country. Elsewhere in Algeria, the species appears to be more common (Hamzaoui *et al.*, 2015).

Some species were confined to one wadi (*Calopteryx exul*) or were recorded infrequently on only one site (*Acisoma inflatum*, *Urothemis edwardsii* and *Lestes numidicus*). Endemic to the Maghreb, *Calopteryx exul* is now known in Algeria from only the Seybouse wadi. This species was last recorded by Martin (1910) before its rediscovery at locality S16 during the present study. Following this record, more localities were found by various other investigators but were all limited to the Seybouse (Khelifa *et al.*, 2011; unpublished). *C. exul* is also classified as endangered in the IUCN Mediterranean Red List (Riservato *et al.*, 2009) and the global Red List.

Records of two relict Afrotropical species *Acisoma inflatum* and *Urothemis edwardsii* at the Kebir-East were also made. The presence of the type population of *U. edwardsii* which was for two decades confined to a single site, Lac Bleu, following the demise of another site, Lac Noir (Bélair & Samraoui, 1994), is remarkable. This record is congruent with other observations made at the same time confirming a sudden expansion of the species in the region (Samraoui, in prep.). In the Mediterranean region, *A. inflatum* and *U. edwardsii* are unique to the El Kala region and neighbouring wetlands (Samraoui *et al.*, 1993). Both threatened species are listed in the IUCN Mediterranean Red List (Riservato *et al.*, 2009) and the IUCN North African Red List (Samraoui *et al.*, 2010).

A single male of another North African endemic, *Lestes numidicus*, was caught. The species is classified as data deficient (DD) in the IUCN North African Red List (Samraoui *et al.*, 2010), the IUCN Mediterranean Red List (Riservato *et al.*, 2009) and the global Red List. In Algeria, the study of the complex "*Lestes virens*" revealed the presence within the complex of two taxa that can be separated by rDNA analysis, adult coloration and reproductive period (Samraoui *et al.*, 2003; Samraoui, 2009).

The ecological goods and services provided by Algerian wadis in the arid North African landscape have been eroded over the past decades as local needs for freshwater rose sharply. Like many Mediterranean rivers, Algerian wadis have been subjected to intensive anthropogenic stressors through dam construction and water abstraction (Muñoz & Prat, 1996; Jones, 2011), afforestation with widespread use of exotic pine (Bellot *et al.*, 2004), *Acacia* and *Eucalyptus* plantations (Tererai *et al.*, 2013), invasion of alien plants like Giant Reed (Quinn & Holt, 2008), mining activities (Carvalho *et al.*, 2014; Ferreras-Romero *et al.*, 2009), channel straightening (Elosegi *et al.*, 2010), industrial pollution (Gonzalo & Camargo, 2013) and agricultural runoff (Thiere & Schulz, 2004). These anthropogenic factors can profoundly alter the natural flow regimes and degrade the water quality of wadis, thus impacting negatively the native biodiversity and ecological processes.

Our results are congruent with previous research indicating that dragonflies and damselflies (both adults and larvae) respond to physical habitat conditions (Corbet, 1999) but differed to some extent. Species richness at Kebir-East was negatively correlated with the hydroperiod. Drought

and low flows are known to influence macroinvertebrates (Wood & Petts, 1994). When looking for suitable ovipositing sites, adult Odonates may use visual cues and respond to the horizontal polarization of light reflected from the water surface (Corbet, 1999) and avoid dry stretches of rivers and streams (Hardersen, 2008). However, stations with longer hydroperiods at Kebir-East are correlated with high degree of anthropogenic impacts and are thus shunned by Odonata.

Another important environmental parameter in determining the distribution of Odonata is altitude (Jacobsen, 2003; Harabis & Dolny, 2010). Alongside species associated with the semi-arid Hauts Plateaux like *Coenagrion caerulescens* and *Orthetrum nitidinerve*, we recorded two species of *Trithemis*: *T. arteriosa* and *T. kirbyi*, the latter being known to have expanded its range northward over a recent past (Boudot & Kalkman 2015; Brouwer 2015). Their presence at high altitude in coastal areas may be symptomatic of an altitudinal shift similar to the more obvious latitudinal northward shift (Hickling *et al.*, 2005).

Riparian site selection by breeding Odonates is influenced by the extent of shade and the structure of understory vegetation (Remsberg *et al.*, 2008) thus afforestation may impact negatively on river dynamics and species diversity (Kinvig & Samways, 2000). Shade-seeking species like *Ceriatagrion tenellum* and *Orthetrum coerulescens* are typically associated with dense riparian vegetation which may itself positively influence species richness (Schindler *et al.*, 2010). *Aeshna mixta*, during its aestivation period may also be associated in dense, shaded forests (Samraoui *et al.*, 1998).

Depending on the extent of the canopy, shaded water and riparian areas have probably lower air and water temperature as these two variables are closely related although this relationship may be non-linear (Morrill *et al.*, 2005). Thus, it comes as no surprise that species richness may be driven by temperature as was found at the Rhumel. Temperature is known to set constraints on the distribution (Corbet, 1999; Oertli, 2010), behaviour (De Marco *et al.*, 2005; Reinhardt, 2006; Corbet & May, 2008) and ecology of Odonata (Lutz, 1968; May, 1976; Corbet, 1999).

Among the heliothermic species recorded at sunlit stations, the Gomphidae were represented by *Gomphus lucasii*, and *Onychogomphus costae*. These two species were followed by another gomphid, *Paragomphus genei*, in well-oxygenated sites. Gomphids are sensitive species that shun water pollution (Ferrerias-Romero *et al.*, 2009). Indeed, sewage effluents negatively affect the abundance and diversity of both adult and larval stages of Odonates (Watson *et al.*, 1982) and low pH and high levels of water conductivity may impact adversely Odonates species richness (Rychla *et al.*, 2011). Our results for Wadi Seybouse concur with these findings. The presence of two species of *Ischnura*: *I. graellsii* and *I. pumilio* is unsurprising as species of *Ischnura* have been shown to be quite tolerant of water pollution (Ferrerias-Romero *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2014).

Our preliminary findings suggest that Mediterranean Odonata communities respond to environmental factors and that assessments of their species richness may offer a simple and rapid tool to monitor the ecological integrity of lotic systems. However, there is a real need to increase our knowledge of variations of this index across different scales of space and time.

CONCLUSION

Our investigations of three wadis, Kebir-East, Seybouse, and Rhumel, led to 40 species being recorded. Among these, *Coenagrion caerulescens* and *Trithemis kirbyi* are new to Numidia. The threatened Maghrebian endemic, *Calopteryx exul*, was first recorded in the Seybouse during this study, and confirmed as probably extinct in its type locality, the Rhumel. Our results also confirmed the recent expansion of the threatened relict species *Urothemis edwardsii* which was previously confined to a single site. Data analysis indicated a good congruence between the faunistic and environmental data sets while the exploration of species richness as a surrogate for Odonata diversity, suggested that this ecological index may vary differentially being associated,

according to the wadi studied, with hydroperiod, water conductivity and water temperature. Odonata assemblages as reflected by species richness seem to be strongly shaped by physical factors.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are most grateful to two anonymous referees for helpful and insightful comments. Special thanks to R. Menai, M. Yalles, K. Seridi, A. Braik and M. Hejailia for their valuable help in the field. We want to thank S. Brooks, R. Jacquier, C. Deliry and KD Dijkstra for help with the literature.

REFERENCES

- ABELL, R. (2002).— Conservation biology for the biodiversity crisis: a freshwater follow-up. *Conserv. Biol.*, 16: 1435-1437.
- ABHCSM (AGENCE DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES – CONSTANTINOIS - SEYBOUSE – MELLEGUE) (1999).— Cahiers de l'Agence (Ministère algérien de l'Équipement et de l'Aménagement du Territoire).
- BELLOT, J., MAESTRE, F.T., CHIRINO, E., HERNÁNDEZ, N. & ORTIZ DE URBINA, J.M. (2004).— Afforestation with *Pinus halepensis* reduces native shrub performance in a Mediterranean semiarid area. *Acta Oecol.*, 25: 7-15.
- BENCHALEL, W. & SAMRAOUI, B. (2012).— Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens : l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). *Méditerranée*, 118: 19-27.
- BOUCHELOUCHE, D., KHERBOUCHE-ABROUS, O., MEBARKI, M., ARAB, A. & SAMRAOUI, B. (2015).— The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 70: 248-260.
- BOUDOT, J.-P. & KALKMAN, V.J. (eds) (2015).— *Atlas of the European dragonflies and damselflies*. KNNV publishers, the Netherlands.
- BOUDOT, J.-P., KALKMAN, V.J., AZPILICUETA AMORIN, M., BOGDANOVIC, T., CORDERO RIVERA, A., DEGABRIELE, G., DOMMANGET, J.-L., FERREIRA, S., GARRIGOS, B., JOVIC, M., KOTARAC, M., LOPAU, W., MARINOV, M., MIHOKOVIC, N., RISERVATO, E., SAMRAOUI, B. & SCHNEIDER, W. (2009).— Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula*, Suppt. 9: 1-256.
- BROUWER, P. (2016).— *Trithemis kirbyi* near the Spanish-French border. *Boletín Rola*, 8: 5-8.
- BURHAM, K. & ANDERSON, D.R. (2002).— *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. Springer-Verlag, New York.
- CAMPOS, F., VELASCO, T., SANZ, G., CASANUEVA, P., ALBUQUERQUE, M.T.D. & ANTUNES, I.M.H.R. (2014).— *Ischnura graellsii* (Insecta: Odonata). A water pollution bioindicator – Probability mapping using spatial uncertainty. *River Res. Appl.*, 32: 483-489.
- CARVALHO, F.P., OLIVEIRA, J.M. & MALTA, M. (2014).— Radioactivity in Iberian rivers with uranium mining activities in their catchment areas. *Procedia Earth and Planetary Science*, 8: 48-52.
- CASTELLA, E. (1987).— Larval Odonata distribution as a descriptor of fluvial ecosystems: the Rhone and Ain rivers, France. *Adv. Odonatol.*, 3: 23-40.
- CHOVANEC, A. & WARINGER, J. (2001).— Ecological integrity of river-floodplain systems – assessment by dragonfly surveys (Insecta: Odonata). *Regul. Rivers: Res. Mgmt.*, 17: 493-507.
- CLARK, T.E. & SAMWAYS, M.J. (1996).— Dragonflies (Odonata) as indicators of biotope quality in the Kruger National Park, South Africa. *J. Appl. Ecol.*, 33: 1001-1012.
- CLAUSNITZER, V. (2002).— Dragonfly communities in coastal habitat of Kenya: Indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodivers. Conserv.*, 12: 333-356.
- CLAUSNITZER, V., DIJKSTRA K-D.B., KOCH, R., BOUDOT, J.-P., DARWALL, W.R.T., KIPPING, J., SAMRAOUI, B., SAMWAYS, M.J., SIMAIKA, J.P. & SUHLING, F. (2012).— Focus on African freshwaters: hotspots of dragonfly diversity and conservation concern. *Front. Ecol. Environ.*, 10: 129-134.
- CLAUSNITZER, V. & JÖDICKE, R. (eds) (2004).— Guardians of the watershed. Global status of dragonflies: critical species, threat and conservation. *Int. J. Odonatol.*, 7: 111-430.
- CORBET, P.S. (1999).— *Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata*. Cornell University Press, Ithaca.
- CORBET, P.S. & MAY, M.L. (2008).— Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *Int. J. Odonatol.*, 11: 155-171.
- DE BÉLAIR, G. & SAMRAOUI, B. (1994).— Death of a lake: Lac Noir in northeastern Algeria. *Environ. Conserv.*, 21: 169-172.

- DE MARCO, P., LATINI, A.O. & RESENDE, D.C. (2005).— Thermoregulatory constraints on behavior: patterns in a Neotropical dragonfly assemblage. *Neotrop. Entomol.*, 34: 155-162.
- DIJKSTRA, K-D.B. & LEMPERT, J. (2003).— Odonate assemblages of running waters in the Upper Guinean forest. *Arch. Hydrobiol.*, 157: 397-412.
- DOLÉDEC, S. & CHESSEL, D. (1994).— Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environmental relationships. *Freshwater Biol.*, 31: 277-294.
- DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.-I., KNOWLER, D.J., LÉVÊQUE, C., NAIMAN, R.J., PRIEUR-RICHARD, A.-H., STIASSNY, M.L.J. & SULLIVAN, C.A. (2016).— Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, 81: 163-182.
- ELOSEGI, A., DIEZ, J. & MUTZ, M. (2010).— Effects of hydromorphological integrity on biodiversity and functioning of river ecosystems. *Hydrobiologia*, 657: 199-215.
- FERRERAS-ROMERO, M., MÁRQUEZ-RODRÍGUEZ, J. & RUIZ-GARCÍA, A. (2009).— Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *Adv. Odonatol.*, 6: 45-48.
- GONZALO, C. & CAMARGO, J.A. (2013).— The impact of an industrial effluent on the water quality, submersed macrophytes and benthic macroinvertebrates in a dammed river of Central Spain. *Chemosphere*, 93: 1117-1124.
- HAFIANE, M., HAMZAOUI, D., ATTOU, F., BOUCHELOUCHE, D., ARAB, A., ALFARHAN, A.H. & SAMRAOUI, B. (2016).— Anthropogenic impacts and their influence on the spatial distribution of the Odonata of wadi El Harrach (North-Central Algeria). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 71: 239-249.
- HAMZAOUI, D., HAFIANE, M., MEBARKI, M., ARAB, A., ALFARHAN, A.H. & SAMRAOUI, B. (2015).— The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: Status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *Int. J. Odonatol.*, 18: 175-191.
- HARABIS, F. & DOLNY, A. (2010).— Ecological factors determining the density-distribution of Central European dragonflies (Odonata). *Eur. J. Entomol.*, 107: 571-577.
- HARDERSEN, S. (2008).— Dragonfly (Odonata) communities at three lotic sites with different hydrological characteristics. *Ital. J. Zool.*, 75: 271-283.
- HICKLING, R., ROY, D.B., HILL, J.K. & THOMAS, C.D. (2005).— A northward shift of range margins in British Odonata. *Glob. Change Biol.*, 11: 502-506.
- JACOBSEN, D. (2003).— Altitudinal changes in diversity of macroinvertebrates from small streams in the Ecuadorian Andes. *Arch. Hydrobiol.*, 158: 145-167.
- JONES, N.E. (2011).— Spatial patterns of benthic invertebrates in regulated and natural rivers. *River Res. Appl.*, 29: 343-351.
- KHELIFA, R., YOUCEFI, A., KAHLERRAS, A., ALFARHAN, A.H., AL-RASHEID, K.A.S. & SAMRAOUI, B. (2011).— L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 66: 55-66.
- KINVIG, R.G. & SAMWAYS, M.J. (2000).— Conserving dragonflies (Odonata) along streams running through commercial forestry. *Odonatologica*, 29: 195-208.
- LÊ, S., JOSSE, J. & HUSSON, F. (2008).— FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *J. Stat. Softw.*, 25: 1-18.
- LUTZ, P.E. (1968).— Effects of temperature and photoperiod on larval development in *Lestes eurinus* (Odonata: Lestidae). *Ecology*, 49: 637-644.
- MALMQVIST, B. & RUNDLE, S. (2002).— Threats to the running water ecosystems of the world. *Environ. Conserv.*, 29: 134-153.
- MARTIN, R. (1910).— Contribution à l'étude des Neuroptères de l'Afrique. II. Les odonates du département de Constantine. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 79: 82-104.
- MARTÍN, R. & MAYNOU, X. (2016).— Dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of habitat quality in Mediterranean streams and rivers in the province of Barcelona (Catalonia, Iberian Peninsula). *Int. J. Odonatol.*, 19: 107-124.
- MAY, M.L. (1976).— Thermoregulation and adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.*, 46: 1-32.
- MEBARKI, A. (1982).— *Le Bassin du Kébir-Rhumel (Est algérien)*. *Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau*. Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université de Nancy II.
- MEBARKI, A. (2009).— *Ressources en eau et aménagement en Algérie : Les bassins hydrographiques de l'Est*. Office des Publications Universitaires, Alger.
- MORRILL, J.C., BALES, R.C. & CONKLIN, M.H. (2005).— Estimating stream temperature from air temperature: implications for future water quality. *J. Environ. Eng.*, 131: 139-146.
- MUFIOZ, I. & PRAT, N. (1996).— Effects of water abstraction and pollution on macroinvertebrate community in a Mediterranean river. *Limnetica*, 12: 9-16.
- OERTLI, B. (2008).— The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. Pp 79-95 in: A. Córdoba-Aguilar (ed.). *Dragonflies: model organisms for ecological and evolutionary research*. Oxford University Press, Oxford.

- OERTLI, B. (2010).— The local species richness of dragonflies in mountain waterbodies: an indicator of climate warming? *BioRisk*, 5: 243-251.
- QUINN, L.D. & HOLT, J.S. (2008).— Ecological correlates of invasion by *Arundo donax* in three southern California riparian habitats. *Biol. Invasions*, 10: 591-601.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016).— *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria.
- REINHARDT, K. (2006).— *Macromia illinoensis* Walsh males use shade boundaries as landmarks (Anisoptera: Macromiidae). *Odonatologica*, 35: 389-393.
- REMSBURG, A.J., OLSON, A.C. & SAMWAYS, M.J. (2008).— Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance. *J. Insect. Behav.*, 21: 460-468.
- RISERVATO, E., BOUDOT, J-P., FERREIRA, S., RISERVATO, E., JOVIC, M., KALKMAN, V.J., SCHNEIDER, W., SAMRAOUI, B. & CUTTELOD, A. (2009).— *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*. Gland, IUCN.
- RYCHLA, A., BENNDORF, J. & BUCZYŃSKI, P. (2011).— Impact of pH and conductivity on species richness and community structure of dragonflies (Odonata) in small mining lakes. *Fundam. Appl. Limnol.*, 179: 41-50.
- SAHLÉN, G & EKESTUBBE, K. (2001).— Identification of dragonflies (Odonata) as indicators of general species richness in boreal forest lakes. *Biodivers. Conserv.*, 10: 673-690.
- SAMRAOUI, B. (2009).— Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *Int. J. Odonatol.*, 12: 383-394.
- SAMRAOUI, B. (submitted).— The hand of Man or Santa Rosalia's blessing? A rebuttal of the paper "On the restoration of the relict population of a dragonfly *Urothemis edwardsii* Selys (Libellulidae: Odonata) in the Mediterranean". *J. Insect Conserv.*
- SAMRAOUI, B., BENYACOUB, S., MECIBAH, S. & DUMONT, H.J. (1993).— Afrotropical libellulids (Insecta: Odonata) in the lake district of El Kala, North-East Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsii* (Selys) & *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). *Odonatologica*, 22: 365-372.
- SAMRAOUI, B., BOUDOT, J-P., FERREIRA, S., RISERVATO, E., JOVIC, M., KALKMAN, V.J. & SCHNEIDER, W. (2010).— The status and distribution of dragonflies. Pp. 51-70 In: N. GARCIA, A. CUTTELOD & D. ABDUL MALAK (eds). *The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa*. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, U.K. and Malaga Spain.
- SAMRAOUI, B., BOUZID, S., BOULAHBAL, R. & CORBET, P.S. (1998).— Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies (Anisoptera). *Int. J. Odonatol.*, 1: 118-135.
- SAMRAOUI, B. & CORBET, P.S. (2000a).— The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria. Part I. Status and distribution. *Int. J. Odonatol.*, 3: 11-25.
- SAMRAOUI, B. & CORBET, P.S. (2000b).— The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria. Part II. Seasonal ecology. *Int. J. Odonatol.*, 3: 27-39.
- SAMRAOUI, B. & MENAI, R. (1999).— A contribution to the study of Algerian Odonata. *Int. J. Odonatol.*, 2: 145-165.
- SAMRAOUI, B., WEEKERS, P.H.H. & DUMONT, H.J. (2003).— Two taxa within the North African *Lestes virens* complex (Zygoptera: Lestidae). *Odonatologica*, 32: 131-142.
- SAMWAYS, M.J. & TAYLOR, S. (2004).— Impacts of invasive alien plants on Red-Listed South African dragonflies (Odonata). *S. Afr. J. Sci.*, 106: 78-80.
- SCHINDLER, M., FESL, C. & CHOVANEC, A. (2003).— Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia*, 497: 169-180.
- SIMAIIKA, J.P. & SAMWAYS, M.J. (2012).— Using dragonflies to monitor and prioritize lotic systems: a South African perspective. *Org. Divers. Evol.*, 12: 251-259.
- TERERAI, F., GAERTNER, M., JACOBS, S.M. & RICHARDSON, D.M. (2013).— *Eucalyptus* invasions in riparian forests: effects on native vegetation community diversity, stand structure and composition. *Forest Ecol. Manage.*, 297: 84-93.
- THIERE, G. & SCHULZ, R. (2004).— Runoff-related agricultural impact in relation to macroinvertebrate communities of the Lourens River, South Africa. *Water Res.*, 38: 3092-3102.
- WATSON, J.A.L., ARTHINGTON, A.H. & CONRICK, D.L. (1982).— Effect of sewage effluent on dragonflies (Odonata) of Bulimba Creek, Brisbane. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 33: 517-528.
- WOOD, P.J. & PETTS, G.E. (1994).— Low flows and recovery of macroinvertebrates in a small regulated chalk stream. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.*, 9: 303-316.

Références bibliographiques

- ◆ Abell, R. 2002. Conservation biology for the biodiversity crisis: a Freshwater Follow-up. *Conservation Biology*. Volume 16 (5) p1435-1437.
- ◆ Acquah- Lamtey, D., Kyerematen, R., Oduro Owusu, E.2013. Dragonflies (Odonata: Anisoptera) as tools for habitat assessment and monitoring. *Journal of Agriculture and Biodiversity Research*. volume 2, (8): 178-182.
- ◆ Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois- Seybouse – Mellegue .1999. Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).
- ◆ A.B.H-C.S.M. 2004. Les cahiers de l'agence, Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois-Seybouse –Melegue Bassin des Côtiers constantinois, Constantine.
- ◆ A.B.H-C.S.M 99, Les cahiers de l'agence, Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois-Seybouse –Melegue Le bassin du Kébir-Rhumel, Constantine.
- ◆ A.B.H-C.S.M 2004, Les cahiers de l'agence, Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois-Seybouse –Melegue Le bassin du Kébir-Rhumel, Constantine.
- ◆ Anderson, J., Raimundo, R., Figueiredo, D. 2008. Habitat characteristics and dragonflies (Odonata) diversity and abundance in the Guadiana River eastern of the Alentejo, Portugal. *Boln. Asoc.Esp. Ent.*, 32(3-4): 327-340.
- ◆ Baaloudj, A.2008, Contribution à la mise à jour de l'odonatofaune de l'Est algérien. Mémoire de Magister, Université de Guelma.
- ◆ Balzan, M.V. 2012. Associations of dragonflies (Odonata) to habitat variables within the Maltese Islands: Aspatio-temporal approach. *Journal of Insect Science*. Vol 12 (87): 1-18

- ◆ Belair & Samraoui, B. 1994. Death of a Lake: Lac Noir in Northern Algeria. *Environmental conservation* 21(2): 169- 172.
- ◆ Benchalel,W. & Samraoui, B. 2012.Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens: L'oued El-Kébir et l'Oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). *Revue Méditerranée* N°118 pp19-27.
- ◆ Benchalel,W. 1994. Contribution à l'étude écologique des odonates des eaux courantes (Oued El –Kebir et Oued Bouarroug wilaya d'El-Taref. Thèse de Magister, université d'Annaba.
- ◆ Bitzer, R. Odonata of the middle East and their potential as biological indicators for restoring the Mesopotamian marshlands of South Iraq. Iowa State University, Ames, Iowa 50011-3140.
- ◆ Bouchelaghem, E.2008, Caractérisation du peuplement odonatologique du bassin versant des oueds : Cherf et Seybouse. Mémoire de Magister, Université de Guelma.
- ◆ Boudot,J-P. & De Knijf, G. 2012. Nouvelles données sur les Odonates du Maroc oriental et méridional (Odonata). *Martinia*. Tome 28, fascicule1: 1-28.
- ◆ . Bried, Jason T., Brook ,D. H. & Ervin, G. N. 2007. Umbrella potential of plants and Dragonflies for wetland conservation: a quantitative case study using the umbrella index. *Journal of Applied Ecology* 44: 833-842.
- ◆ Carchini, G, Della Bella, V. Solimini, A-G. & Bazzanti, M. 2007. Relations ships between the presence of odonate species and environmental characteristics in lowland ponds of central Italy. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*. 43 (2): 81-87.
- ◆ Chaib, N., Samraoui, B. 2011. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Kébir-Est et de ses principaux affluents (Nord-Est algérien). *Sécheresse* 22: 171-177.

- ◆ Chaib, N.2011, Cartographie de la qualité des eaux de surface du bassin hydrographique de l'oued Kébir-Est (Nord-Est d'Algérie).Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba. 132p
- ◆ Chovanec,A., Waringer, J., Raab,R., Laister, G. 2004. Lateral connectivity of a fragmented large river system: assessment on a macroscale by dragonflies surveys (Insecta: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14: 163-178.
- ◆ Chovanec, A .,Waringer, J. & al .2005. « The Floodplain Index- a new approach for assessing the ecological status of river/floodplain system according to the EU Water Framework Directive Large Rivers Vol. 15, N°1-4 Arch. Hydrobiol.Suppl. 155/1-4, p 169-185.
- ◆ Clausnitzer, V., Dijkstra, KD., Koch R.,Boudot JP., Darwall WRT.,Kipping J, Samraoui B., Samways MJ., Simaika JP.,Suhling F. 2012. Focus on African freshwaters: hotspots of dragonfly diversity and conservation concern. *The Ecological Society of America. Issue n°3 Volume 10: 128-134.*
- ◆ Clausnitzer, V. 2002. Dragonfly communities in coastal Habitat of Kenya: Indication of biotope quality and the need of conservation measures . *Biodiversity and Conservation* 12: 333-356.
- ◆ Clausnitzer, V. , Dijkstra, KD., Koch,R. , Boudot, JP., Darwall, WRT., Kipping, J., Samraoui, B., Samways, MJ., Simaika, JP., Suhling, F. 2012. Focus on African freshwaters: hotspots of gragonfly diversity and conservation concern. *Front Ecol Environ* 10(3): 129-134.
- ◆ Clausnitzer, V. Kalkman, V. J., Ram M., Collen,B., Baillie, J EM, benjadic, M.2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation* 142: 1864-1869.
- ◆ Corbet, P.S. 1999. Dragonflies. Behaviour and ecology of Odonata. Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- ◆ Dale, V.H.& Beyeler, S.C.2001. Challenges in the development and use of ecological indicators *Ecological indicators* 1 (2001) 3-10
- ◆ D'Amico, F., Darblade, S. Avignon, S., Blanc-Manel, S. and.Ormerod, S-J. 2004. Odonates as Indicators of Shallow Lake Restoration by liming : Comparing Adult and Larval Responses. *Restoration Ecology* Vol 12 N° 3 pp 439-446.

- ◆ De Belair, G. & Samraoui, B. 1994. Death of Lake: Lac Noir in Northeastern Algeria; *Environmental conservation* 21 (2): 169-172.
- ◆ Dijkstra, K-D. B. & Matushkina, N. 2009. Kindred spirits: “*Brachythemis leucosticta*”, Africa’s most familiar dragonfly, consists of two species (Odonata: Libellulidae). *International Journal of Odonatology*, 12 (2): 237-256.
- ◆ Dijkstra, K-D. B. & Lempert, J. 2003. Odonate assemblages of running waters in the Upper Guinean forest. *Archiv fuer Hydrobiologie*. 157 (3): 397-412
- ◆ Eltjon, H. Anila, P. Dritan, T. Kastriot, M. 2010. The Impact of Environmental Conditions on the Biodiversity of Aquatic insects, Odonata, from aquatic Ecosystems of Karavasta and Spillea, in Albania . BALWOIS-Ohrid Republic of Macedonia
- ◆ Fulan, J. A. , Raimundo, R., Figueiredo, D. 2008. Habitat characteristics and dragonflies (Odonata) diversity and abundance in the Guadiana River, eastern of the Alentejo, Portugal. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia*. 32 :327-340.
- ◆ Grand, D & Boudot, J. P. 2006. Les libellules de France, de Belgique et du Luxembourg. Parthenope collection, Mèze (France).
- ◆ Hadj-Said, S. 2007, Contribution à l’étude hydrogéologique d’un aquifère en zone côtière : Cas de la nappe de Guerbes. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba. 188p
- ◆ Hamzaoui, D. , Hafiane, M. , Mebarki, M. , Arab, A. , Alfahran, AH. , Samraoui, B. 2015. The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *International Journal of Odonatology*. 18:3, 175-191
- ◆ Hardersen, S. 2008. Dragonfly (Odonata) communities at three lotic sites with different hydrological characteristics. *Italian Journal of Zoology*. 75 (3): 271-283.
- ◆ Hassall, C., Thompson D. J ., Harvey, I. F. 2010. The impact of climate-induced distributional changes on the validity of biological water quality metrics *Environmental Monitoring and Assessment* .160 (1): pp 451-456.

- ◆ Hofmann, T., Mason, C. 2005. Habitat characteristics and the distribution of Odonata in a lowland river catchment in eastern England. *Hydrobiologia*. 539: 137-147.
- ◆ Jacquemin, G. & Boudot, J-P. 1999. Les libellules (Odonates) du Maroc. *Société Française d'Odonatologie* : 1-150
- ◆ Jödicke, R. , Boudot, J-P., Jacquemin, G., Samraoui, B., Schneider, W. 2004. *International Journal of Odonatology* 7 (2): 239-253.
- ◆ Jödicke, R., Arlt, J. , Kunz, B. , Lopau, W., Seidenbusch, R. 2000. The Odonata of Tunisia. *International Journal of Odonatology* 3 (1): 41-71.
- ◆ Kalkman, V-J., Clausnitzer, V., Dijkstra, K-D J. Orr, A.G., Paulson, D.R., Tol, J;V. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 351-363.
- ◆ Kadoya, T. & Washitani , I . 2007. An Adaptive management scheme for wetland restoration incorporating participatory monitoring into scientific predictions using Dragonflies as an indicator taxon *Global Environmental Reseaech* 11: 179-185 .
- ◆ Kitanova, D., Slavevska Stamenkovic, V., Kostov, V. & Marinov, M. Contribution to the knowledge of Dragonfly fauna of the Bregalnits river, Macedonia (Insecta: Odonata). *Natura Montenegrina, Podgorica*. 7 (2): 169-180
- ◆ Khelifa ,R., Youcefi, A.J., Kahlerras, A., Al Farhan, A., Al Rasheid, KAS., Samraoui, B. 2011. L'odonatofaune (Insecta : Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie : intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue. Ecologie.-Terre Vie* 66:55-66.
- ◆ Kriska, G., Bernath, B., Farkas, R. Horvath, G. 2009. Degrees of polarisation of reflected light eliciting polarotaxis in dragonflies (Odonata), mayflies (Ephemeroptera) and tabanid flies (Tabanidae). *Journal of insect physiology*. 1167-1173.
- ◆ Mebarki, A. 1982, Le Bassin du Kébir-Rhumel (Est algérien) Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université De Nancy II. 304p.
- ◆ Mebarki, A. 2005, Hydrologie des bassins de l'Est algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mentouri de Constantine. pp. 1-109.

- ◆ Mebarki, A. 2009, Ressources en eau et aménagement en Algérie : Les bassins hydrographiques de l'Est. Office des publications universitaires, Alger.388p.
- ◆ Mehennaoui-Afri, Fatima-Zohra. 1997, Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'oued Kébir-Rhumel et de ses principaux affluents. Thèse de Magister, Université Mentouri de Constantine. 267p.
- ◆ Menaï, R. 2005. Contribution à l'étude des macroinvertébrés des eaux continentales de l'Algérie : Inventaire, écologie et biogéographie des odonates. Mémoire de Doctorat, Université d'Annaba.
- ◆ Meybeck MH.2006: Global changes in aquatic systems and their interrelations with human health. Interactions between Global Change and Human Health Pontifical Academy of Sciences, Scripta Varia 106, Vatican City .
www.pas.va/content/dam/accademia/pdf/sv106/sv106-meybeck.pdf
- ◆ Niemi, G.J., Mc Donald , M. E. 2004. Application of Ecological Indicators. *Annu.Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35 :89-111
- ◆ Orians, G.H., Wittenberger, J.F. 1991. Spatial and temporel scales in habitat selection. *The American Naturalist*. Vol 137: pp S29-S49
- ◆ Perry, T. E. 1981. Dragonflies and Damselflies (Odonata) of the Grand River System, Northeastern Ohio j. *SCI* . 81 (3): 125,1981.
- ◆ Raebel, E- M., Merckx, T., Riordan, P., Macdonald, D-W., Thompson, D-J.2010. The Dragonfly delusion: Why is essential to sample exuvie to avoid biased surveys. *Journal of Insect Conservation*. 14:523-533
- ◆ Renner, S., Périco, E., Sahlén, G. 2013.Dragonflies (Odonata) in Subtropical Atlantic Forest fragments in Rio Grande do Sul, Brazil: Seasonal diversity and composition.*Sientia Plena*. Vol 12, n°1: 1-8
- ◆ Riservato, E., Boudot, J-P., Ferreira, S., Riservato, E., Jovic, M., Kalkman, V.J, Schneider,W Samraoui, B.,Cuttelod,A.2009. Statut de Conservation et Répartition Géographique des Libellules du Bassin Méditerranéen. Gland, Suisse et Malaga, Espagne : UICN. viii + 34 pp.
- ◆ Samraoui, B., Boudot, J-P.Ferreira, S., Riservato, E., Jovic, M., Kalkman, V.J, Schneider, W.2010. The status and distribution of Dragonflies. in : Garcia, N.et al, The status and distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa, Chap. 5. IUCN Red List of Threatened Species, Regional Assessments. Gland,Switzerland, Malaga Spain, pp 51-70.

- ◆ Samraoui, B. & Menäï, R. 1999. A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology* 2 (2): 145-165.
- ◆ Samraoui, B., Corbet, P.S. 2000 Part I. The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria Part I (Status and distribution). *International Journal of Odonatology* 3 (1): 11-25
- ◆ Samraoui, B., Corbet, P.S. 2000 Part II. The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria Part II (Seasonal Ecology) *International Journal of Odonatology* 3 (1): 27-39.
- ◆ Samraoui, B. 2009. Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology* 12 (2): 383-394.
- ◆ Samraoui, B., Weekers, P.H.H., Dumont, H-J. 2003. Two taxa within the North African *Lestes virens* complex (Zygoptera: Lestidae). *Odonatologica* 32(2): 131-142.
- ◆ Samraoui, B., Bouzid, S., Boulahbal, R., Corbet, P.S. 1998. Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies (Anisoptera). *International Journal of Odonatology* 1: 118-135.
- ◆ Schindler, M. Fesl, C., Chovanec, A. 2003. Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia*. 497: 169-180.
- ◆ Silva, D., Marco, P., Resende, D. 2010. Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecological indicators*. 10.744- 752.
- ◆ Simaika, J-P. & Samways, M-J. 2012. Using dragonflies to monitor and prioritize lotic systems: a South African perspective; *Organisms Diversity & Evolution*. 12: 251-259.
- ◆ Touabay, M., Aouad, N., Mathieu, J. 2002. Etude hydrobiologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas : L'Oued Tizguit (Maroc) *Annales de Limnologie*, 38 : 65-80.
- ◆ Zouaidia, H. 2006, Bilan des incendies de forêts dans l'Est algérien : Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahas. Thèse de Magister, Université Mentouri de Constantine. PDF consulté le 10/11/2010.

Site internet

- [1] Achour, S., Guerzazi, S., Harrat, N. Pollution organique des eaux de barrage de l'Est algérien et effet de la chloration Chap 14 in Partie IV Le traitement et la qualité des eaux potables (En ligne) consulté le 8/1/2012.
- [2] Affoun, S. 2006, Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh. (En ligne). PP 186 Disponible sur : « bu.umc.edu.dz/theses/sc-terre/AFF4699.pdf » consulté le 3/8/2012
- [3] Allam, Z. 2012, Détermination des paramètres physico-chimiques. (En ligne). Disponible sur : dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/995/8/CHAPITRE04.pdf Consulté le 28/05/2015.
- [4] D'Amico, F., S. Darblade, S. Avignon, S. Blanc-Manel & S.J. Ormerod. 2004. Odonates as indicators of shallow lake restoration by liming: comparing adult and larval responses. (En ligne). Restor. Ecol. 12: 439-446. Consulté le 12/8/2012.
- [5] Cherifi, K., & Bouzidi, M. 2008. Approche préliminaire d'étude d'impact du surpâturage dans les Monts de Tessala (Wilaya de Sidi Bel Abbes) (En ligne) Colloque international « Développement durable des productions animales : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 Avril 2008 www.ensa.dz/IMG/pdf/actes_du_colloque_3-SR5.pdf consulté le 2/10/2014.
- [6] Derradji, Z. 1997, Ressources en eaux de surface pour l'aménagement hydraulique dans le bassin de l'oued El Kébir (Nord-Est algérien). (En ligne). Sécheresse n°1 volume 8 pp13-19 Consulté le 10/11/2010.
- [7] Kerdoud, S. 2006, Le bassin versant de Beni Haroun eau et pollution. (En ligne). pp 128 Disponible sur : « bu.umc.edu.dz/theses/sc-terre/KER4811.pdf » consulté le 3/8/2012
- [8] Marmi, R., Kacimi, Boularak, M. 2008. Les mouvements de terrain dans la région de Mila (Algérie Nord-Orientale) : impact sur les infrastructures. (En ligne). Revista de geomorfologie – vol. 10, 2008, pp. 51-56 consulté le 10/11/2010
- [9] Mebarki, A., Thomas, C. 1988. Analyse des relations entre écoulements superficiels et souterrains à partir des hydrogrammes des cours d'eau Application au bassin du Kébir-Rhumel dans le Constantinois (Algérie). (En ligne). Hydrologie continentale, vol.3, n°2, 1988, pp. 89-103. Consulté en octobre 2011.

Webographie

- [1] : Daniel Grand & J. P Boudot
- [2] : http://www.libellules.org/fra/pages_dyna.php?idpage=764
- [3] : <http://dzagro.net/forums/viewtopic.php?f=79&t=595>

[4]:<http://face-a-phasme.azureforum.com/t113>

[5]: <http://forum.microscopia.com/topic/5971-larve-de-libellule/>

Glossaire

Glossaire

Alcalino terreux: Ce nom vient du terme « métaux de terre » utilisé en alchimie et décrivant les métaux qui résistent au feu, les oxydes de métaux alcalino-terreux demeurant solides à des températures très élevées (Calcium, Magnésium, Béryllium, Strontium, Baryum, Radium)

Bassin versant: Le bassin versant est défini comme une entité topographique et hydrographique où se produisent des entrées d'eau (Précipitations et apports souterrains) où l'écoulement s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur

Corps allates: corpus allatum ou corpora allata au pluriel, : une glande endocrine qui assure la biosynthèse de l'hormone juvénile, hormone inhibitrice de la métamorphose chez la larve.

Cristallophyllien: Roche dont la structure est cristalline et feuilletée. Les schistes et les grès sont des roches *cristallophylliennes*.

Culée : ARCHIT. Culée (d'arc-boutant). Pilier destiné à soutenir la voûte d'un édifice, la poussée d'un arc-boutant. Les voûtes des Romains exigeaient des culées aussi bien que les voûtes des maîtres du moyen âge (Viollet-Le-Duc, Archit.,1872, p. 78).

B.– TRAV. PUBL. Massif de maçonnerie établi contre les rives pour soutenir la poussée de la voûte d'un pont à ses deux extrémités.

Déblais : Gravats, débris ou terre que l'on retire d'un terrain

Déclivité : (*n.f.*) Inclinaison, pente, versant

Ecdysone: hormone stéroïdienne intervenant dans le processus de la mue des arthropodes

Evaporation Piche : Permet d'évaluer l'importance de la vitesse d'évaporation d'un volume d'eau donné (exprimée en mm par jour, par mois ou par an). Le pouvoir évaporant de l'air est mesuré par l'intermédiaire d'une surface normalisée imbibée d'eau.



Garâats : Mot appartenant à la langue Arabe qui veut dire mare

Gelée blanche : est un dépôt de cristaux de glace qui se forme par transformation directe de l'eau à l'état de vapeur en glace. C'est un phénomène de condensation solide.

Glacis : Un **glacis** est une surface de terrain inclinée que l'on rencontre essentiellement dans les régions de piémonts et en bas des buttes

Un glacis est une forme de relief non structurale consistant en une surface plane et peu inclinée (quelques degrés). Suivant son origine, on distingue:

Les glacis d'érosion: sur lesquels la roche est à nu ou semée de débris qui sont plus ou moins rapidement déblayés. Ce terme est habituellement utilisé pour les surfaces taillées dans les roches tendres, celles élaborées dans les roches dures étant appelées "pédiments".

Les glacis alluviaux: où la roche en place est masquée par une épaisseur d'alluvions faible (glacis d'épandages) ou forte (glacis d'accumulation). Les glacis sont souvent creusés, selon leur pente, de rigoles peu profondes appelées rills.

Gué : Un endroit où l'on peut traverser un cours d'eau à pied , sans s'embourber ni être emporté par le courant.

Grau: En matière maritime, un grau est un espace opérant une communication entre les eaux de la mer et les eaux intérieures . Un grau s'ouvre au point le plus faible du cordon littoral à l'occasion d'une crue ou d'une tempête.

Glandes ventrales ou prothoraciques: Elles secrètent l'ecdysone et sont logées à la base de la tête.

Hormones juvéniles: hormone inhibitrice de la métamorphose chez la larve

Hydromorphe: L'hydromorphie est une qualité d'un sol. Un sol est dit hydromorphe lorsqu'il montre des marques physiques d'une saturation régulière en eau.

Hyper osmotiques : Leur osmolarité est supérieure à celle du milieu extérieur. L'eau va avoir tendance à quitter l'organisme pour aller dans le milieu extérieur mais les ions Na et Cl vont pénétrer dans l'organisme. ils doivent donc compenser ces entrées, ou pertes, d'eau et d'ions. Des transports actifs d'ions, nécessitant de l'énergie, permettent de lutter contre la diffusion des substances due à l'osmose. Des organes se sont spécialisés dans l'osmorégulation.

Hypo osmotique : Ils possèdent une osmolarité plus basse que celle du milieu extérieur. L'eau va avoir tendance à pénétrer par diffusion dans l'organisme tandis que les ions Na et Cl vont diffuser vers l'extérieur.

Karstique : Un karst est un massif calcaire dans lequel l'eau a creusé de nombreuses cavités. On parle de massifs ou de reliefs karstiques.

Le lagunage: Est un système de traitement des eaux qui se sert des mécanismes naturels de l'environnement où l'eau est épurée par des communautés de micro-organismes variés. Cette technique repose sur la présence de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit par des végétaux en présence de rayonnement lumineux.

Lenntech : Entreprise qui fut créée en 1993 par des membres de l'université technique de Delft aux Pays Bas. Les principaux objectifs de l'entreprise sont de: développer, dessiner, construire et installer des systèmes propres pour l'environnement, de traitement de l'eau et de purification de l'air dans le monde entier.

Marnes: La marne est une roche sédimentaire, mélange de calcaire (CaCO₃) et d'argile dans des proportions à peu près équivalentes variant de 35 % à 65 %.

Mattoral : Type de végétation méditerranéenne relativement aérée, reconnaissable notamment à la présence de chênes de petite taille, d'oliviers, etc.

Multiscalaire : Une démarche **multiscalaire** a pour but de comprendre l'organisation et l'aménagement d'un territoire en l'étudiant à différentes échelles : mondiale, continentale, nationale, régionale, locale par exemple.

Ravinement : Érosion plus ou moins importante du sol par les eaux de ruissellement.

Replats: plate-forme.

Stère : Quantité de bois équivalent à un mètre cube

Sols hydromorphes: C'est un sol qui est saturé en eau

Terrestrialisme: Particularité que possèdent certaines larves d'odonates de vivre en milieu terrestre

Thalwegs : (ou *talweg*) correspond à la ligne qui rejoint les points les plus bas d'une vallée

- C'est un terme d'origine allemande, formé des deux substantifs *Tal*, signifiant « vallée », et *Weg*, signifiant « chemin » : il signifie littéralement « chemin de vallée ». En français on dirait plutôt « ligne de collecte des eaux ». Les thalwegs sont en grande majorité modelés par l'érosion fluviale et fréquemment occupés par le réseau hydrographique.

Annexes

I) Méthodes d'analyses des différents paramètres physico-chimiques

I.1. Dosage de l'ammonium: Méthode spectrométrique manuelle ISO 7150/1-1984 (F)

Principe :

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium) .

Réactifs :

1-Eau exempte d'ammonium.

2-**Réactif coloré (Réactif I):** Peser 13g + ou- 1g de salicylate de sodium, 13g +ou- 1g de citrate trisadiquedihydraté et 0,097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée . Conserver dans un récipient en verre brun . Cette solution est stable pendant 2 semaines .

3-**Dichloroisocyanurate de sodium (Réactif II):** prendre 3,2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée , + 0,2g +ou- 0,002g de dichloroisocyanuratedihydraté . Dissoudre dans 100 ml d'eau distillée . Conserver dans un récipient en verre brun .

4- **Solutions étalons** :chlorures d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ou le sulfate d'ammonium

Etalonnage :

Courbe d'etalonnage :

S fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	25	40
E.D (ml)	50	49	47,5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (Coloré) (ml)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1h 30min						
$[\text{NH}_4]$ enmg/l	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

Préparation de l'échantillon : prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml(réactifI) . ; puis ajouter „4 ml de la solution de réactif II , compléter la fiole jusqu'à la jauge, Attendre 1h30min ,L'apparition de la couleur vert indique la présence de l'ammonium effectuer la lecture à 655 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l .

I.2. Dosage des ions nitrites: Méthode spectrométrique ISO 5667

1-PRINCIPE

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (PH=1,9) avec la sulfanilamide en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

3- REACTIFS :

-Solution du réactif :

20g de Sulfamide, (C₆H₈N₂O₂S) a dissoudre dans un mélange de **50ml** d'acide phosphorique (d=1,71g/ml=85% de masse) et **250 ml** d'eau distillée.

Dans cette solution dissoudre **1g de** N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté (C₁₂H₁₆CL₂N₂)

Compléter avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée à un volume de **500ml**, cette solution est stable pendant un mois si elle est gardée à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et 4⁰ C au frigo.

-Solution d'acide phosphorique :

Dans une fiole jaugée de 250 ml, dissoudre 25 ml d'acide phosphorique (d=1,71g/ml=85% en masse) dans 150ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, on complète à l'eau distillée à 250ml.

-Solution standard de 100 mg/l

Dissoudre **0,4926g ± 0,0002** de Nitrites de Sodium (NaNO₂), sécher pendant 2 heures à

105⁰ C dans 750 ml d'eau distillée compléter à 1L.

1ml=100gr= 0,1mg de NO₂-N. Cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à 4⁰c.

4- PRELEVEMENT ET PREPARATION DES ECHANTILLONS.

Conserver l'échantillon à 4⁰C et effectuer le dosage dans les six heures qui suivent le prélèvement. En cas d'impossibilité, ajouter une goutte de chloroforme à l'échantillon.

Pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre.

Courbe d'étalonnage :

\$ fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	7,5	10
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	42,5	40
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
[NO ₂ ⁻] mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2

5- MODE OPERATOIRE :

Prendre 50 ml d'eau à analyser, - Ajouter 1 ml du réactif mixte. Attendre 10mn.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

I.3.Dosage des nitrates NO_3^- méthode au salicylate de sodium**1-Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

2-Réactifs :

* Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).

0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

* Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

* H_2SO_4 concentré.

* Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

* Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l..

4-Courbe d'étalonnage.

N° de capsule	B	I	II	III	IV
\$ étalon 5 mg/l.	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
\$ de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

-5-Mode opératoire

-Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.

-Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

-Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

(ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.

-Reprendre le résidu avec 2 ml. H_2SO_4 laisser reposer 10 mn.

- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium

-6-Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

I.4.Détermination des phosphates PO₄³⁻ ISO : 6878

1.Principe : Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

2.Réactifs :

2.1 Réactif- mélange :

- A- 13 g d'heptamolybdate d'ammonium qsp 100 ml H₂O distillée.
- B- 0.35 g de tartrate d'antimoine qsp 100 ml H₂O distillée.
- C- 150 ml d'acide sulfurique concentré qsp 300 ml H₂O distillée.
- Mélanger (A + C) + B ↗ 500 ml (Stable pendant deux mois).

2.2 Acide ascorbique : - 10 g Acide ascorbique qsp 100 ml H₂O distillée. .

4. solution mère d'orthophosphate à 50mg/l PO₄³⁻ :

A partir de K₂HPO₄ dipotassium hydrogène phosphate préalablement séché pendant 2 heures

A 105 °c

- K₂HPO₄.....0,281g
- Eau Distillée.....1000 ml
- H₂SO₄ 4,5 N10 ml

A partir de solution d'acide sulfurique 9mol/l (50% eau + 50% H₂SO₄)

Prélever un volume de cette solution et diluer à 50%

Solution fille à 2 mg/l PO₄³⁻

20 ml de la solution à 50mg/l dans une fiole de 500 ml et compléter au volume ,par l'eau distillée

5.Gamme d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
S.fille à 2.0 mg/l P	0 ml	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8
Qsp 40 ml eau distillée	40 ml	40	40	40	40	40

Mg/l de P	0.0	0,0015	0,03	0,06	0,120	0,240
Mg/l de PO₄³⁻	0.0	0,0459	0,0918	0,1836	0,3672	0,7340
Formule : P \rightarrow 3.06 \uparrow PO ₄ ³⁻						
Acide ascorbique	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
Réactif – mélange	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml

3.Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- 1 ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange
- attendre 10 mn.

L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO₄³⁻.

Longueur d'onde λ à 700 ou 880 nm

6. Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

I.5.Matières en suspension (MES)

Principe: L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Matériel utilisé:

- ✓ Dispositif de filtration
- ✓ Disque de filtration : Papier en fibre de verre /Papier Watman 47mm de diamètre

Mode opératoire:

- 1- Peser les disques après passage au dessiccateur
- 2- Le mettre en place sur le dispositif de filtration, mettre en service le dispositif et verser 200 ml de l'échantillon(V) sur le filtre
- 3- Sécher le disque de filtration à 105°C pendant 20mn
- 4- Laisser refroidir et peser

Expression des résultats: La teneur de l'eau en MES est exprimée en (mg/l) et est donnée par l'expression suivante

$$\text{MES (mg/l)} = (P2 - P1) \times 5 \times 1000$$

I.6. Dosage du calcium (Méthode titrimétrique à l'EDTA) NF T90-003 (août 1984).**■ Principe**

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale

Réactifs

– Solution d'EDTA 0,02 N (0,01 M).

Dissoudre 3,721 g de sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétracétique (cristallisé

2 H₂O) dans un litre d'eau déionisée. 1 mL d'EDTA 0,02 N correspond à 0,4008 mg de

calcium, soit 1 mg de carbonate de calcium.

À conserver dans des flacons en polyéthylène.

– Solution d'hydroxyde de sodium 2 N.

– Indicateur : acide calcéone carboxylique :

acide [hydroxy-2-(hydroxyl-2-sulfo-4-naphtyl-azo-1)-1 naphthalène carboxylique] ou HSN 0,2 g

chlorure de sodium ou sulfate de sodium 100 g

Pulvériser l'indicateur et mélanger intimement avec le chlorure ou le sulfate de sodium.

– Solution étalon de calcium (0,01 M) :

carbonate de calcium pur 1,001 g

acide chlorhydrique 2 N q.s.p. pour dissoudre

eau déionisée q.s.p. 1 L

À conserver dans un flacon en polyéthylène.

■ Mode opératoire*Étalonnage de l'EDTA*

Dans une fiole conique de 100 mL, introduire successivement :

solution étalon de calcium 20 mL

eau déionisée q.s.p. 50 mL

solution d'hydroxyde de sodium 2 mL

indicateur 0,2 g

Ajouter la quantité nécessaire de solution d'EDTA jusqu'à virage au bleu.

Soit x le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage une deuxième fois. Prendre la moyenne de ces deux titrages, soit f le rapport entre le titre ainsi mesuré de la solution d'EDTA et le titre théorique (0,01 M).

Dosage proprement dit

Dans une fiole conique de 250 mL, introduire successivement :

eau à analyser 50 mL

solution d'hydroxyde de sodium 2 mL

indicateur 0,2 g environ

Ajouter la quantité de solution d'EDTA nécessaire pour avoir un virage au bleu. Soit y le nombre de millilitres versés.

Effectuer le dosage une deuxième fois. Prendre la moyenne des deux résultats. Soit V le volume ainsi déterminé.

■ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 mL, la teneur en calcium est égale à

$\text{Ca (mg/L)} = \frac{VXf \times 0,4008 \times 1\,000}{50}$

1.7. Dosage du magnésium

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée.

1.8. Le titre hydrotimétrique

Dureté totale par titrimétrie à l'EDTA

Cette méthode permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium ; avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

■ Principe

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

Réactifs

– Solution de noir ériochrome T à 0,5 % :

sel de sodium de l'acide [(hydroxy-1-naphtylazo-2) nitro-6-naphtol-2-sulfonique-4)](*) 0,5 g triéthanolamine *q.s.p.* 100 mL

– Solution tampon pH 10 : chlorure d'ammonium (NH₄Cl) 67,5 g
ammoniaque (*d* = 0,925) 570 mL

sel disodique de magnésium de l'EDTA (C₁₀H₁₂N₂O₈Na₂Mg) 5 g
eau déionisée *q.s.p.* 1 L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène.

Vérifier le pH qui doit être égal à 10 sur une dilution au 1/10 de la solution avec de l'eau déionisée.

– Solution d'EDTA : sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 3,725 g
eau déionisée *q.s.p.* 1 L

Conserver la solution en flacon de polyéthylène et vérifier son titre périodiquement à l'aide de la solution étalon de calcium. Prélever 20 mL de solution étalon de calcium, les diluer à 50 mL puis procéder au dosage comme décrit dans le mode opératoire. La concentration de la solution d'EDTA en mol. / L est donnée par l'expression

$$c = 0,01 \times \frac{v1}{v2}$$

*v*₁ = Volume en mL de la solution étalon.

*v*₂ = Volume en mL de la solution d'EDTA.

– Solution étalon de calcium à 0,4008 g/L :

carbonate de calcium déshydraté 1,001 g

acide chlorhydrique dilué au 1/4 *q.s.p.* dissoudre

rouge de méthyle quelques gouttes

ammoniaque diluée au 1/10 *q.s.p.* virage de l'indicateur

eau déionisée *q.s.p.* 1 L

Mettre le carbonate de calcium dans un bécher, ajouter 100 mL d'eau puis de l'acide chlorhydrique en quantité juste suffisante pour dissoudre le carbonate de calcium.

Ajouter

200 mL d'eau et porter la solution à l'ébullition quelques minutes pour éliminer le dioxyde

de carbone. Après refroidissement, ajouter quelques gouttes de solution de rouge de

méthyle puis de la solution d'ammoniaque jusqu'au virage de l'indicateur à l'orange. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1 litre, compléter le volume avec de l'eau déionisée. 1 mL de la solution contient 0,4008 mg de calcium.

Mode opératoire

Introduire 50 mL d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 mL, ajouter 4 mL de solution tampon et trois gouttes de solution de noir ériochrome T. La solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

■ Expression des résultats

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalents par litre, est donnée par l'expression

$$1\,000 \times c \times v_1$$

$$v_2$$

c = Concentration en milliéquivalents par litre de la solution d'EDTA.

v_1 = Volume en mL de la solution d'EDTA.

v_2 = Volume d'échantillon.

1.9. Dosage des chlorures: Méthode de Mohr

■ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Réactifs

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

■ Mode opératoire

Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).

Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

■ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 mL :

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl⁻ par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

1.10 Dosage des Sulfates: Méthode néphélométrique

Méthode néphélométrique

■ Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de polyvinyl-pyrrolidone ou de Tween 20 à 25 %.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :
chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) 10 g
solution de Tween 20 [polyoxyéthylène (20) sorbitan monolaurate]

ou 5 mL de solution de polyvinyl-pyrrolidone 20 ml
- eau déionisée 100 ml

- Solution étalon de sulfate de sodium à 150 mg/L de SO_4^{2-}
- sulfate de sodium anhydre 0,221 g
- eau déionisée 1 000 mL

Mode opératoire

Dans un tube, introduire successivement :

eau à analyser 50 mL

acide chlorhydrique au 1/10 1 mL

solution de chlorure de baryum + Tween 20

ou solution de chlorure de baryum + PVP 5 mL

- Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau déionisée.

- Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

■ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur en sulfates exprimée en milligrammes de SO_4^{2-} – par litre d'eau.

Code station	Ch	Syfu	Lebo	Lem	Levi	vir	Plu	Ispu	Igra	Clin	Cmer	Ccae	Ende	Ervi	Cete	Golu	Page	Onco	Ofun	Aemi	Anim	Ampu	Ocae	Ocan	Otri	Ochr	Acio	Oni	Dlef	Cery	Bimp	Sfon	Smer	Ssr	Tan	Tar	Tki	Uedw			
Bombal	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0			
Leb	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	
KRS2	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
KRS1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
KPro	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
Mex1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
Mex2	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	
Guer	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
Seba	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Bouathare	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
Maf	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0		
RTadj	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
BRsas	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
HGAm	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
R4hm	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	
HGAv	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
RCas	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
Rsmar	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
BSsa	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Rbouz	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0
Chga	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
Kraf	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Infj	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
KDje	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0

**Abréviations et noms binomiaux des principales espèces
du Kebir-Est et du Kebir Rhumel**

Abréviations	Espèces et noms binomiaux
Ch	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)
Symfu	<i>Sympecma fusca</i> (Vander Linden, 1820)
Leba	<i>Lestes barbarus</i> (Fabricius, 1798)
Lenu	<i>Lestes numidicus</i> Samraoui, weekers & Dumont, 2003
Levi	<i>Lestes virens</i> (Charpentier, 1825)
Levir	<i>Lestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)
Plasu	<i>Platycnemis subdilatata</i> Sélys, 1849
Ispu	<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)
Isgra	<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)
Coelin	<i>Coenagrion lindenii</i> (Selys, 1840)
Coeme	<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)
Coecae	<i>Coenagrion caerulescens</i> (Fonscolombe, 1838)
Enades	<i>Enallagma deserti</i> Selys, 1870
Eryviri	<i>Erythromma viridulum</i> (Charpentier, 1840)
Ceritene	<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)
Gomlu	<i>Gomphus lucasii</i> Selys, 1850
Parage	<i>Paragomphus genei</i> (Selys, 1841)
Onycos	<i>Onychogomphus costae</i> Selys, 1885
Onyforung	<i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnée, 1758)
Aesmi	<i>Aeshna mixta</i> Latreille, 1805
Anaim	<i>Anax imperator</i> Leach, 1815
Anapar	<i>Anax parthenope</i> Selys, 1839
Orthcae	<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)
Orthcan	<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linné, 1758)
Orthtri	<i>Orthetrum trinacria</i> (Selys, 1841)
Orthchry	<i>Orthetrum chrisostigma</i> (Burmeister, 1839)
Orthnit	<i>Orthetrum nitidinerve</i> (Selys 1841)
Dipllef	<i>Diplacodes lefebvrii</i> (Rambur, 1842)
Croery	<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)
Braimp	<i>Brachythemis impartita</i> (Burmeister, 1839)
Symfon	<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)
Symmer	<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)
Symstr	<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)
Trian	<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)
Triart	<i>Trithemis arteriosa</i> (Burmeister, 1839)
Trikir	<i>Trithemis Kirbyi</i> (Selys, 1891)
Uroedw	<i>Urothemis edwardsii</i> (Selys, 1849)

			Fiche technique		
Date:	heure:				
Nom de la station:		Numéro de la station:		Coordonnées géographiques de la station:	
			Latitude:	Longitude:	Élévation:
Bassin versant:	Ville	Commune	Daira		
	Cours d'eau	Principal	Affluent		
Description de la station:		Végétation environnante: prendre des échantillons et constituer un herbier Ombrage/Ensoleillement: Substrat: Berge: Naturelle/Artificiel/Nue /Erodée ou non Occupation des sols à proximité de la station (côté droit et gauche à 50m):			
Anthropisation : (Modification du cours d'eau)		Prélèvement ou pompage irrigation): Présence de barrage Existence d'effluent domestique Existence d'effluent industriel Odeur de l'eau: Couleur de l'eau: Apparence de l'eau: apparition d'une pellicule huileuse, mousse.....			
Paramètres physiques		Largeur moyenne du lit de l'oued (m): Profondeur du lit (m) Surface échantillonnée (m2): pH à mi profondeur Vitesse m/s			
Paramètres chimiques		Conductivité $\mu\text{s/cm}$ Température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$) Turbidité (NTU): Aspect de l'eau: a) Transparente: b) Assez claire c) Relativement turbide d) Turbide			

**Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma
(2002-2013)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	9,76	9,64	12,5	15,46	19,05	23,48	27,54	27,35	23,47	19,81	14,72	11,03

**Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma
(2002-2013)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	90,29	75,18	76,02	69,62	40,44	18,08	3,72	17,81	46,59	51,55	72,65	87,08

**Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles de la station d'Annaba
(2004-2013)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	11,0	10,8	12,9	15,6	18,5	22,1	25,3	25,5	23,1	20,2	15,3	12,1

**Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles à la station d'Annaba
(2004-2013)**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	130,7	150,1	110,7	86,9	55,4	16,7	1,9	23,0	72,9	104,6	176,0	152,0

**Tableau 5: Températures et précipitations moyennes mensuelles
de la station de Constantine (Période 2004 - 2013)**

Source : Office National de Météorologie de Constantine

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
P(mm)	49,3	62,5	61,2	55,9	40,5	13,1	4,0	17,2	37,76	34,7	48,6	65,72
T (°C)	6,8	6,98	10,24	13,33	17,35	22,63	26,65	25,84	21,17	17,60	11,27	7,73

**Tableau 6: Températures et précipitations moyennes mensuelles
de la station de Constantine (Période 1978-2004)**

Source : Office National de Météorologie de Constantine (Zouaidia, 2006)

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Jul.	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T (°C)	6,6	7,7	9,9	12,3	17	22,2	25,3	25,6	21,3	16,8	11,2	7,8
P(mm)	73,6	58,0	55,5	56,6	41,6	18,9	6,4	10,2	36,1	39,1	57,0	84,8

**Tableau 7: Variation des moyennes mensuelles de la vitesse maximale instantanée du vent à
la station de Annaba les salines période: (1971/72-2002/03) (Affoun, 2006)**

Annaba les Salines	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy. Ann
V (m/s)	17,9	19	20,7	25,7	20,8	21,9	19,5	20,2	16,7	15,9	16,1	18	19,4

**Tableau 8: Moyennes mensuelles des vitesses des vents enregistrées à la station d'El
Kala (2003-2004 à 2008-2009) (in Chaib 2011)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy. Ann
V moy m/s	3,71	3,44	3,8	4,0 7	3,85	3,9 6	3,81	3,8 7	3,64	3,82	3,89	4,05	3,83

**Tableau 9 : Nombre moyen de jour de sirocco mensuel et annuel
(Affoun, 2006)**

Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
La calle	1,9	1,1	1,0	0,2	00	0,2	1,2	1,6	1,8	1,1	2,0	2,2	14,2

Tableau 10: Variations mensuelles des vents dans les stations du Kebir-Rhumel (2010/2013)

Vents	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Jijel	2,3	3,0	2,7	2,5	2,3	2,2	2,4	2,3	2,1	2,0	2,4	2,5
Constantine	2,5	3,0	2,6	2,6	2,3	2,4	2,4	2,2	2,1	1,9	2,4	2,3
Mila	3,27	3,81	2,78	2,49	2,38	1,95	2,08	2,10	2,25	4	4	2,76

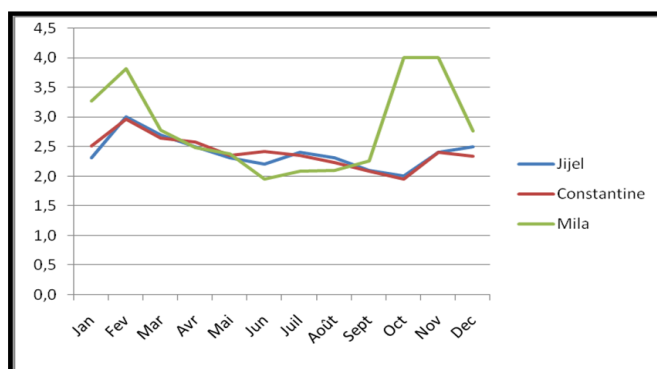


Figure 1 : Variations mensuelles des vents dans les stations du Kebir-Rhumel (2010/2013)

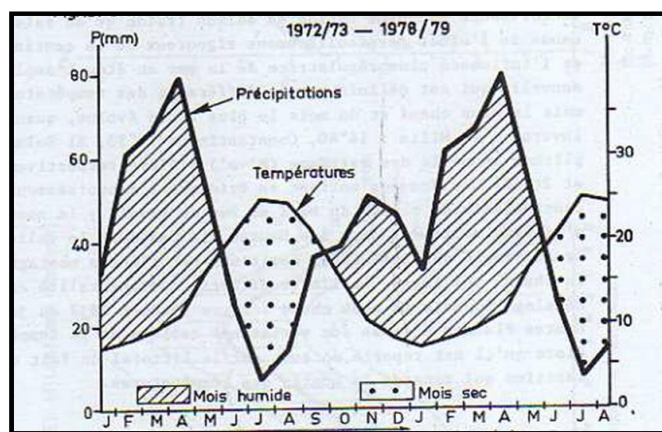


Figure 2: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN Ain El Bey Constantine (1972-1979) (Mebarki, 1982)

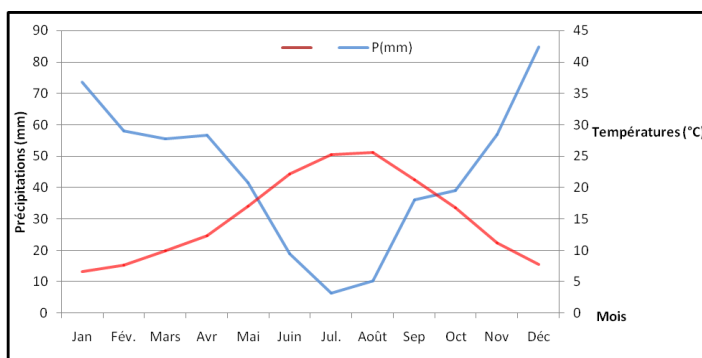


Figure 3: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de Constantine (Période 1978-2004) (Zouaidia, 2006)

Les données qui nous ont été fournies par l'office national de météorologie confirment la stabilité du climat.

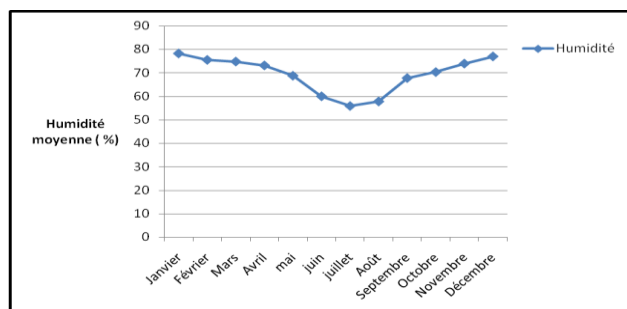


Figure 4 : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station de Belkhir (2002-2013)

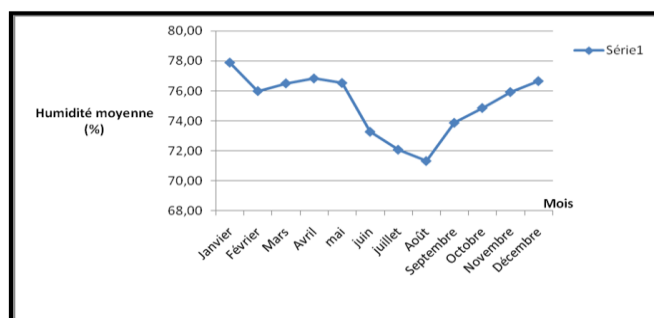


Figure 5 : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à Annaba (2004-2013)

Tableau 11: Variations mensuelles de l' humidité dans les stations du Kebir-Rhumel (2010/2013)

Humidité	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Jijel	77,9	76,0	76,5	76,8	76,5	73,3	72,1	71,3	73,9	74,9	75,9	76,7
Constantine	78,1	77,6	75,0	73,4	68,2	56,6	48,5	51,3	65,8	70,2	75,5	77,5
Mila	81,28	81,06	77,26	76,85	72	61,57	54,90	52,05	67,11	68,75	75,70	78,18

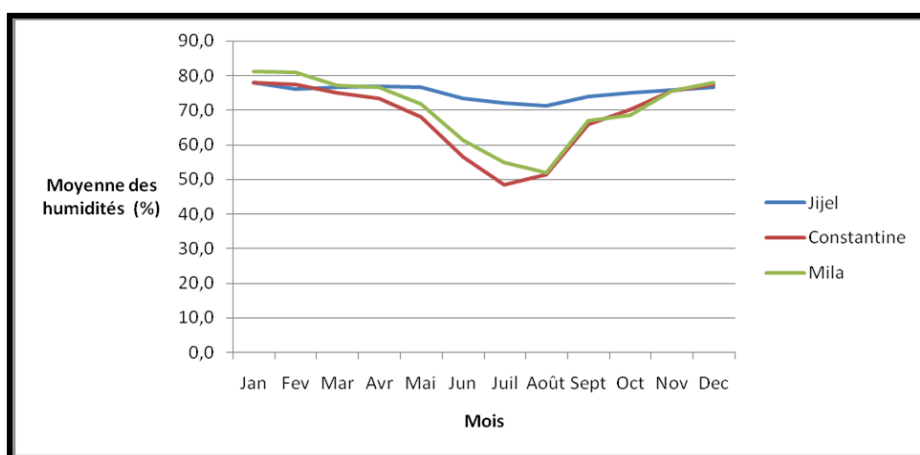
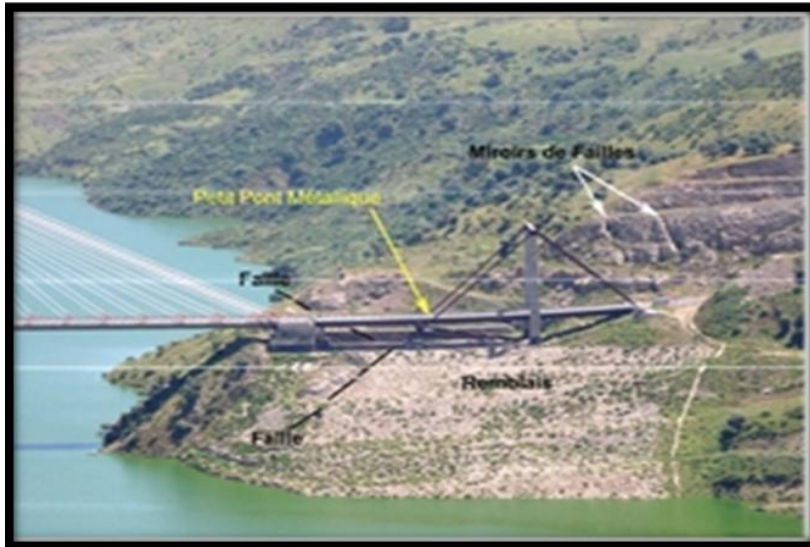


Figure 6: Variations mensuelles des humidités dans les stations du Kebir-Rhumel (2010/2013)



**Photo 1: Mise en évidence des failles par photographie aérienne
(Marmi, Kacimi et Boularak, 2008)**



**Photo 2: Glissements de terrain et maisons englouties
dans la région du barrage Béni-Haroun
Source: (Marmi, Kacimi et Boularak, 2008)**