



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار-عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT EN
SCIENCES

OPTION : BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

**Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued
Cheref**

Présentée par : Mme Bouhala Zineb

Devant le Jury :

Dr Habbachi Wafa	Présidente	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. Samraoui Boudjéma	Directeur	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. Chakri Khémisa	Co-Directrice	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. Tadjine Aicha	Examinatrice	Université Chadli Bendjedid-El Tarf
Dr. Nedjah Riad	Examineur	Université 8 Mai 1945-Guelma
Dr. Touati Laid	Examineur	Université Frères Mentouri-Constantine1

Année universitaire : 2019-2020

Remerciements

Au terme de ce travail, Je remercie Allah, de m'avoir aidé à réaliser ce travail.

Mes chaleureux remerciements vont en particulier à mes deux directeurs de thèse Mr Samraoui Boudjéma, et Mme Chakri Khémissa, Professeurs à l'université Badji Mokhtar Annaba, qui m'ont guidé et orienté en prodiguant leurs conseils précieux et leurs encouragements. Je les remercie pour la confiance qu'ils m'ont accordée en me proposant ce travail.

Mes vifs remerciements à Mme Habbachi Wafa, Maitre de Conférence A à l'université Badji Mokhtar Annaba, malgré de multiples occupations, me fait l'honneur de présider ce jury. Je suis très sensible au fait qu'elle ait consacré une partie de son temps à examiner mon travail à la lumière de son expérience, à rédiger un rapport et à faire partie de mon jury.

Mes vifs remerciements et mes sentiments de sympathie vont également à Mme Tadjine Aicha, Professeur à l'université Chadli ben Djedid, El-Tarf, Dr Nedjah Riad, Maitre de conférences A à l'université de Guelma et directeur du Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides et Dr Touati Laid, Maitre de Conférence A à l'université des Frères Mentouri Constantine pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse, pour avoir jugé ce travail et pour leurs conseils importants.

Je remercie vivement Mme Chenafi Farrah professeur à l'université de Guelma pour ses encouragements et son soutien tout au long de cette thèse.

Faten Morghad Doctorante à l'université d'Annaba, d'avoir bien voulu nous aider à faire la carte de localisation des sites d'étude.

Je remercie mon père, mes frères : Abdelmalek, Sami, Mohhiédine, et Mr Fayçel Mansouri qui m'ont accompagné tout au long de mes sorties.

Toute ma gratitude va également aux personnes du Laboratoire de Conservation des Zones Humides de Guelma, ainsi qu'à tous mes amis pour leurs soutiens et pour tous les bons moments passés ensemble : Dr Benslimane, Dr Hafferessas, Dr Cheriet, Dr Haiahem Dalal. Dembri sans oublier Dr Athamnia.

Enfin à tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration directe ou indirecte de ce travail.

Merci à tous.

Zineb

Dédicaces

Au terme de ce travail, mes profondes dédicaces

vont :

A mes chers parents.

A mes frères : Abdelmalek, Sami, Mohhiédine

A mon mari Fayçal, à mes petits princes

Mohamed Smail et Nourcine

A tous qui liront et apprécieront ce travail.

Zineb

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre 1 : Matériel et Méthodes

I.1. Matériel biologique.....	7
I.1.1. Les macroinvertébrés	7
I.1.1.1. Définition.....	7
I.1.1.2. Les taxons les plus importants des macroinvertébrés aquatiques.....	7
I.1.1.2.1. Non insectes.....	7
a) Les Crustacés.....	7
b) Les Mollusques.....	8
c) Les Gastéropodes.....	9
d) Les Annélides.....	11
e) Les Nématodes.....	11
I.1.1.2.2. Les insectes	11
a) Les Coléoptères.....	11
b) Les Diptères.....	13
Les Chironomidés.....	13
Les simuliidés.....	13
c) Les Hémiptères.....	15
d) Les Ephéméroptères.....	17
e) Les Trichoptères.....	19
f) Les Plécoptères.....	21

Sommaire

i) Les Odonates.....	23
Les Zygoptères.....	23
Les Anisoptères.....	24
I.2. Méthode de travail.....	27
I.2.1. Choix des sites	27
I. 2. 2. Echantillonnage des peuplements des Chironomidés de Oued Seybouse..	27
I. 2. 3. Identification des larves de Chironomidés.....	27
I. 2. 3. Echantillonnage des peuplements d'invertébrés de Oued Cheref.....	31
Collecte sous les pierres	31
I. 2.4. Au laboratoire.....	31
I.2.5. Echantillonnage des peuplements des Odonates.....	33
I.2.6. Au laboratoire.....	33
I.2.7. Les variables mesurées.....	33
I.2.7.1. La conductivité.....	34
I.2.7.2. La température.....	34
I.2.7.3. La profondeur de l'eau.....	34
I.2.7.4. Vitesse du courant.....	35
I.2.7.5. Largeur moyenne en eau.....	35
I.2.7.6. Le substrat.....	35
I.2.8. Analyse des données.....	35
I. 2.8.1 L'organisation d'un peuplement.....	35
I.2.8.2. La structure d'un peuplement.....	36
Indice de Shannon.....	36
Equitabilité.....	36
I.2.8.3. L'analyse en composantes principales (ACP)	37

Sommaire

Chapitre 2 : Description des sites d'étude

II. 1. Le bassin versant de Oued Seybouse.....	39
II.1.1 Description générale du cours d'eau.....	39
II. 1. 2. La situation géographique	39
II.1. 3. Le réseau hydrographique.....	39
A. Barrages de Oued Seybouse.	40
II. 2. Sous bassin de Oued Cheref.....	40
II. 2. 1. Présentation de la zone d'étude.....	40
II. 2. 1. La situation géographique.....	40
II.2.2. Description générale d'Oued Cheref.....	41
II.2. Le réseau hydrographique de Oued Cheref.....	46
A. Le sous bassin du haut Cheref.....	46
B. Le sous bassin de bas Cheref.....	46
II.3. Les caractères lithologiques et hydrogéologiques.....	46
A. Le haut Cheref.....	47
B. Le bas Cheref.....	47
II.4. Végétation du sous bassin de Oued Cheref.....	47
II.5. Description des stations d'étude de Oued Cheref.....	48
II.6. Climatologie.....	64
II.6.1. Précipitations.....	64
II.6.2. La température	64
II.7. Bioclimat.....	66
II.7.1. Climagramme d'Emberger.....	66
II.7.2. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen	66

Sommaire

Chapitre 3 : Résultats

III. Résultats.....	71
III.1. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes.....	71
III.1.1. La conductivité.....	71
III.1.2. La température.....	71
III.1.3. La largeur du lit.....	78
III.1.4. La profondeur.....	78
III.1.5. la vitesse de l'eau.....	78
III. 2. Analyse des taxons récoltés.....	85
III. 2. 1. Analyse des Odonates	85
III.2. 1.1. Analyse générale.....	85
III.2. 2. L'abondance relative.....	87
III.2.3.Richesse taxonomique.....	89
III.2.4. Indices de diversité	89
III.2.4.1.Indice de diversité de Shannon	89
III.2.4.2. Indice d'Equitabilité	89
III.2.3. Phénologie des Odonates.....	90
III.2.4. Check-list des Odonates de Oued Cheref.....	92
III.2. 3. Fréquences d'occurrences des taxons récoltés.....	98
III.2.4. L'influence de la pollution sur la richesse et abondance des odonates.....	98
III.2.5. Interprétation de l'analyse en composantes principale.....	101
III.3.Analyse des Chironomidés.....	105
III.3.1. Analyse générale.....	105
III.3.2. Abondance total des espèces de Chironomidés.....	107
III.3.3. Interprétation de l'analyse Co-inertie.....	108
III.4. Composition globale des Simuliidés.....	111

Sommaire

III.3. 1. Analyse générale.....	111
III.3. 1. L'abondance relative.....	111
III.3.3.L'analyse de variation temporelle.....	111
III. 2. 4. Analyse des Hémiptères.....	117
III.2.4. 1. Analyse générale.....	117
III.2. 4.2. L'abondance relative.....	117
III. 2.4.3. Richesse taxonomique.....	118
III.2.4.4. L'indice de Shannon.....	118
III.2.4.5. L'indice d'Equitabilité.....	118
III.2.4.6. L'analyse de l'influence de variables abiotiques sur la distribution des Hémiptère par l'ACP.....	128

Chapitre 4 : Discussion

IV. Discussion.....	134
Conclusion.....	144
Références bibliographiques.....	147
Résumés.....	166
Annexe	

Liste des tableaux

Tableau 1. Stations d'étude du sous bassin de Oued Seybouse (Chaib <i>et al.</i> , 2013).....	29
Tableau 2. Barrages du bassin de Oued Seybouse (A.B.H.1999)	40
Tableau 3. Répartition des sous-bassins de Oued Cheref (A.B.H. 1999).....	41
Tableau 4. Stations d'étude du sous bassin de Oued Cheref	50
Tableau 5. Les paramètres physiquo_chimiques des stations du sous bassin de Oued Cheref.....	62
Tableau 6. Phénologie des Odonates	91
Tableau 7. Station Beldjoudi.....	92
Tableau 8. Station Oued El Maleh	92
Tableau 9. Station Ain Arko.....	92
Tableau 10. Station Oued Dehmane.....	93
Tableau 11. Station Barrage Sedrata.....	93
Tableau 12. Station Pont Sedrata1.....	93
Tableau 13. Station Pont Sedrata 2.....	94
Tableau 14. Station Oued Krab.....	94
Tableau 15. Station Pont Krab.....	94
Tableau 16. Station Pont Tiffech.....	95
Tableau 17. Station Dbabcha.....	95
Tableau 18. Station Oued Aar.....	95
Tableau 20. Station Pont Ain Makhoulf.....	96
Tableau 19. Station Oued Cheniour.....	96
Tableau 21. Station Azlet Hlima.....	96
Tableau 22. Station Bou Frais.....	96

Tableau 23. Station Salaoua.....	97
Tableau 24. Station Medjez Amar.....	97
Tableau 25. Station Barrage Ain Makhoulf.....	97
Tableau 26 : Abondance total des espèces de chironomidés de Oued Seybouse pendant le période de 2008 à 2011(Chaib <i>et al</i> .,2013).....	107
Tableau 27. Répartition des Hémiptères inventoriés par niveaux systématiques....	120
Tableau 28. Phénologie des Hémiptères récolté dans les sites d'études.....	126
Tableau 29. Localisation et l'abondance des espèces d'Hémiptères inventoriés au niveau les sites d'étude entre 2014 et 2017.....	127

Liste des figures

Figure 1. Coquille de Gastéropodes (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	10
Figure 2. Vue dorsale d'un Coléoptère adulte et vue latérale d'une larve (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	12
Figure 3. Larves de Diptères (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	14
Figure 4. Vue dorsale d'un Hémiptère (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	16
Figure 5. Vue dorsales et latérale d'un éphéméroptère (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	18
Figure 6. Vue dorsale et latérale d'un Trichoptère (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	20
Figure 7. Vue dorsale d'un Plécoptère (Moisan <i>et al.</i> , 2008).....	22
Figure 8. Vue dorsale d'un adulte d'Odonate Zigoptères (Dijkstra <i>et al.</i> , 2007)....	25
Figure 9. Vue dorsale d'un adulte d'Odonate Anisoptère (Dijkstra <i>et al.</i> , 2007).....	26
Figure 10. Situation des stations d'étude de Oued Seybouse (Chaib <i>et al.</i> , 2013).....	30
Figure 11. Situation des stations d'étude de Oued Cheref (Bouhala <i>et al.</i> , 2019).....	32
Figure 12. Situation géographique du sous bassin versant d'Oued Cheref	42
Figure 13. Carte du bassin versant de la Seybouse (A.B.H. 1999).....	43
Figure 14. Présentation des barrages du bassin de Oued Seybouse (A. B. H. 1999)..	44
Figure 15. Présentation des sous-bassins de Seybouse (A. B. H. 1999).....	45
Figure 16. Réseau hydrologique du bassin de Oued Seybouse (A.B.H. 1999).....	49
Figure 17. Station de Salaoua (cliché Bouhala, 2014).....	51
Figure 18. Station de Bou El Frais (cliché Bouhala, 2014).....	51
Figure 19. Station Dbabcha (cliché Bouhala, 2014).....	52
Figure 20. Station Ain Arko (cliché Bouhala, 2014).....	52
Figure 21. Station Chaabet Bounabe (cliché Bouhala, 2014).....	53
Figure 22. Station Pont Krab (cliché Bouhala, 2014).....	53
Figure 23. Station Oued Krab (cliché Bouhala, 2014).....	54
Figure 24. Station Oued El Nil (cliché Bouhala, 2014).....	54
Figure 25. Station Pont Sedrata 1 (cliché Bouhala, 2008).....	55
Figure 26. Station Beldjoudi (cliché Bouhala, 2014).....	55
Figure 27. Station Medjez Amar (cliché Bouhala, 2014).....	56
Figure 28. Station Oued El Maleh (cliché Bouhala, 2008).....	56
Figure 29. Station Oued Dehmane (cliché Bouhala, 2008).....	57
Figure 30. Station Barrage Sedrata (cliché Bouhala, 2008).....	57

Figure 31. Station Oued Cheniour (cliché Bouhala, 2008).....	58
Figure 32. Station Oued Aar (cliché Bouhala, 2008).....	58
Figure 33. Station Ben Mheni (cliché Bouhala, 2008).....	59
Figure 34. Station Barrage Ain Makhlouf (cliché Bouhala, 2008).....	59
Figure 35. Station Pont Ain Makhlouf (cliché Bouhala, 2008).....	60
Figure 36. Station Pont Tiffech (cliché Bouhala, 2014).....	60
Figure 37. Station Pont Sedrata 2 (cliché Bouhala, 2014).....	61
Figure 38. Station Azlet Hlima (cliché Bouhala, 2014).....	61
Figure 39. Situation des stations d'étude de Oued Cheref.....	63
Figure 40. Précipitation (mm) moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de Belkheir Guelma (2002-2013).....	65
Figure 41. températures moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de Belkheir Guelma (2002_2013).....	65
Figure 42. Climagramme d'Emberger de station météorologique Guelma (2002- 2013).....	67
Figure 43. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussens de station météorologique Guelma (2002-2013).....	68
Figure 44. Variation moyenne mensuelle de la conductivité dans les stations étudiées.....	72
Figure 45. Variation moyenne de la température dans les stations étudiées.....	75
Figure 46. Variation moyenne mensuelle de la largeur du lit des stations étudiées.....	79
Figure 47. Variation moyenne mensuelle de la profondeur de l'eau dans les stations étudiées.....	82
Figure 48. Variation moyenne mensuelle de la vitesse de l'eau des stations étudiées.....	84
Figure 49. Répartition quantitative des Odonates recensés pendant la période d'étude.....	86
Figure 50. Abondance relative des taxons recensés.....	88
Figure 51. Variation spatiale de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés.....	88
Figure 52 . Variation spatiale de la richesse taxonomique totale dans les sites étudiés.....	90

Figure 53. Variation spatiale de l'indice de Shannon dans les stations de Oued Cheref.....	90
Figure 54. Variation spatiale de l'Equitabilité dans les stations de Oued Cheref.....	90
Figure 55. Fréquence d'occurrence des adultes des odonates.....	99
Figure 56. Richesse (a) et abondance (b) en fonction de de l'indice de pollution.....	100
Figure 57. Analyse de co-inertie des peuplement d'Odonates de Oued Cheref.....	102
Figure 58. Analyse en Composantes Principales des assemblages de libellules d'Oued Cheref.....	103
Figure 59. Répartition quantitative des chironomidés recensée pendant la période d'étude.....	106
Figure 60. Analyse en composante principale des assemblage des Chironomidés de Oued Cheref (Chaib <i>et al.</i> , 2013).....	109
Figure 61. Pourcentage des Simuliidés recensés pendant la période d'étude.....	112
Figure 62. Pourcentage totale des larves et des étuis de Simuliidés observés durant la période d'étude.....	113
Figure 63. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant la période d'étude..	114
Figure 64. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2014....	114
Figure 65. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2015.....	115
Figure 66. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2016....	115
Figure 67. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2017.....	116
Figure 68. Variation temporelle des Simuliidés recensés pendant 3 cycles.....	116
Figure 69. Répartition quantitative des Hémiptères recensés pendant la période d'étude.....	119
Figure 70. Répartition quantitative des Hémiptères recensés pendant la période d'étude.....	119
Figure 71. Evolution mensuelle de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés.....	121
Figure 72. Variation spatiale de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés.....	121
Figure 73. Abondance relative des taxons recensés.....	122

Figure 74. Variation spatiale de la richesse spécifique des taxons recensés dans les sites étudiés.....	122
Figure 75. Evolution mensuelle de la richesse spécifique des taxons recensés dans les sites étudiés.....	123
Figure 76. Evolution mensuelle de l'indice de Shannon des taxons recensés dans les sites étudiés.....	123
Figure 77. Variation spatiale de l'indice de Shannon des taxons recensés dans les sites étudiés.....	124
Figure 78. Evolution mensuelle de l'équitabilité des taxons recensés dans les sites étudiés.....	125
Figure 79. Variation spatiale de l'équitabilité des taxons recensés dans les sites étudiés.....	125
Figure 80. Analyse en Composantes Principales des assemblages des hémiptères d'Oued Cheref (ACP1).....	129
Figure 81. Analyse en Composantes Principales des assemblages des hémiptères d'Oued Cheref (ACP2).....	131

Introduction

Parmi les écosystèmes, les zones humides sont reconnues comme étant essentielles au développement durable humain, en raison de leur valeur environnementale, social et économique (Al-Obaid *et al.*, 2016).

On désigne sous le terme général de zones humides, les étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eaux marines dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres (Dajoz, 2006). Elles sont très vulnérables aux changements environnementaux mondiaux grâce à la modification de leurs régimes hydrologiques. Ces changements peuvent menacer la conservation des espèces dépendantes des cours d'eau et associés de leurs habitats (IPCC, 2007). La perte et la dégradation de l'habitat sont des facteurs majeurs de l'érosion de la biodiversité (Barnard et Thuiller, 2008; Ohlemüller *et al.*, 2008). Ces écosystèmes aquatiques sont parmi les habitats les plus menacés au monde en raison de la surexploitation (Benazzouz *et al.*, 2019), particulièrement par la construction des barrages, modification des habitats, industrie, les eaux usées, les espèces envahissantes, les pesticides et les engrais (Samways et Taylor, 2004 ; Yalles-Satha et Samraoui, 2017). De plus, les activités industrielles entraînent des dégradations de plus en plus importantes pour la qualité des écosystèmes. Cette dégradation est principalement due à des pollutions massives et incontrôlées, liées à la matière organique naturelle et/ou aux produits synthétiques industriels (Djabri *et al.* 2009; Ahmed *et al.*, 2012; Belabed *et al.*, 2017). Lorsque la pollution industrielle est associée à des contaminations liées aux activités agricoles et urbaines, toutes combinées, elles affectent tous les compartiments des hydrosystèmes (eau, sédiments, flore et faune) (Débièche, 2002; Gueddah, 2003; Belabed *et al.*, 2017).

L'Algérie est un pays qui offre une riche palette de zones humides (Samraoui et Samraoui, 2008), plusieurs ont une importance internationale (Samraoui et Samraoui, 2008; Samraoui *et al.*, 2010; Samraoui *et al.*, 2012; Cherairia *et al.*, 2014).

Le Nord-est algérien possède un ensemble de zones humides unique au Maghreb par sa dimension et sa diversité: lacs, étangs, aulnaies, oueds, etc. qui forment une mosaïque de biotopes remarquables où l'on peut voir côtoyer des espèces

endémiques, boréales et tropicales dans un secteur qui rassemble plus de la moitié de la faune et la flore aquatiques du pays (Samraoui et de Bélair, 1998).

La région du sud de la Méditerranée en particulier l'Algérie, abrite également une faune d'insectes diversifiée avec de nombreuses espèces endémiques (Samraoui et Menai, 1999; Annani *et al.*, 2012; Chaib *et al.*, 2013; Haffaressas *et al.*, 2017). Les Oueds du nord Afrique sont généralement des cours d'eaux temporaires qui se produisent des régions stressés où les besoins en eaux croissants sont exacerbés par la mauvaise gestion de cette ressource dans le contexte du changement climatique qui est susceptible d'élargir le déficit actuel en eau (Yalles-Satha et Samraoui, 2017).

Les écosystèmes d'eau courante du nord de l'Algérie (bassin méditerranéen) sont très diversifiés, non seulement entre les zones géographiques mais aussi entre les sections amont et aval, la caractéristique dominante des Oueds est l'irrégularité des flux. Les inondations et les sécheresses sont les deux évènements majeurs auxquels ces écosystèmes lotiques sont soumis, les biotopes temporaires sont donc largement dominants (Chaib *et al.*, 2013). Ils ont un régime caractérisé par l'irrégularité des écoulements et par des manifestations hydrologiques brutales. Le régime annuel est marqué par les maximums d'hiver et de printemps et un étiage d'été sévère.

Les cours d'eau temporaires, qui représentent le plus commun et le plus hydrologiquement dynamique de tous les systèmes d'eau douce, sont particulièrement sensibles aux effets de la modification du débit (Tooth, 2000). Ces cours d'eau sont caractérisés par un arrêt récurrent des écoulements conduisant à une discontinuité hydrologique, à la fragmentation et à la persistance des bassins de refuge avant la reconnexion à la reprise des débits (Tooth, 2000). Le pompage de l'eau, la pollution, la construction des barrages et la canalisation ont profondément modifié le paysage des oueds et altéré sont fonction (Hafiane *et al.*, 2016). Ainsi, l'activité humaine a considérablement modifié l'hydrologie et la chimie des bassins versants en retenant l'eau des rivières dans les barrages et en introduisant de grandes quantités d'engrais provenant des déchets agricoles, industriels et ménagers. Les déchets sont forts et augmentent avec la croissance démographique (Ounissi *et al.*, 2013).

Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils constituent un des premiers maillons de la chaîne alimentaire des cours d'eau (Barbour et Gerritsen, 1996 ; Barbour *et al.*, 1999; Tachet *et al.*, 2000 ; Zoggaghe *et al.*, 2014) et servent de nourriture à plusieurs nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Barbour et Gerritsen, 1996; Moisan *et al.*, 2006). Ils sont de bons intégrateurs des conditions environnementales. Ce groupe biologique présente l'avantage d'être le plus souvent tributaire d'un milieu et de répondre rapidement au stress (Barbour *et al.*, 1999 ; Zoggaghe *et al.*, 2014). Leur cycle de vie comprend généralement des périodes dans et hors de l'eau (Edegbane *et al.*, 2014).

Les macroinvertébrés participent activement dans la transformation de la matière organique (décomposition des feuilles, bois,...) (Ben moussa, 2014). De plus, il existe, une certaine rémanence chez ces organismes qui leur permet de témoigner de pollutions plus ou moins anciennes (Friedrich *et al.*, 1992 ; Zoggaghe *et al.*, 2014). Toutes ces qualités valent aux macroinvertébrés de correspondre à de bon indicateurs locaux de la santé des écosystèmes aquatiques (Barbour *et al.*, 1999). Une bonne étape dans la gestion des écosystèmes consiste à bien connaître la biodiversité des espèces (Hafiane *et al.*, 2016). L'utilisation des invertébrés pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes a une longue histoire dans les milieux aquatiques (Phillips, 1977).

Les Chironomidés (Diptères) constituent un groupe très diversifié des insectes aquatiques fréquents à haute densité dans différents types des écosystèmes (Coffman et Ferrington, 1984). La famille des Chironomidae est la plus distribuée et la plus riche en espèces. Elle constitue entre 10% et 50% de la biomasse des macroinvertébrés (Odume *et al.*, 2011)

Les Chironomidés occupent une place importante dans la dynamique trophique du recyclage des éléments nutritifs (Silva *et al.*, 2008). Les stades immatures des Chironomidés vivent généralement dans les sédiments (Findik et Aras, 2016). Ils sont connus depuis longtemps comme indicateur potentiels de la qualité de l'eau. Les Chironomidés jouent un rôle important dans la chaîne alimentaire en tant que

nourriture en raison de la rareté d'autres sources pendant l'hiver (Benigno et Sommer, 2008).

Parmi les macroinvertébrés, les Odonates constituant l'ordre le bien connu (Corbet, 1999; Kalkman *et al.*, 2008) et sont considérés comme le deuxième groupe en nombre d'espèces (Dijkstra *et al.*, 2014). Ils sont liés par les exigences écologiques de leurs larves aux milieux aquatiques (Dommenget, 1980). Les Odonates sont des indicateurs de la qualité de l'environnement et la gestion de la biodiversité (Riservato *et al.*, 2009). La présence d'une faune d'Odonates vigoureuses et diversifiées constituera toujours un indicateur fiable de la stabilité, de la santé et de l'intégrité d'un écosystème de zone humide (Corbet, 1999; Korbaa, 2018). Leurs exigences écologiques en ont fait un outil d'évaluation de la conservation générale du milieu aquatique (Dommanget, 1989). Selon Aguilar et Dommanget (1998), la présence des Odonates est un indice de la richesse faunistique d'eau douce ; ils jouent un rôle important dans la régulation de la faune des habitats aquatiques comme prédateur et contribuent au maintien et au développement des autres espèces proies.

À long terme, l'ordre des Odonates est largement utilisé pour déterminer la qualité biologique de l'eau dans les écosystèmes aquatiques, en particulier les systèmes fluviaux. Un long stade larvaire et une large distribution des organismes offrent la possibilité d'être utilisés dans la bio-monitoring (Salur et Kalyoncul, 2018), et comme indicateur des habitats lotiques et lenticques d'eaux douces (Morghad *et al.*, 2019).

Depuis plusieurs années, le Laboratoire de Recherche et de Conservation des Zones Humides a consacré une part très importante de recherches sur le peuplement et l'écologie des macrovertébrés des écosystèmes aquatique continentaux de l'Algérie (Samraoui *et al.*, 1993; Samraoui et Menai, 1999; Samraoui et Corbet, 2000; Annani *et al.*, 2012; Samraoui *et al.*, 2012; Chaib *et al.*, 2013a; Chaib *et al.*, 2013b; Cherairia *et al.*, 2014; Cherairia *et al.*, 2015; Bouchlouche *et al.*, 2015 ; Samraoui et Alfarhan, 2015; Hamzaoui *et al.*, 2015; Hafiane *et al.*, 2016; Haffaressas *et al.*, 2017; Yalles-Satha et Samraoui, 2017; Morghad *et al.*, 2019; Benslimane *et al.*, 2019).

Comprendre la composition et la répartition des communautés biologiques en fonction des conditions environnementales au niveau local ou régional, est l'un des principaux défis auxquels sont confrontés les écologistes. La compréhension des mécanismes de structuration dominants a des implications importantes pour la protection de la biodiversité, car les stratégies de conservation sont plus efficaces si ces mécanismes sont pris en compte (Raílly Medeiros *et al.*, 2016)

L'étude faunistique (invertébrés benthiques) et écologique (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes (Dakki, 1979; Bouzidi, 1989; Ben Moussa *et al.*, 2014).

Afin de combler cette lacune, nos investigations ont porté sur Oued Seybouse, l'un des oueds les plus importants de l'Algérie, mais également l'un des moins connus sur le plan de la biodiversité et du fonctionnement. Cette étude fait partie d'un programme d'étude d'inventaire de la faune de cet écosystème dominant dans la région, initié et poursuivi par le groupe Zones Humides de l'Université de Guelma. Oued Cheref est un des principaux affluent de Oued Seybouse et sa faune, principalement les macroinvertébrés, demeure complètement inconnue.

L'objectif de notre étude est de :

- 1) Faire l'inventaire faunistique de Oued Seybouse et Oued Cheref ;
- 2) Préciser le statut des espèces (abondance et répartition) ;
- 3) Définir la phénologie des espèces animales.

La structure de ce mémoire débutera par une introduction qui sera suivie du premier chapitre matériel et méthodes utilisés, le deuxième chapitre abordera la description générale des sites d'étude suivi du troisième chapitre qui sera réservé au les résultats de ce travail. Enfin, discussion seront présentés au quatrième chapitre et nous terminerons par une conclusion où nous ferons le point sur nos connaissances des macroinvertébrés et nous explorerons les perspectives d'avenir.

Chapitre 1:
Matériel & Méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel biologique

I.1.1. Les macroinvertébrés

I.1.1.1. Définition

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes animaux visibles à l'œil nu (Tachet, 2006). On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, les insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers. Les principaux ordres d'insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Éphémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Touzin, 2008).

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie, dépourvus de colonne vertébrale (Touzin, 2008).

Ils constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux (Tachet, 2006).

I.1.1.2. Les taxons les plus importants des macroinvertébrés aquatiques

I.1.1.2.1. Non insectes

a) Les Crustacés

Pendant que les arachnides et les insectes prospéraient sur terre, la plupart des crustacés sont restés dans les mers et les étangs, où on retrouve environ 40000 espèces (Mathieu, 1995).

Les crustacés sont les seuls arthropodes à posséder deux paires d'antennes, trois paires d'appendices ou plus forment des pièces buccales, notamment des mandibules rigides, leurs pattes émergent du thorax, et contrairement aux insectes, ils possèdent des appendices sur l'abdomen. Les crustacés peuvent régénérer un appendice perdu (Mathieu, 1995).

La classe des Crustacés comprend un très grand nombre d'espèces en milieu marin. En milieu douce trois sous-classes correspondent à des macroinvertébrés:

- ❖ Sous-classe des Branchioures
- ❖ Sous-classe des Branchiopodes
- Sous-classe des Malacostracés (Tachet *et al.*, 2000).

Quelques ordres de la classe de crustacés :

- ❖ *Ordre des Amphipodes*
- ❖ *Ordre des Isopodes*
- ❖ *Ordre des Décapodes*
- ❖ *Ordre des Cladocères*
- ❖ *Ordre des Ostracodes*
- ❖ *Ordre des Copépodes* (Moisan, 2006).

b) Les Mollusques

Les mollusques sont des invertébrés à corps mou (Moisan, 2006). Massif, non métamérisé, sans squelette interne présentant une unité (Mouthon, 1980) dont la plupart possède une enveloppe externe dure (une coquille de calcaire) (Moisan, 2006). Par contre, certains mollusques ont perdu une partie (calmars) ou la totalité (pieuvres) de leur coquille au cours de l'évolution. Ce groupe compte d'ailleurs plus de 80000 espèces connues (Maissait *et al.*, 2005). Les mollusques sont, en général, des animaux aquatiques. La plupart vivent dans la mer, d'autres habitent les eaux douces, et d'autres encore vivent sur la terre, principalement aux lieux humides ou ombragés. Parmi les terrestres, on en a néanmoins observé qui supportent assez habituellement les ardeurs d'un soleil très vif (Lamarck, 2003).

Les principales classes des mollusques :

- ❖ Lycoplacophores (Chiton)
- ❖ Bivalves (Huître, Moule, Palourde)
- ❖ Gastéropodes (Limace, Escargot)
- ❖ Céphalopodes (Pieuvre, Seiche, Calmar)
- ❖ Scaphopodes (Dentale).

c) Les Gastéropodes

Ce sont des mollusques généralement adaptés à la reptation. Beaucoup plus mobile que les lamibranche et porteurs d'une coquille (Figure 1) de disque musculaire ventral situé à l'extérieur du manteau. Ce dernier entoure la masse viscéral, mais il est très réduit et, outre le pied, il en émerge la tête, bien développée chez les gastéropodes et portant une ou deux paires de tentacules, les yeux et la bouche remarquable par la présence d'un long ruban cartilagineux rappeur à petites dents chitineuses appelé radula. La forme et la disposition de ces dents varient avec les genres et sont des caractères très utilisées par les zoologistes (Moret, 1966).

Les gastéropodes comptent plus de 40000 espèces. La plupart d'entre eux vivent dans la mer, mais beaucoup vivent en eau douce et d'autre encore, comme les Escargots et les Limaces se sont adaptés à la vie sur terre (Mathieu, 1995). On divise classiquement les gastéropodes d'eau douce en deux sous-classes, celle des prosobranches et celle des pulmonés (Tachet *et al.*, 2000).

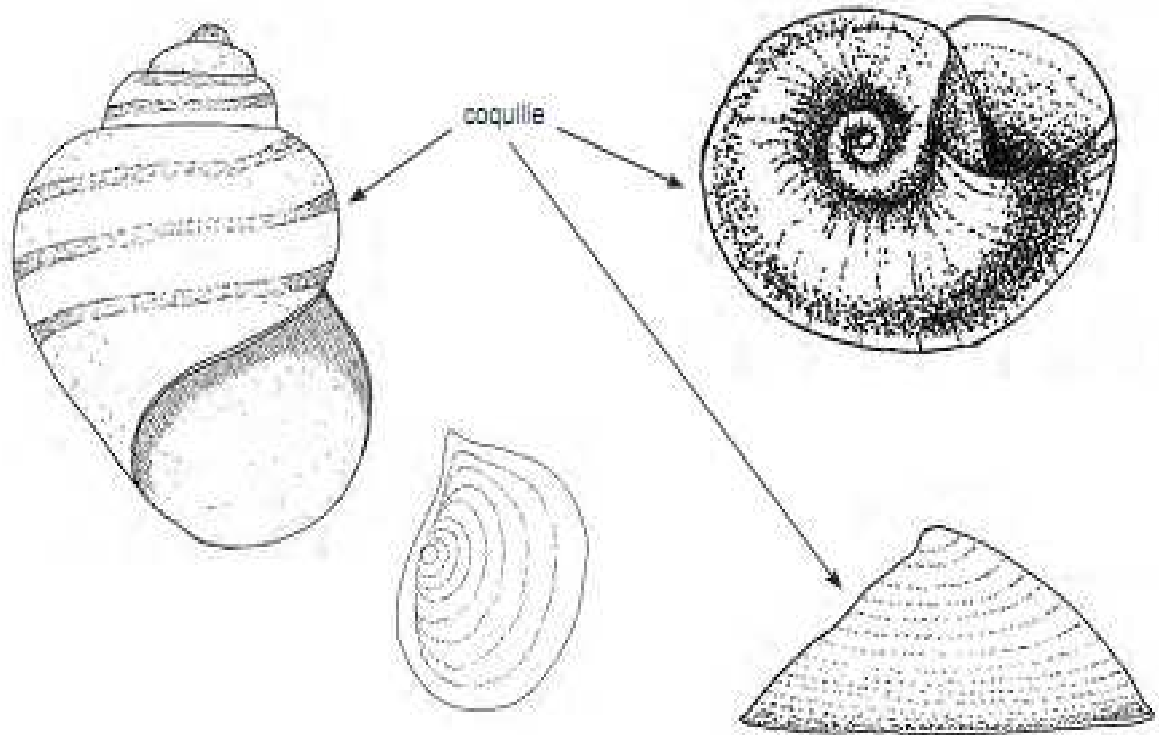


Figure 1. Coquille de Gastéropodes (Moisan *et al.*, 2008).

d) Les Annélides

Les annélides ou vers polymères ont un corps à symétrie bilatérale, divisé en segments successifs (métamères) ayant sensiblement les mêmes constituants (Grasse *et al.*, 1998). Ils vivent dans la mer, les eaux saumâtres, en eau douce et sur la terre bien qu'ils soient confinés à des microhabitats humides (Jurd, 2000). Cet embranchement compte près de 15000 espèces, dont la taille varie entre moins de 1 mm et 3 mm (Mathieu, 1995).

e) Les Nématodes

Les nématodes sont des animaux triploblastiques à symétrie bilatérale, couverts par une cuticule dure et élastique, la segmentation est absente, l'épiderme entoure les muscles longitudinaux. Il existe environ 80000 espèces décrites de nématodes, bien que ce chiffre soit probablement sous-estimé. Les tailles varient d'une longueur de 100 μ à plus de 100 cm. Les nématodes sont généralement des vers long, cylindrique aux extrémités effilées, arrondies bien que quelques formes parasites aient une forme qui ressemble à un sac (Jurd, 2000)

I.1.1.2.2. Les insectes**a) Les Coléoptères**

Les Coléoptères constituent l'un des ordres les plus riches en espèces de la classe des insectes. Ils sont holométaboles, c'est-à-dire qu'ils ont des métamorphoses complètes et passent au moins par 4 états : œuf, larve, nymphe et imago (Auber, 1999).

Les Coléoptères sont des insectes à deux paires d'ailes (Figure 2) (Mathieu, 1995). Les antérieures sont repliées sous les ailes postérieures transformées en étuis protecteurs ou élytres (Figure 2). L'appareil buccal est de type broyeur (Blot, 1993).

Les Coléoptères ont colonisé tous les habitats d'eaux continentales possibles. Ils se rencontrent en milieu superficiel et phréatique en zone eutrophe comme en zone oligotrophe, en eau douce comme en milieu saumâtre (Tachet *et al.*, 2000).

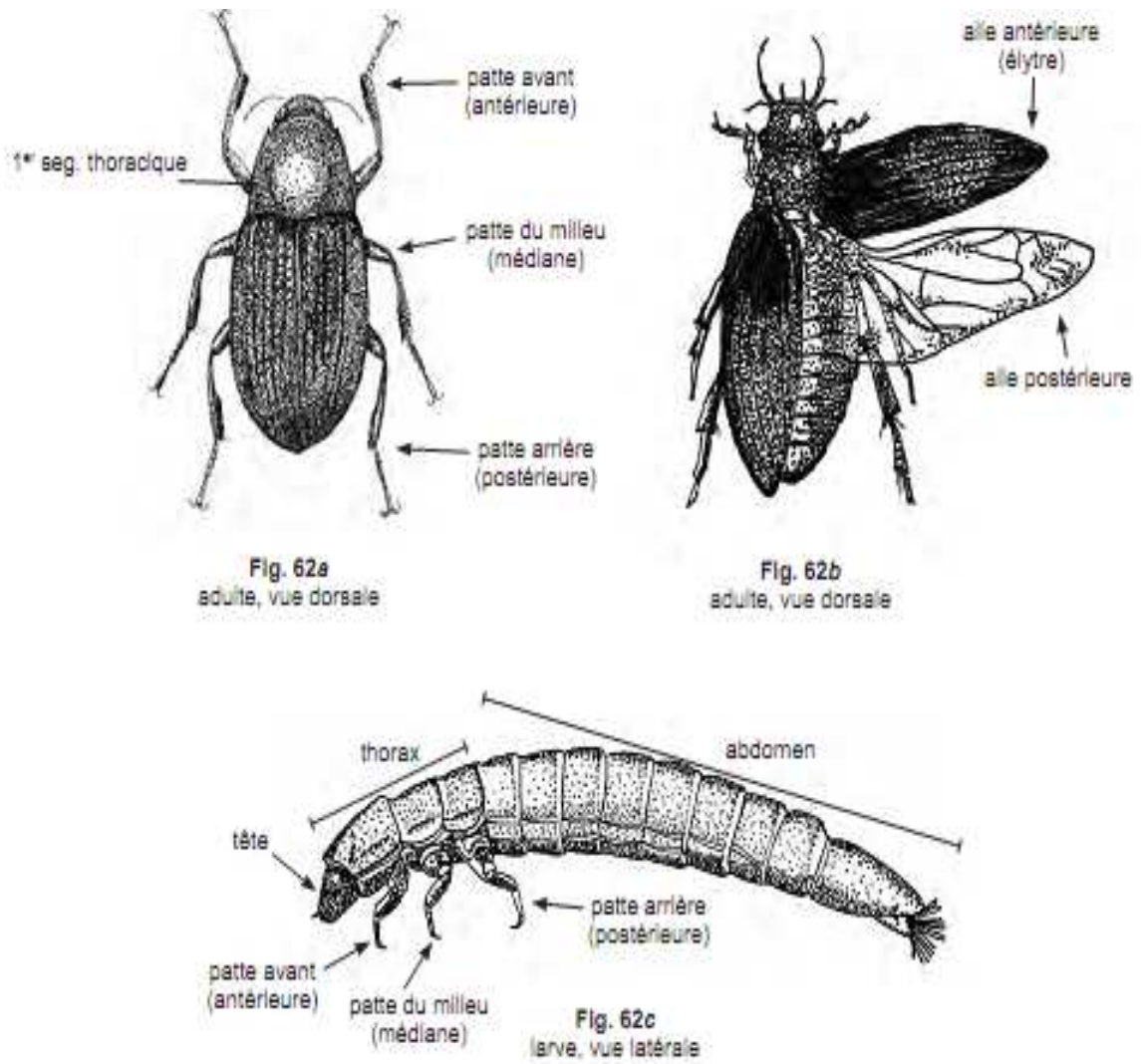


Figure 2. Vue dorsale d'un Coléoptère adulte et vue latérale d'une larve (Moisan *et al.*, 2008).

b) Les Diptères

Les Diptères sont nombreux, s'attribuent jusqu'à 90% ou davantage, de l'entomofaune ailée, dans les biotopes les plus divers, sauvages ou aménagés. Par leur nombre immense en espèces et en individus et par leur facilité d'adaptation aux gîtes larvaires, les diptères dominent dans de vastes régions (Leclercq, 1971).

Les Diptères ont une paire d'ailes et une paire de balanciers ; appareil buccal de type suceur ou piqueur suceur ; métamorphose complète (Mathieu, 1995) (Figure 3).

Il n'est pas possible actuellement d'établir une classification phylogénétique rigoureuse des diptères. Beaucoup de problèmes restent à l'étude, même au niveau des familles. Donc il existe 95 familles (Leclercq, 1971). Il y a plus de 30000 espèces (Ayrat, 1966), mais selon d'autres auteurs il y a 80000 espèces (Mathieu, 1995).

❖ Les Chironomidés

Les Chironomidés parmi les diptères aquatiques sont un groupe digne d'intérêt pour l'hydrologie. Leur importance dans la chaîne trophique est souvent un élément majeur dans la production de certains milieux (Bouda, 2002).

❖ Les Simuliidés

Les Simuliidés, communément appelés mouche noires ou simulies, constituent un groupe morphologique très homogène (Crosskey, 1990). Cette famille comprend relativement peu d'espèces comparativement aux autres familles de diptères. Elles sont diurnes et à la différence des autres moustiques, sont plus actives quand le soleil brille.

Les larves vivent exclusivement dans les eaux courantes où elles se fixent aux plantes par une ventouse située à l'extrémité de l'abdomen (Engelhardt *et al.*, 1998).

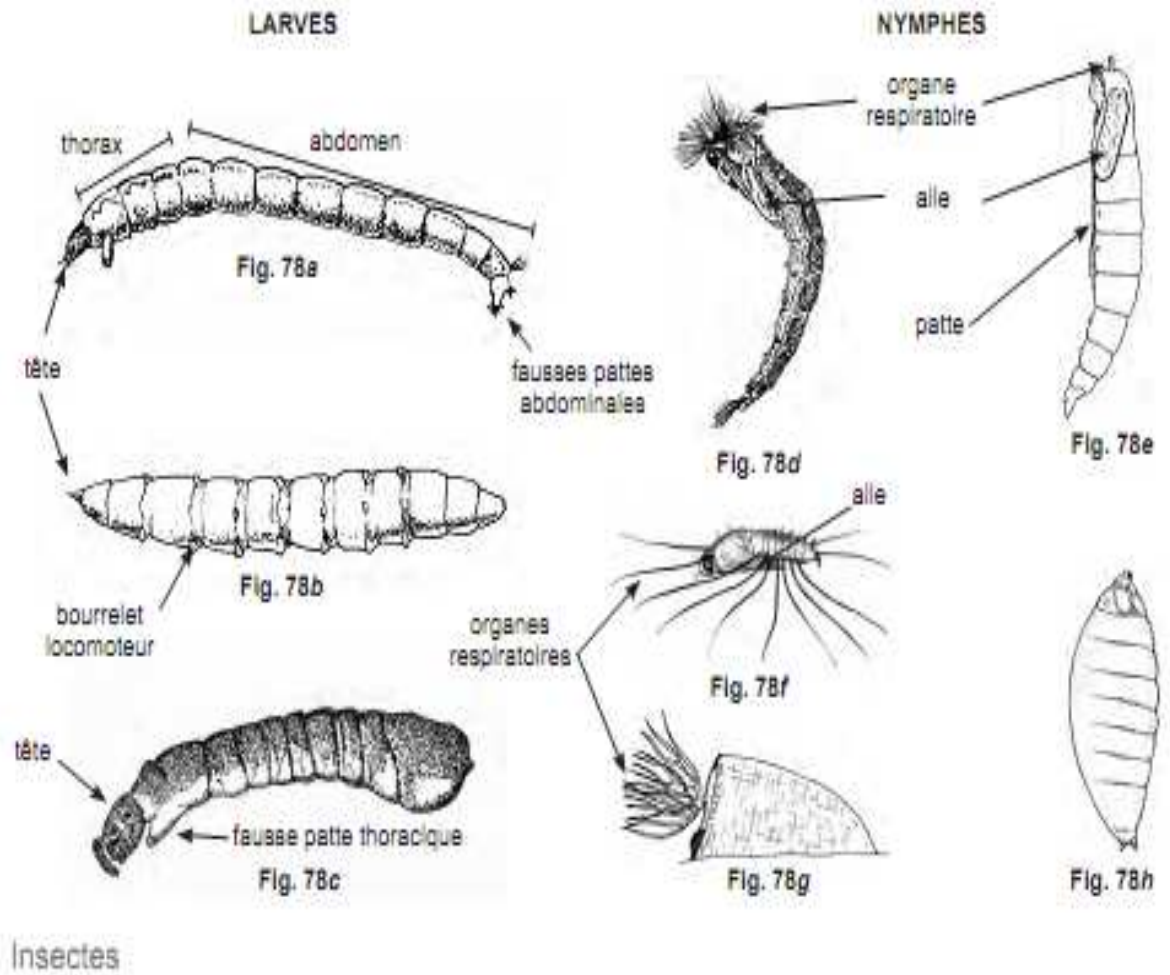


Figure 3. Larves de Diptères (Moisan *et al.*, 2008).

c) Les Hémiptères

Les Hémiptères se caractérisent par la transformation de l'appareil buccal en rostre. Celui-ci constitué par le labium forme un tube, segmenté ou non. A l'intérieur duquel coulissent maxilles et mandibules transformées en styles ; cette adaptation correspond à un régime alimentaire liquide. Ce groupe se partage en deux sous ordres: les Hétéroptères et les Homoptères (Tachet *et al.*, 2000) (Figure 4).

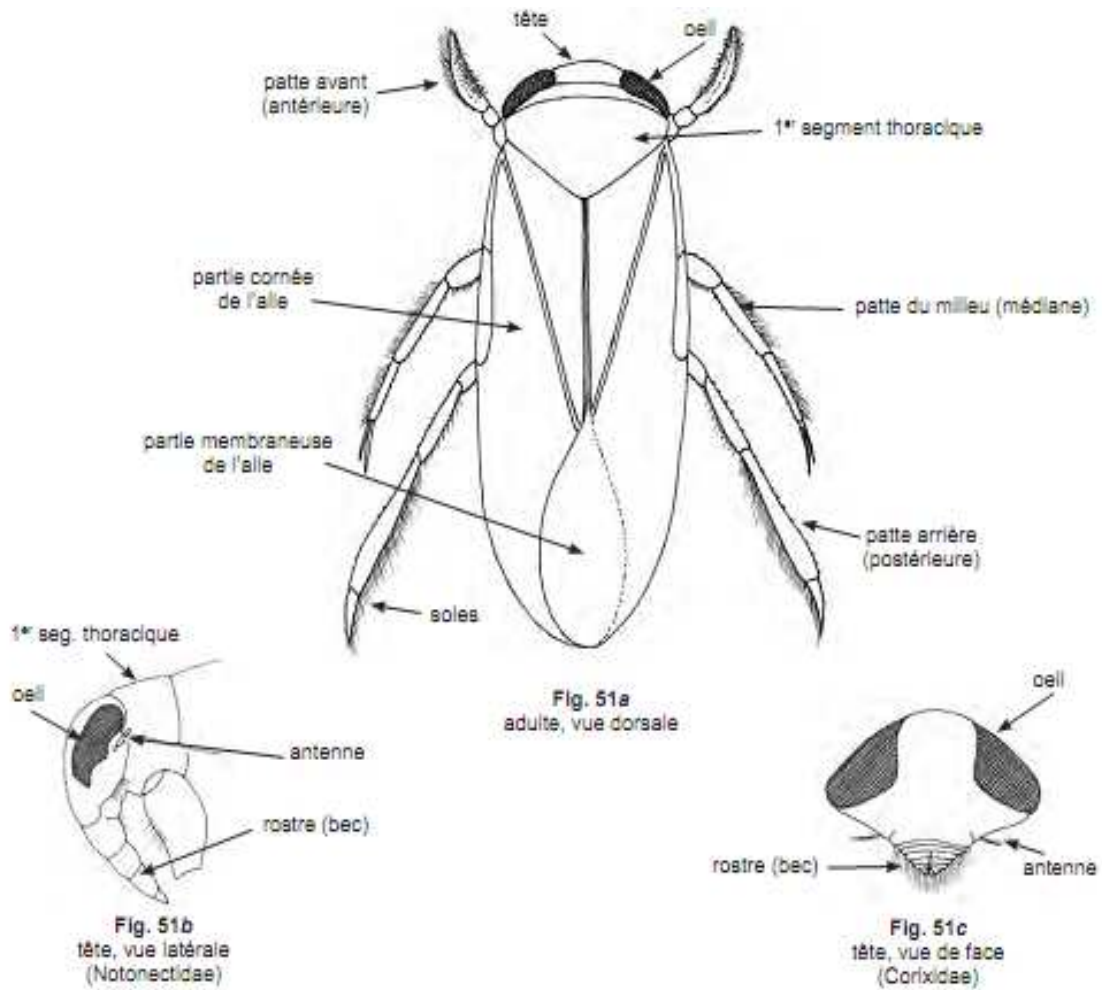


Figure 4. Vue dorsale d'un Hémiptère (Moisan *et al.*, 2008).

d) Les Éphéméroptères

Les Éphéméroptères appartiennent à un ordre d'insecte dont les larves sont exclusivement aquatiques ; ils sont caractérisés par la présence de deux (rares) ou trois queues à deux cerques et leurs pattes ne portent qu'une griffe, ce qui les distingue des plécoptères. Tous portent des branchies abdominales sur les segments 4 à 7 et selon le genre sur les segments 1 à 3. La forme et la position de ces branchies sont capitales pour leur identification (Figure 5). De façon générale, ils sont sensibles à la pollution (Moisan, 2006) et ont une longévité très brève à l'état adulte.

Les Éphéméroptères ne peuvent pas replier leurs ailes sur le dos, mais les maintiennent perpendiculairement au corps ou rabaissées. Les adultes ne s'alimentent pas, leur vie est fort brève. L'accouplement a lieu en essaims à l'aube ou au crépuscule. La femelle lâche ses œufs dans l'eau. Les métamorphoses sont complètes.

Les larves aquatiques, généralement dotées de branchies abdominales latérales et de trois cerques apicaux, consomment une grande variété de plantes aquatiques et de matières animales (Mc Gavin, 2000). Le nombre d'espèces est plus de 2500 espèces (Mathieu, 1995).

Les communautés de l'ordre Éphéméroptères constituent la composante principale de flux d'énergie et du cycle de matière dans les systèmes lotiques (Wallace et Webst, 1996; Curtean_Bănăduc *et al.*, 2016).

Les larves des Éphéméroptères sont très abondantes et occupent les divers biotopes des eaux courantes (torrents, ruisseaux et rivières). Diverses études ont montré que ce groupe est un matériel favorable dans les études écologiques, notamment dans l'estimation de la qualité biologique des eaux (Bebba *et al.*, 2015).

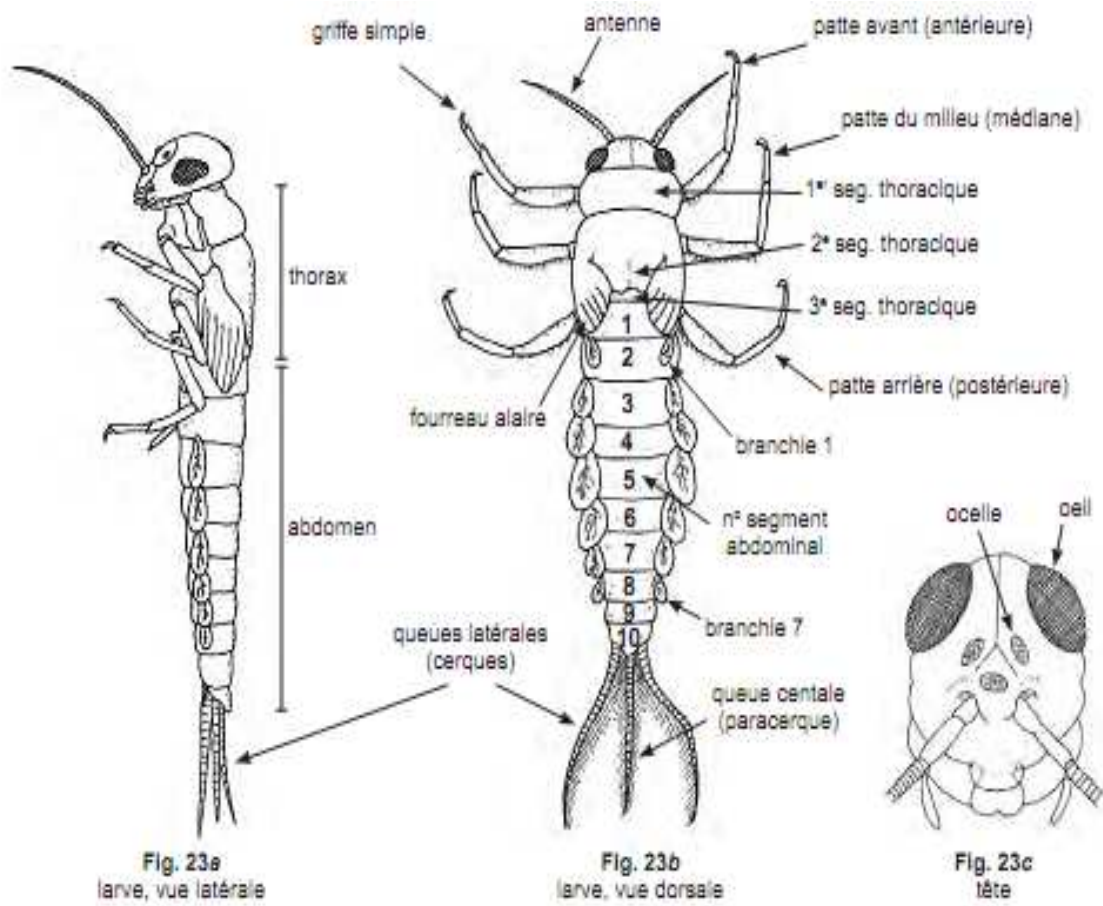


Figure 5. Vue dorsale et latérale d'un Éphéméroptère (Moisan *et al.*, 2008).

e) Les Trichoptères

Les Trichoptères sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatiques (Tachet *et al.*, 2000). Cet ordre regroupe 43 familles et 8000 espèces d'insectes qui se rencontrent presque partout près de l'eau douce. Les adultes, sveltes et ternes, évoquent les phalènes, dont ils se distinguent par des poils et non des écailles sur les ailes. Les longues antennes filiformes ont de nombreux articles.

Les pièces buccales, faibles, peuvent servir à prendre du liquide, même si les adultes de nombre d'espèces ne s'alimentent pas. Les Trichoptères ont des yeux composés, parfois avec des ocelles. En vol, les paires d'ailes sont solidarisées par soies incurvées.

L'accouplement aura lieu à l'automne (Tachet *et al.*, 2000). Il se fait rarement en vol mais sur une substance ferme. Les partenaires sont alors alignés mais se tournent le dos. En général, les adultes ne vivent pas plus d'une huitaine de jours (Engelhardt, 1998)

La femelle pond ses œufs en amas ou cordons, les larves aquatiques se nymphosent généralement dans les fourreaux qu'elles élaborent avec des graines de sable et des brindilles (Figure 6) (Mc Gavin, 2000).

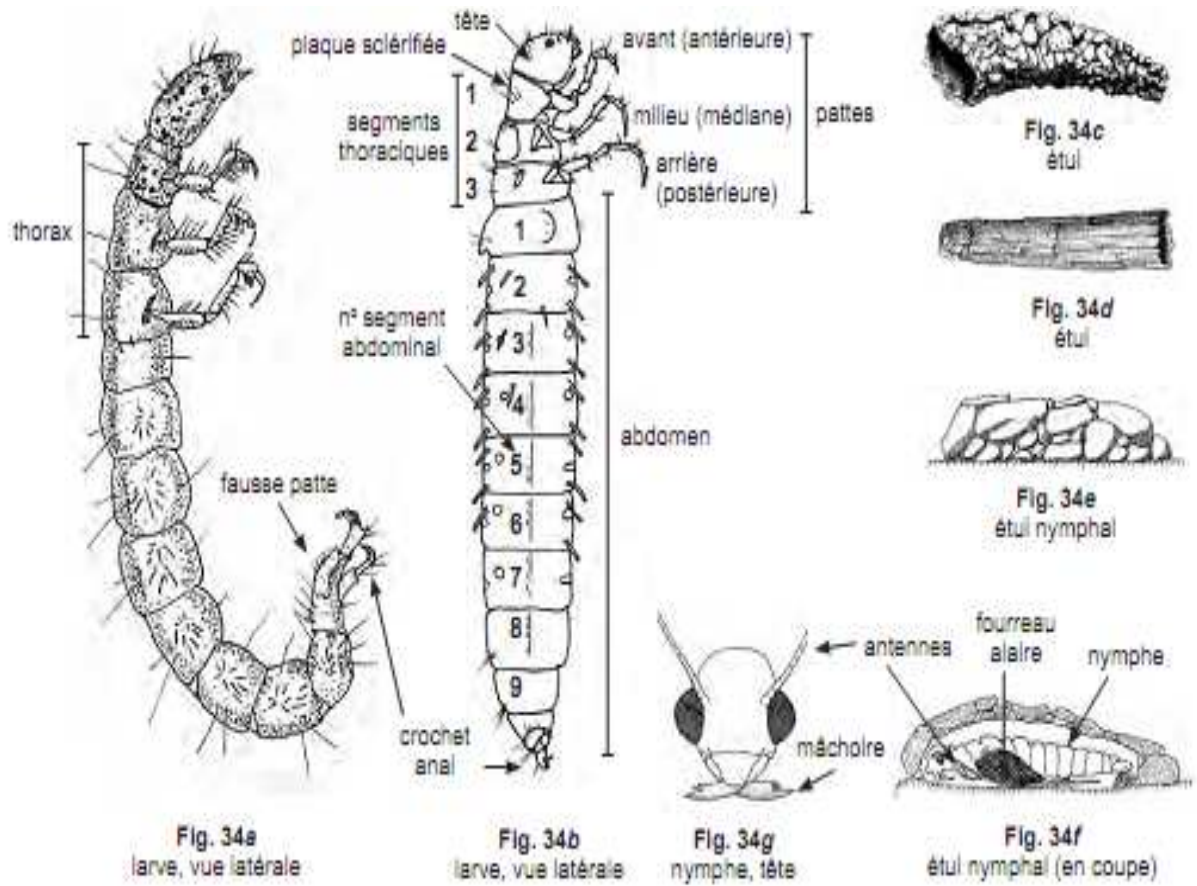


Figure 6. Vue dorsale et latérale d'un Trichoptère (Moisan *et al.*, 2008).

f) Les Plécoptères

Les Plécoptères sont des insectes primitifs, ce groupe ne comporte que 700 espèces. (Baumont et Cassier, 1983). Les perles sont apparues sur terre il y a environ 60 millions d'années. Leurs larves, longues de 1 à 3 cm, ressemblent aux stades ailés. Leur abdomen ne porte aucun appendice branchial, au contraire des larves d'Éphémères, mais toujours deux cerques (queues) à son extrémité. Leurs pattes possèdent trois segments et deux griffes (Engelhardt *et al.*, 1998) (Figure 7).

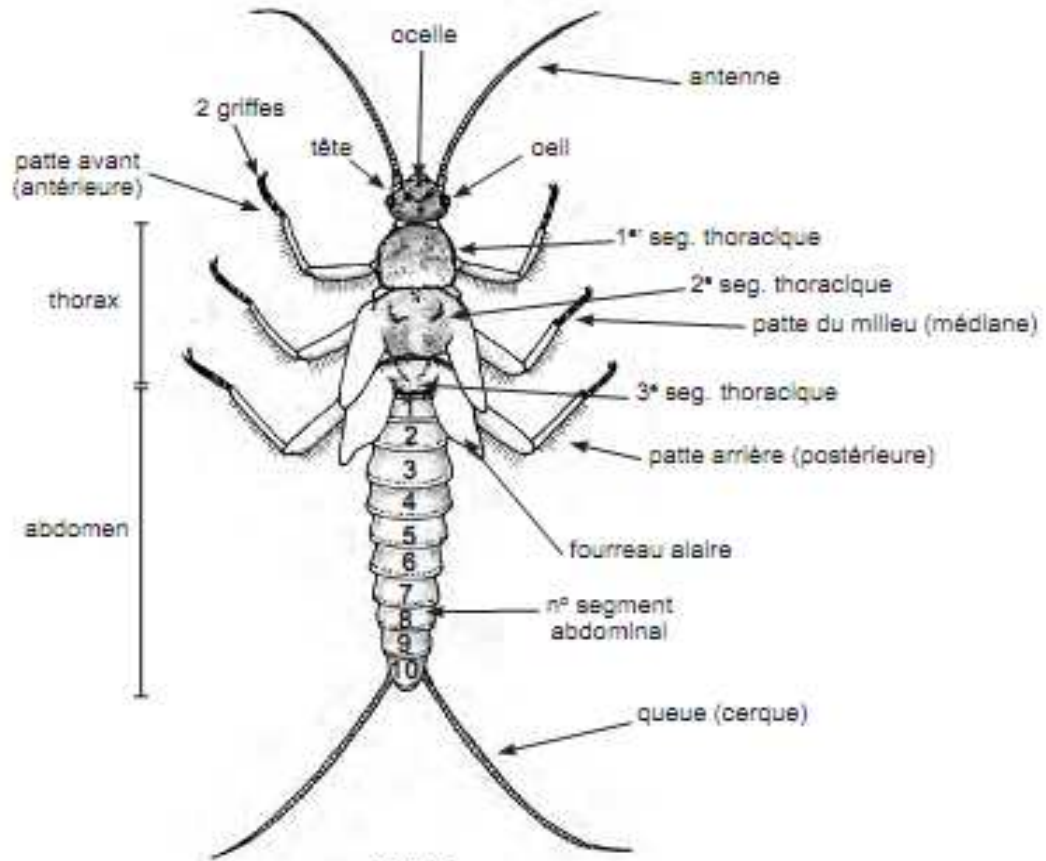


Fig. 46
larve, vue dorsale

Figure 7. Vue dorsale d'un Plécoptère (Moisan *et al.*, 2008).

i) Les Odonates

Les libellules, ou Odonates, constituent un ordre d'insectes relativement limité: on en dénombre quelque 5500 espèces dans le monde. Ces espèces se répartissent de façon à peu près égale en deux sous-ordres, les Zygoptères ou “demoiselles”, et les Anisoptères ou “libellules” (au sens restreint du terme). Les Zygoptères regroupent 18 familles, tandis que les Anisoptères sont répartis en 11 familles environ. En raison de leur beauté et de leur biologie originale, les Odonates ont suscité l'intérêt de nombreux entomologistes amateurs ou professionnels; aussi, de part le nombre raisonnable d'espèces, cet ordre d'insectes est l'un des mieux connus. C'est vrai surtout dans les pays développés où les prospections ont été suffisamment nombreuses (Dommanget et Murice, 2002)

Les Odonates ou Libellules se distinguent des autres Insectes non seulement par leur morphologie caractéristique tant chez l'adulte que chez la larve, mais surtout par des particularités structurales qui leur sont propres et qui sont, pour l'essentiel : l'existence chez le mâle de pièces génitales (genitalia) accessoires tout à fait à l'écart des voies génitales, et l'existence chez la larve d'un labium articulé: le masque, qui recouvre les autres pièces buccales. Ce sont des hémimétaboles à larves aquatiques dans leur immense majorité et prédateurs à tous les stades de leur cycle vital. Les Odonates ont une longue histoire dont témoignent de nombreux fossiles; actuellement cet ordre n'est plus représenté que par trois sous ordres: Zygoptères, Anisozygoptères et Anisoptères. Seuls les Zygoptères et les Anisoptères ont des représentants africains.

Les Odonates comme tous les insectes sont très anciens. L'ordre des Odonates se divise en deux sous-ordres principaux :

❖ Les Zygoptères

Sont des individus petits et grêles au vol peu soutenu. Au repos, les ailes sont le plus fréquemment jointes au-dessus de l'abdomen ou entrouvertes à l'oblique vers l'arrière.

❖ Les Anisoptères

Le corps est beaucoup plus massif, ils ont un vol puissant et soutenu. Au repos, les ailes sont écartées du corps en position horizontale (Figure 8). Comme tous les insectes, le corps est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. Les critères morphologiques les plus utilisés pour l'identification des adultes concernent le type de nervation alaire (surtout pour le genre), la coloration de l'abdomen, la forme des pièces copulatrice. Elles appartiennent à l'ordre des insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques (Moisan, 2006). Les 55000 espèces et 30 familles appartenant à l'ordre des Odonates sont plus connus sous le nom de Libellules et de Moiselles (Mc Gavin, 2000). Les métamorphoses sont incomplètes, les larves aquatiques sont prédatrices et possèdent un "masque" déployable, pièces buccales pour saisir les proies, elles présentent les divisions caractéristiques des insectes : tête, thorax et abdomen. Chacun de ces trois parties portent des organes importants. Sur la tête, il y a les yeux, les antennes et les parties buccales, sur le thorax, les 6 pattes et 4 fourreaux alaires, sur abdomen, les appendices anaux, différents entre les zygoptères et anisoptères, et les premières ébauches des parties génitales (Heidemann et Siedenbusch, 2002) (Figure 9).

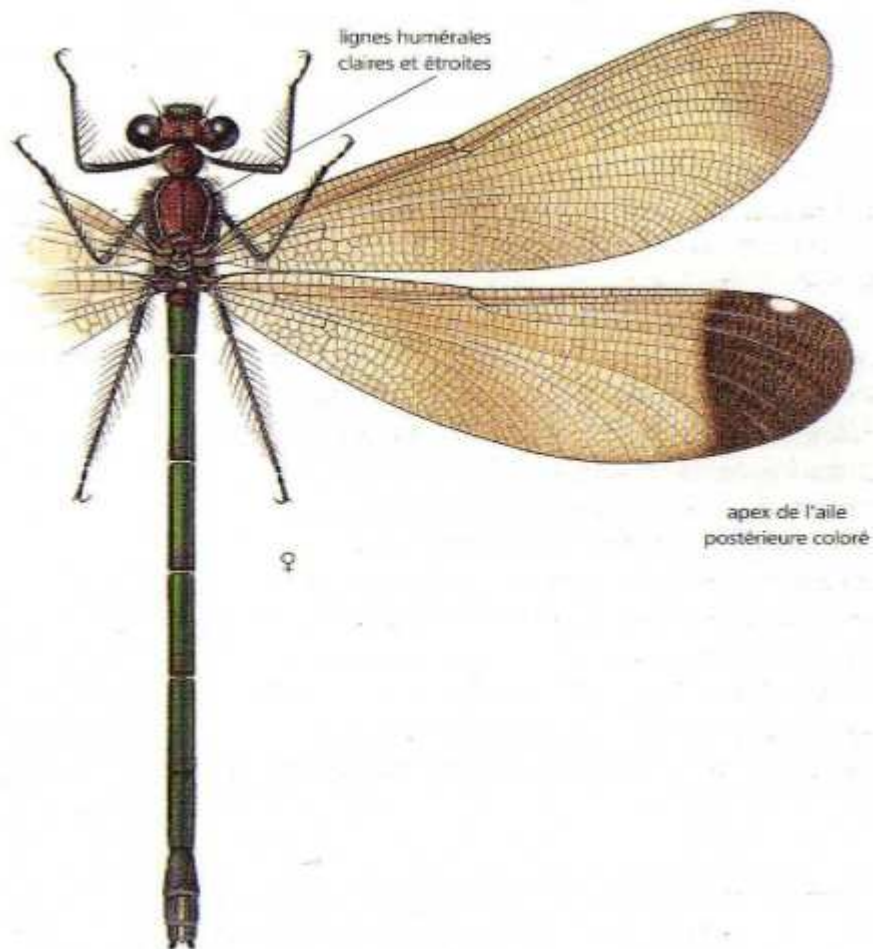


Figure 8. Vue dorsale d'un adulte d'Odonate Zigoptères (Dijkstra *et al.*, 2007).

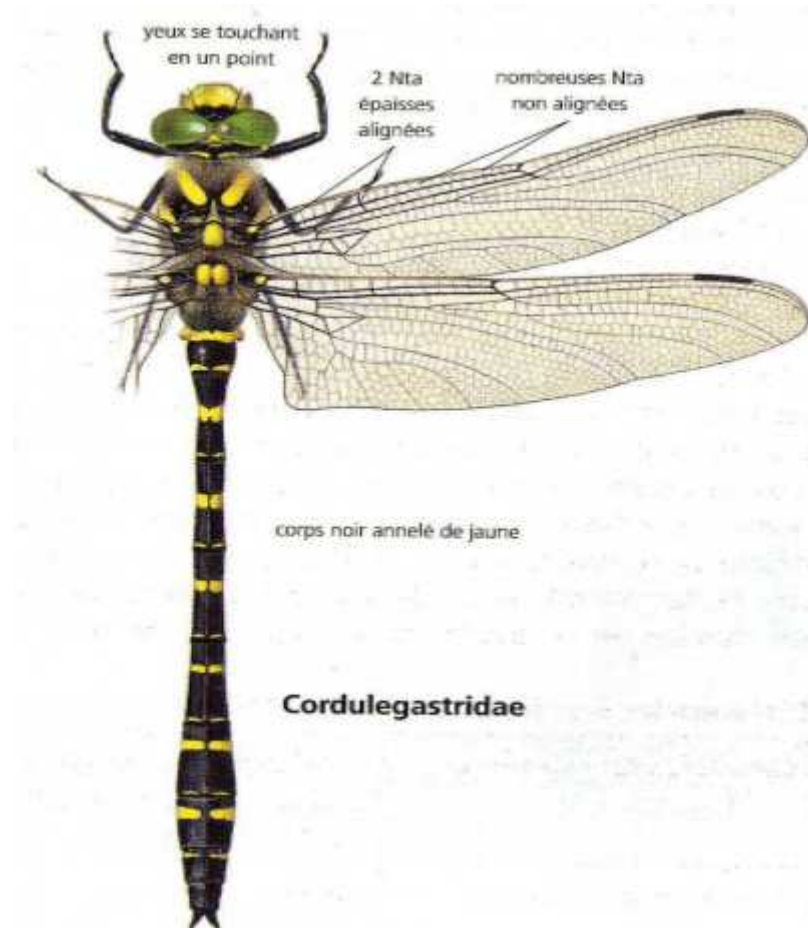


Figure 9. Vue dorsale d'un adulte d'Odonate Anisoptère (Dijkstra *et al.*, 2007).

I.2. Méthode de travail**I.2.1. Choix des sites**

Le choix des stations est basé sur les critères suivants :

Les stations appartiennent à la même région (Nord-est de l'Algérie). Ils partagent ainsi des conditions climatiques semblables.

- Les stations sélectionnés ne partagent pas le même substrat ;
- Présence de poissons dans certaines stations ;
- Paramètres régionaux et locaux, en particulier l'altitude ;
- La sélection des stations a été basée sur l'utilisation des terres et les activités anthropiques (Khelifa *et al.*, 2011) ;
- La diversité et la richesse biologique qui caractérisent ces stations ;
- Accessibilité des stations (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense) permettant une visite régulière.

I.2.2. Echantillonnage des peuplements des Chironomidés de Oued Seybouse

Les larves de Chironomidés ont été échantillonnées sur 26 stations (Tableau 1) entre août 2008 et février 2011 (Figure 10). L'échantillonnage a été réalisé par Madame Bouhala Zineb et Docteur Fouzari Aicha pour quatre saisons (printemps, été, automne et hiver) considérés comme caractérisant le gradient saisonnier de l'oued Seybouse et de ses affluents, où un total de 165 relevés a été récolté.

Six stations ont été localisées le long du cours principal de Oued Seybouse (stations 18, 19, 23, 24, 25 et 26) (Figure 10), et 3 stations le long de ses affluents (Figure 10): l'oued Zemzouma (20), Bradaa (21) et l'oued Helia (22); 3 stations le long du cours principal de l'oued Bouhamdane (stations 15, 16 et 17); ces stations ont été échantillonnées par Docteur Fouzari Aicha de Août 2008 à Juillet 2009.

14 stations situées sur le principal cours de l'oued Cheref et de ses affluents (stations 1 à 14) (Figure 10) ont été échantillonnées pendant la période de Janvier 2010 à Février 2011.

Oued Seybouse présente un exemple de cours d'eau méditerranée : Onze (11) stations étudiées étaient sèches pendant les saisons d'été et d'automne. De plus, l'accessibilité aux stations sélectionnées situées sur le principal cours de l'oued Seybouse n'a pas toujours été assurée pendant l'hiver et le printemps. Ceci explique pourquoi seulement 165 échantillons ont été collectés.

Pour chaque échantillon, ont été mesurées en situ les principales variables environnementales : profondeur (cm), vitesse du courant (cm/ s), température de l'eau (° C), conductivité ($\mu\text{S/cm}$), oxygène dissous (mg/ L), pH et turbidité (NTU).

I.2.3. Identification des larves de Chironomidés

Des échantillons ont été conservés dans du formaldéhyde à 5% (larves et nymphes), puis dépouillés au laboratoire. L'identification par espèces a été faite par Chaib Nedjla en utilisant les clés Italiennes pour la détermination des larves (Ferrarese et Rossaro, 1981 ; Rossaro, 1982 ; Ferrarese, 1983; Nocentini., 1985) avec les clés des larves (Wiederholm, 1983) et nymphes (Langton et Visser, 2003) du Paléarctique.

Tableau 1. Stations d'étude du sous bassin de Oued Seybouse (Chaib *et al.*, 2013).

N°	Names of wadis	Codes	Sampling sites	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Hydoperiod	Number of sample
1	Cherf	BSD	Barrage Sedrata	36°3'30.96"	7°27'12.54"	744	Permanent	6
2	Cherf	CPS	Cherf à Sedrata	36°4'28.74"	7°29'38.40"	747	Permanent	9
3	Cherf	OKR	Wadi Krab – effluent	36°7'12.60"	7°32'46.80"	778	Temporary	3
4	Cherf	CKS	Cherf à Ksar Sbahi – effluent	36°3'12.42"	7°19'33.42"	751	Permanent	10
5	Cherf	ONL	Wadi El Nil – effluent	36°8'22.80"	7°26'43.86"	775	Temporary	3
6	Cherf	ODB	Wadi Dbabcha – effluent	36°16'13.58"	7°25'53.92"	609	Temporary	8
7	Cherf	OML	Wadi el Maleh – effluent	36°14'23.16"	7° 8'45.96"	742	Temporary	4
8	Cherf	OBM	Wadi Beni Mheni – effluent	36°10'43.42"	7°12'5.67"	668	Temporary	2
9	Cherf	BMK	Barrage Ain Makhoulouf	36°13'31.68"	7°17'46.98"	643	Permanent	6
10	Cherf	OAR	Wadi El Aare – effluent	36°18'29.74"	7°19'54.63"	609	Temporary	3
11	Cherf	CMK	Cherf à Ain Makhoulouf	36°21'40.05"	7°20'12.64"	600	Permanent	12
12	Cherf	OCH	Wadi Cheniour – effluent	36°23'11.82"	7°22'43.38"	742	Temporary	11
13	Cherf	CHS	Cherf à Ain Hsainia	36°23'11.13"	7°19'24.96"	270	Permanent	6
14	Cherf	CMA	Cherf à Medjez Amar	36°26'31.56"	7°18'40.62"	273	Permanent	7
15	Bouhamdane	BHD	Bouhamdane à Hammam Debagh	36°29'30.07"	7°11'18.31"	305	Permanent	2
16	Bouhamdane	BMR	Bouhamdane à Mermoura	36°29'30.97"	7°14'27.85"	480	Permanent	4
17	Bouhamdane	BMA	Bouhamdane à Medjez Amar	36°30'2.12"	7°17'8.83"	274	Permanent	7
18	Seybouse	SSS	Seybouse à Salah Salah Salah	36°27'41.82"	7°20'22.92"	251	Permanent	8
19	Seybouse	SFJ	Seybouse à El –Fedjoug	36°28'53.58"	7°24'55.56"	222	Permanent	9
20	Seybouse-effluent	OZM	Wadi Zimba – effluent	36°25'45.43"	7°30'35.41"	291	Temporary	8
21	Seybouse-effluent	OBR	Wadi Bradâa – effluent	36°30'48.18"	7°27'2.22"	285	Temporary	3
22	Seybouse-effluent	OHL	Wadi Helia – effluent	36°20'41.48"	7°39'55.03"	144	Temporary	5
23	Seybouse	SZM	Seybouse à Zemzouma	36°24'47.70"	7°36'40.56"	143	Permanent	9
24	Seybouse	SBD	Seybouse à Boudaroua	36°29'43.26"	7°41'11.19"	100	Temporary	3
25	Seybouse	SCH	Seybouse à Chihani	36°37'29.38"	7°42'27.02"	12	Permanent	9
26	Seybouse	SDR	Seybouse à Dreân	36°41'0.12"	7°45'31.62"	18	Permanent	7

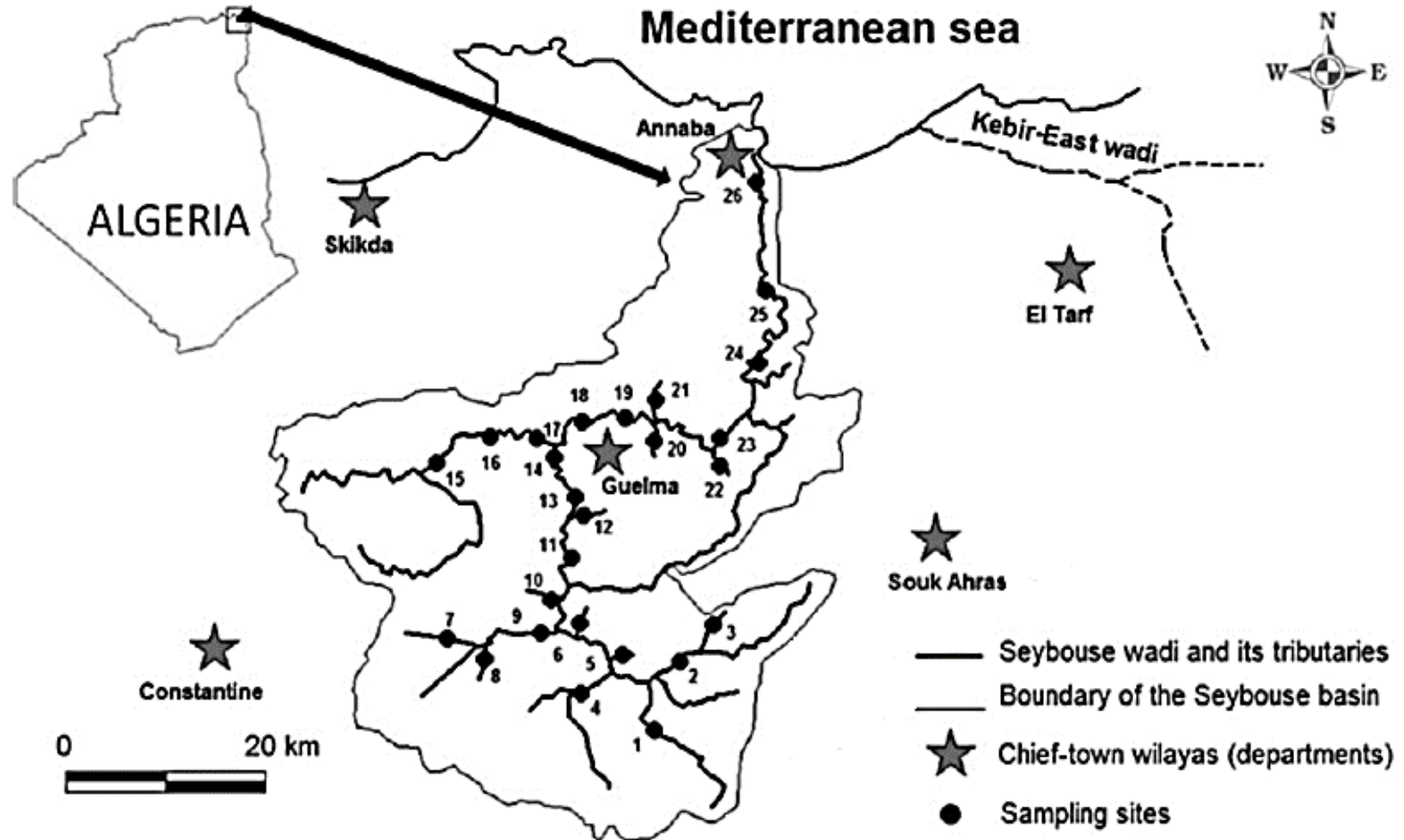


Figure 10. Situation des stations d'étude de Oued Seybouse (Chaib *et al.*, 2013).

I.2.4. Echantillonnage des peuplements d'invertébrés de Oued Cheref

L'échantillonnage mensuel étant effectué au niveau des vingt-deux stations d'Oued Cheref et leurs affluents (Figure 11). Un total de 580 prélèvements ont été fait durant la période d'échantillonnage allant de Juillet 2014 à Juin 2017.

L'objectif de l'échantillonnage consiste en la collecte d'une diversité la plus représentative des macroinvertébrés au niveau de chaque site visité.

La technique de récolte consiste à utiliser une époussette de 1 mm de vide de maille. Les coups de filet étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses.

Collecte sous les pierres

Il est facile de ramasser deux ou trois pierres à la fois, de les placer dans un baquet de plastique blanc et les retourner à la rive. On peut détacher les organismes des pierres avec des pinces et les conserver avec le contenu du filet dans des flacons en plastique sur les quels noms et dates des prélèvements sont inscrits. Les échantillons sont pré-triés sur place (éliminations des plus grands éléments minéraux et végétaux) et fixés dans du formaldéhyde à 5%. Sachant bien que chaque relevé est précédé par la mesure de la conductivité, la température, la profondeur, la largeur du lit et la vitesse de l'eau.

II.2.5. Au laboratoire

Nous avons procédé au dépouillement et au dénombrement des individus de chaque espèce animale récoltée, ce qui nous a permis de constituer une liste d'espèces des vingt-deux sites. Ensuite les insectes comme les Coléoptères et les Hémiptères sont séchés et conservés dans des boites de collection. Les autres spécimens comme les poissons et les larves d'Odonates sont conservés dans du formaldéhyde à 5%.

- Les espèces sont identifiées selon la détermination des différents groupes à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un ouvrage de détermination (Tachet *et al.*, 2000; Moisan *et al.*, 2008) puis confirmées grâce aux spécimens identifiés de collection de référence du laboratoire (L. C. Z. H) et sous la direction du Pr. Samraoui.



Figure 11. Situation des stations d'étude de Oued Cheref (Bouhala *et al.*, 2019).

I.2.6. Échantillonnage des peuplements des Odonates

Les adultes sont capturés à l'aide d'un filet à papillon en respectant la durée de temps (1/4 heure) dans chaque station. La collecte des exuvies présente un intérêt particulier par rapport au stade vivants (larve, adulte leur prélèvement n'affecte pas la taille de population). Leur présence indique un développement complet de l'espèce dans un milieu.

La collecte des exuvies: celles-ci sont récoltées aux bords de l'Oued où elles s'accrochent aux différentes plantes ou uniquement sur la rive (sur les pierres).

Les adultes capturés et les exuvies collectées sont transportées dans des flacons en plastiques sur les quels noms et dates des prélèvements sont inscrits au laboratoire pour les identifier.

I.2.7. Au laboratoire

Les adultes des Odonates sont mises dans un congélateur une heure de temps puis séchées sur un papier génique pendant trois jours et conservées dans des petites enveloppes en plastique ou en papier sur lequel figure le nom de la station et la date de prélèvement.

L'identification des différents stades de développements (adultes, exuvies) est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un ouvrage de détermination (Aguilar *et al.*, 1985) puis confirmées également grâce aux spécimens identifiés de collection de référence du laboratoire (L. C. Z. H) sous la direction du Pr. Samraoui.

I.2.8. Les variables mesurées

Les facteurs écologiques essentiels qui agissent sur le peuplement sont la température, la conductivité, la vitesse du courant et la nature du fond (Dajoz, 1985).

I.2.8.1. La conductivité

La conductivité est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. La conductivité électrique et la température sont déterminées à l'aide d'un conductimètre.

I.2.8.2. La température

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz ; dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH.

Une augmentation de celle-ci provoque l'échappement de l'oxygène dissous dans l'eau (Robier, 1996). Ceci est important car la température intervient dans la détermination de la faune aquatique (Dajoz, 2006)

Dans les cours d'eau, la température garde une grande influence, mais se limite en général à un gradient biologique entre l'amont et l'aval, sans provoquer de courant (Touchart, 2003). La température et la conductivité sont mesurées sur site à l'aide d'un conductimètre.

I.2.8.3. La profondeur de l'eau

La profondeur est la variante environnementale la plus importante. La faible profondeur permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire, ainsi qu'à l'air de se diffuser largement et de bien se mélanger. La profondeur de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc la répartition et la prolifération de la faune et de la flore thermophile. Ce paramètre varie en fonction des apports pluviométriques. Ce paramètre est relevé grâce à une perche graduée à un centimètre près.

I.2.8.4. Vitesse du courant

Vitesse à laquelle une masse d'eau se déplace. Il est pratiquement inutile de mesurer la vitesse de la couche supérieure de l'eau (généralement en chronométrant le temps que mettent des flotteurs pour faire un certain trajet), car la vitesse du courant diminue à partir des couches supérieures et moyenne de l'eau, en allant vers les rives et le fond (Engelhardt *et al.*, 1998).

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)

I.2.8.5. Largeur moyenne en eau

Largeur mouillée du cours d'eau. Si la largeur du tronçon étudié est variable, déterminer l'endroit où elle est représentative et prendre une mesure perpendiculairement au courant.

I.2.8.6. Le substrat

Le substrat est l'un des facteurs diversifiant des populations aquatiques. Il constitue le support vital des espèces aquatique.

I.2.9. Analyse de données**I. 2.9.1. L'organisation d'un peuplement**

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs. Il est possible de décrire la structure de la biocénose toute entière à travers les paramètres tels que la richesse spécifique, l'abondance, la dominance, la diversité spécifique, etc. (Ramade, 1994).

- **L'abondance** : correspond au nombre d'individus échantillonnés.
- **Fréquence** : Elle peut s'exprimer par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée. Elle peut être également exprimé par le pourcentage d'où :

$$C = p * 100 / p.$$

P* : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

P : nombre total de relevés effectués.

I.2.9.2. La structure d'un peuplement

Elle exprime le mode de distribution des individus parmi les espèces qui composent le peuplement, c'est-à-dire l'organisation du tableau espèces relevés. L'étude de ce mode de répartition peut être faite :

- 1- L'analyse des distributions d'abondance (modèles de Preston, Motomura, Macarthur).
- 2- Au moyen d'indice synthétique de diversité, la diversité d'un peuplement s'exprime aussi par le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique).

Parmi les indices de diversité permettant la comparaison des peuplements dans l'espace et le temps, nous avons :

❖ Indice de Shannon

cet indice a l'avantage de faire intervenir l'abondance des espèces. Il se calcule par la formule suivante :

$$H = - \sum p_i \log_2(p_i)$$

p_i étant l'abondance relative de chaque espèce, égale à **n_i/N** (**n** : l'abondance de l'espèce et **N** : le nombre total de relevés) (Frontier et Pichod-Viale, 1991).

❖ Equitabilité

Les valeurs de l'indice de diversité connaissent des déséquilibres qui peuvent être appréciés par l'indice d'Équitabilité ou (régularité), comme étant le rapport :

$$E = H / H_{max}.$$

H_{max} : étant la diversité maximale (**H_{max} = log₂ .S**)

H : indice de diversité (Frontier et Pichod-Viale, 1991).

❖ **Avantage des indices**

- L'indice de Shannon tient en compte de l'abondance des espèces.
- L'indice d'Équitabilité sert à comparer les diversités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes.

I.2.9.3. L'analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales est un outil extrêmement puissant de synthèse d'information, très utile lorsque l'on est en présence d'une somme importante de données quantitatives à traiter et interpréter.

Le principe de cette analyse est de créer, à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, de nouvelles variables et de variances décroissantes appelées composantes principales de manière à minimiser la perte d'information lors de la réduction de dimension, c'est-à-dire de maximiser la variance totale.

Chapitre 2 :
Description des sites
d'étude

II. 1. Le bassin versant de Oued Seybouse**II.1.1 Description générale du cours d'eau**

Le bassin hydrographique de la Seybouse qui fait l'objectif de notre étude du mois d'Août 2008 au mois de Février 2011, est l'un des principaux réseaux hydrographiques du pays par la longueur de son parcours, le nombre de ses affluents et la superficie de son bassin.

II. 1. 2. Situation géographique

Le bassin versant de la Seybouse est situé dans la région Nord-Est de l'Algérie, il couvre une superficie totale d'environ 6471 km². Il fait partie du territoire de sept wilayas. Un million trois cent mille (1.300.000) habitants, répartis en soixante-huit (68) communes, sept (07) wilayas et trente (30) partiellement trente-huit (38) sont entièrement incluses dans le bassin (A.B.H. 1999) (Figure 12).

II.1. 3. Le réseau hydrographique

Le cours d'eau a ses origines les plus éloignées de mer dans les hautes plaines de Heracta et de Sallaoua qui s'étalent à une altitude de 800 à 1000 m et drainent des reliefs assez simples avec des écoulements lents. Dans ces régions, son régime et son réseau sont bien différents de ceux qu'il acquiert en pénétrant dans l'Atlas tellien. A la sortie de ce dernier, la Seybouse pénètre dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter dans la mer méditerranée près de Sidi Salem (36°52'3.21"N, 7°46'25.49"E). La rivière de la Seybouse se forme après que les deux affluents, oued Bouhamdane et oued Cheref, se rencontrent à Medjez Amar (Figure 13).

Au niveau du bassin versant de la Seybouse, le territoire est ainsi divisé en trois terrasses physiographiques bien distinctes :

- La haute- Seybouse qui comprend les sous bassins appelés 14-01, 14-02 et 14-03 (Figure 12).

- La moyenne- Seybouse qui couvre le sous bassin 14-04.
- La basse- Seybouse qui comprend les sous bassins appelés 14-05 et 14-06 (Figure 13).

A. Barrages de Oued Seybouse

Le bassin d'Oued Seybouse compte 04 barrages qui sont récapitulés dans le tableau 2 et la figure 14.

Tableau 2. Barrages du bassin de Oued Seybouse (A.B.H.1999)

Sous-bassin	Commune	Wilaya	Dénomination	Capacité (HM³)
14,01	Zouabi	41	Foum El Khanga	157.00
14,01	Tiffech	41	Tiffech	5.80
14,02	Ain Makhlouf	24	Medjez El Bgare	2.86
14,3	Hammam Debagh	24	Hammam Debagh	195

II. 2. Sous bassin de Oued Cheref

II. 2. 1. Présentation de la zone d'étude

L'étude de cet Oued comportera la description des facteurs du régime. Ce sera d'abord, la situation géographique du bassin envisagée rapidement, puis les caractéristiques du réseau hydrologique essentiel du bassin.

II. 2. 1. Situation géographique

Le bassin d'oued Cheref qui porte le code (14.01–14.02) est situé dans la partie Nord-est du territoire algérien. Il constitue la région limitrophe de trois wilayas : Souk Ahras (41) ; Guelma (24) et Oum El Bouaghi (04)

(Figure 12), ce bassin faisant partie du bassin versant de la Seybouse est de forme triangulaire, il s'étale sur une superficie de 2900 Km² avec un périmètre de 57 Km.

II.2.2. Description générale d'Oued Cheref

Le bassin du Cheref est divisé en deux : le bassin haut Cheref et le bassin bas Cheref (Tableau 3 ; Figure 15), qui n'est autre que celui du cours supérieur de la Seybouse, atteint les hautes plaines, d'une altitude variant entre 800 à 1000 m (Ghachi, 1986).

Tableau 3. Répartition des sous-bassins de Oued Cheref (A.B. H. 1999)

Nom	Position	Sous-bassin (Code)	Superficie (Km²)	Longueur (Km)
Oued Cheref amont	Haut Cheref	14,01	1739	25
Oued Cheref aval	Bas Cheref	14,02	1166	32

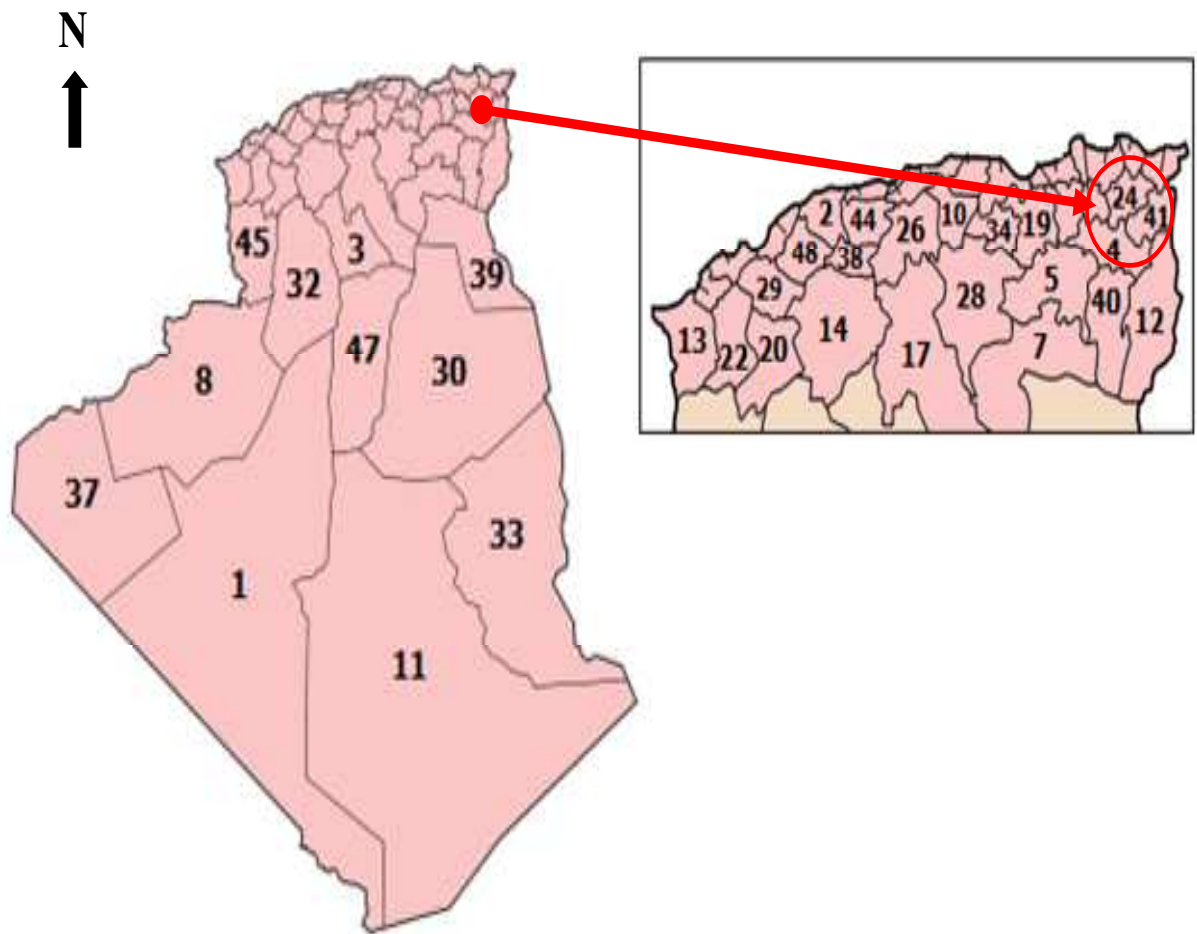


Figure 12. Situation géographique du sous bassin versant d'Oued Cheref (1).



Figure 13. Carte du bassin versant de la Seybouse (A.B.H. 1999).

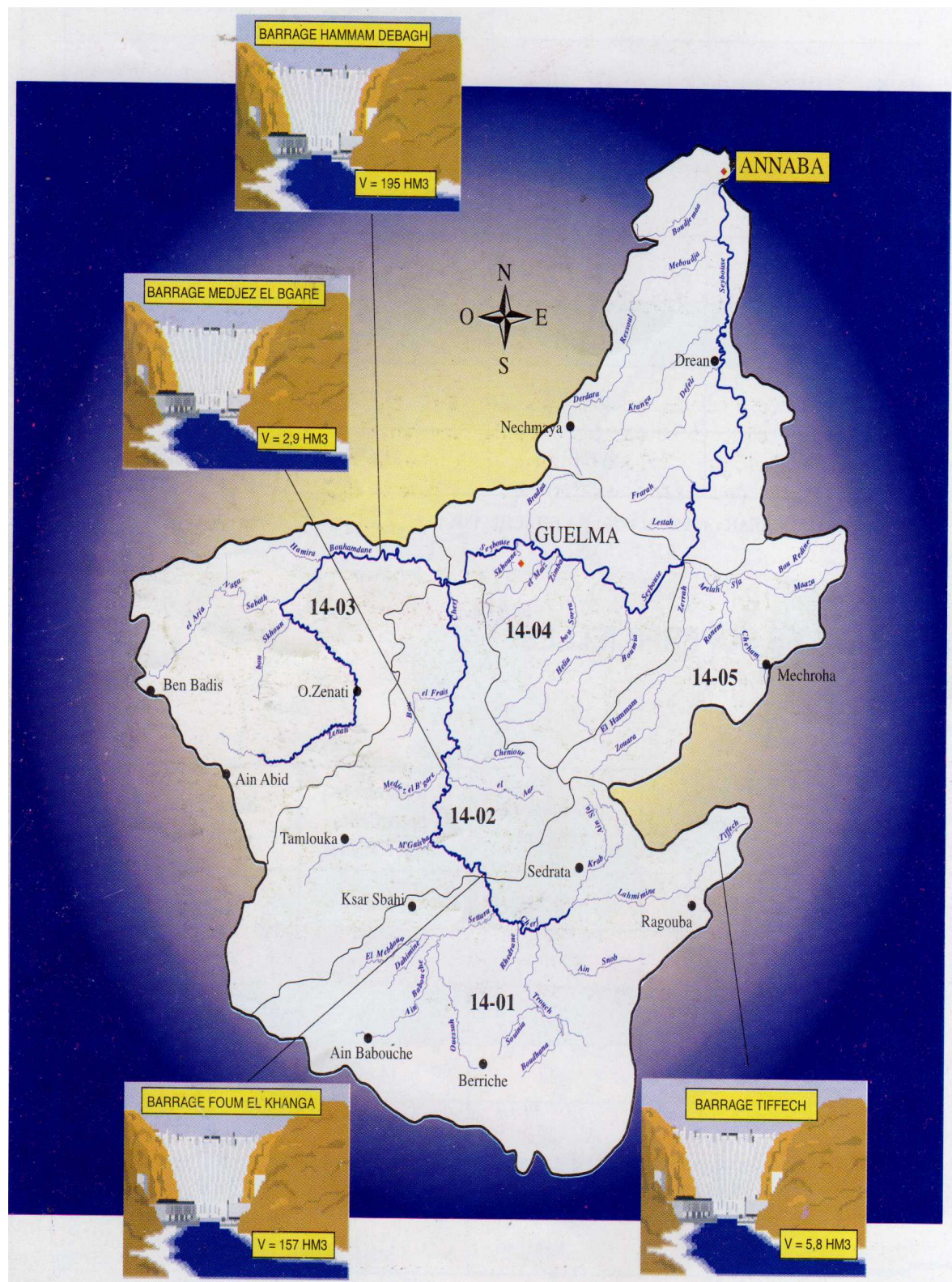


Figure 14. Présentation des barrages du bassin de Oued Seybouse (A. B. H. 1999).

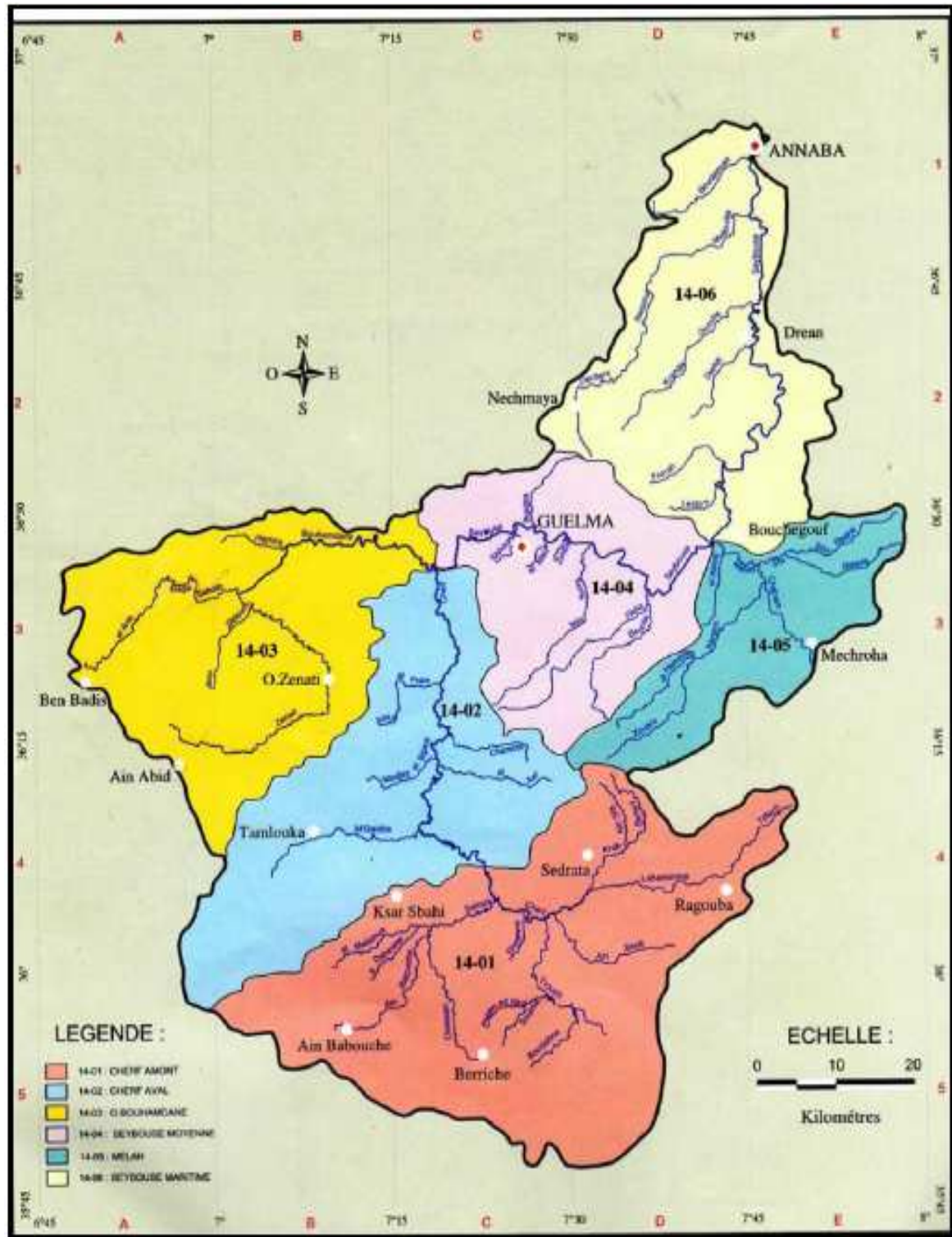


Figure 15. Présentation des sous-bassins de Seybouse (A.B.H. 1999).

II.2. Le réseau hydrographique de Oued Cheref**A. Le sous bassin du haut Cheref**

Dans cette région, les différents oueds et leurs affluents convergent tous, les uns vers les Moulin Rochefort, les autres au Nord des Chedka vers l'oued Mgésba. C'est en ces endroits que l'oued Cheref proprement dit a réalisé sa capture par érosion régressive à travers le tell méridional pour venir récupérer les eaux des hautes plaines autre fois sans écoulement vers la mer. (Figure 16).

L'oued Cheref passe au pied du Djebel Zouabi pour atteindre la cluse de Molin Rochefort.

Tous ces petits affluent d'oued Cheref des hautes plaines ont un débit faible, parfois nul en période estivale. Au moment des pluies, ces oueds se gonflent.

B. Le sous bassin du bas Cheref

C'est un bassin de type «gouttière» ou de nombreux petits oueds orientés Est-Ouest suivent l'axe des principaux plis. Sur la rive droite, ce sont l'oued Nil, l'oued Aar, l'oued Cheniour, et l'oued Sebt. Sur sa rive gauche, ce sont l'oued Mgaisba, l'oued Mjaz Bgar, l'oued Bou Fraï, l'oued Khmoudja et l'oued Anouna puis une série de petits torrents sans importance, descend des flancs de la Mahouna (Figure 16).

Dans son ensemble, l'oued Cheref est orienté Nord-sud. Il creuse son lit perpendiculairement à la direction des plissements.

Vu les faiblesses des cours d'eau et les fortes pontes, surtout sur la rive droite du Cheref, les eaux se concentrent assez rapidement, ce qui est totalement différent du bassin du haut Cheref (Ghachi, 1986).

II.3. Les caractères lithologiques et hydrogéologiques

Nous allons dégager les grandes ensembles lithologiques et les caractéristiques hydrogéologiques de ces unités géologiques par sous-bassins. Si cette

division en bassins partiels ne met pas toujours en évidence la relation entre roches perméables et zone d'infiltration des eaux superficielles, en revanche, elle permet d'une part de mettre en relation le transport solide et la dégradation spécifique avec la lithologie ; d'autre part de saisir l'influence des eaux souterraines sur l'écoulement de surface par bassin.

a. Le haut Cheref

Le bassin du haut Cheref présente des terrains non perméables et renferme des petites nappes aquifères.

b. Le bas Cheref

Le bassin du bas Cheref présente des terrains semi-perméables et renferme peu de nappe aquifère.

II.4. Végétation du sous bassin de Oued Cheref

La végétation est le résultat des facteurs : climat, relief, lithologie où s'ajoute le facteur humain (défrichement, reboisement).

La végétation joue également un rôle atténuateur important en période de crue. En effet, lorsque la végétation est développée, le ruissellement est retardé et la pointe de crue est atténuée. Par ailleurs, l'écoulement étant plus long. La part d'eau reprise par l'évapotranspiration augmente et le volume de la crue diminue.

Tamlouka, Ain Makhoulf et la plaine de Sedrata sont des zones marneuses à vocation spécifiquement céréalière.

Dans la région de Guelma et sur la Maouna, les calcaires supportent une forêt de chêne lièges de vastes surfaces de maquis d'Olivier, des Cistes broussailles, de Diss, et du Gandoul.

Dans le bas Cheref, le chêne de liège est très développé sur les sols calcaires. Dans la haute Seybouse, en descendant le revers méridional de l'Atlas Tellien, la steppe d'alpha *stipa tenacissima* domine.

II.5. Description des stations d'étude de Oued Cheref

Les tableaux 4 et 5 montrent les stations d'étude du sous bassin de Oued Cheref, et
Les paramètres physico_chimiques de ces stations.

Les figures 17-38 (photos des stations).

La figure 39 présente la localisation des stations.

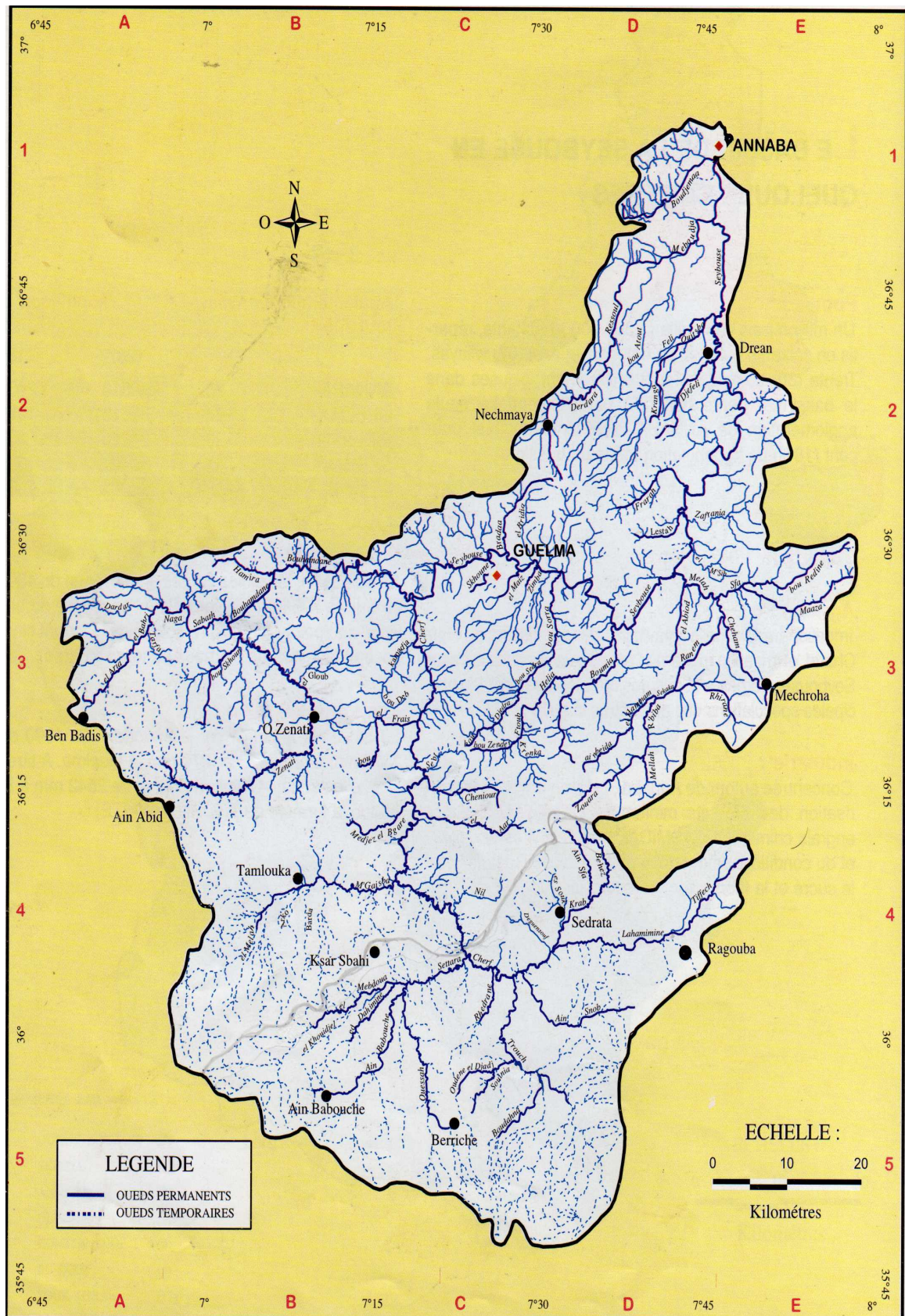


Figure 16. Réseau hydrologique du bassin de Oued Seybouse (A.B.H. 1999).

Tableau 4. Stations d'étude du sous bassin de Oued Cheref.

Code	Stations	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Hydropériode	Substrat
S1	Beldjoudi	36° 13' 23"	7° 12' 52"	822	T	Limon et argile
S2	Ben Mheni	36° 9' 2"	7° 16' 50"	667	T	sable et gravier de volume variable et des blocs
S3	O. El Maleh	36° 8' 53"	7° 8' 38"	748	T	Limon et argile
S4	Aïn Arko	36° 7' 35"	7° 9' 17"	750	T	Limon et argile
S5	Oued Dahmane	36° 3' 11"	7° 19' 40"	752	P	Limon et argile
S6	Barrage Sedrata	36° 3' 34"	7° 27' 19"	746	P	Limon et argile
S7	Pont Sedrata II	36° 3' 8"	7° 27' 58"	760	T	Limon et argile
S8	Pont Sedrata I	36° 4' 28"	7° 29' 39"	765	P	Limon et argile
S9	Oued Krab	36° 7' 12"	7° 32' 46"	784	P	Limon et argile
S10	Pont Krab	36° 7' 55"	7° 34' 16"	800	T	Limon et argile
S11	Pont Tiffech	36° 8' 28"	7° 45' 16"	860	T	Limon et argile
S12	Oued Nil	36° 8' 23"	7° 26' 45"	864	T	cailloux rugueux, gravier et des blocs.
S13	Dbabcha	36° 13' 0"	7° 19' 5"	610	P	Limon cailloux et des blocs.
S14	Oued Aar	36° 13' 34"	7° 19' 11"	617	T	cailloux, gravier de volume variable et des blocs.
S15	Oued Cheniour	36° 14' 52"	7° 20' 36"	602	P	sable, de cailloux, gravier de volume variable et des blocs.
S16	Pont Aïn Makhoulouf	36° 14' 23"	7° 18' 41"	590	P	sable et des pierres de volume variable
S17	Aazlat Hlima	36° 16' 11"	7° 17' 1"	770	T	sable et gravier de volume variable et des blocs
S18	Chaabet Bounab	36° 17' 5"	7° 17' 4"	805	T	Limon et argile
S19	Oued Boufrais	36° 18' 57"	7° 16' 20"	612	T	sable et gravier de volume variable et des blocs
S20	Selaoua	36° 20' 54"	7° 16' 2"	589	T	Limon et argile et des pierres
S21	Medjez Amar	36° 26' 35"	7° 18' 39"	249	P	cailloux, gravier de volume variable et des blocs.
S22	Barrage Aïn Makhoulouf	36° 13' 34"	7° 17' 48"	643	P	Limon et argile

- **T** : Temporaire, **P** : Permanente



Figure 17. Station de Salaoua (cliché Bouhala, 2014).



Figure 18. Station de Bou El Frais (cliché Bouhala, 2014).



Figure 19. Station Dbabcha (cliché Bouhala, 2014).



Figure 20. Station Ain Arko (cliché Bouhala, 2014).



Figure 21. Station Chaabet Bounabe (cliché Bouhala, 2014).



Figure 22. Station Pont Krab (cliché Bouhala, 2014).



Figure 23. Station Oued Krab (cliché Bouhala, 2014).



Figure 24. Station Oued El Nil (cliché Bouhala, 2014).



Figure 25. Station Pont Sedrata 1 (cliché Bouhala, 2008).



Figure 26. Station Beldjoudi (cliché Bouhala, 2014).



Figure 27. Station Medjez Amar (cliché Bouhala, 2014).



Figure 28. Station Oued El Maleh (cliché Bouhala, 2008).



Figure 29. Station Oued Dehmane (cliché Bouhala, 2008).



Figure 30. Station Barrage Sedrata (cliché Bouhala, 2008).



Figure 31. Station Oued Cheniour (cliché Bouhala, 2008).



Figure 32. Station Oued Aar (cliché Bouhala, 2008).



Figure 33. Station Ben Mheni (cliché Bouhala, 2008)



Figure 34. Station Barrage Ain Makhlouf (cliché Bouhala, 2008).



Figure 35. Station Pont Ain Makhlouf (cliché Bouhala, 2008).



Figure 36. Station Pont Tiffech (cliché Bouhala, 2014).



Figure 37. Station Pont Sedrata 2 (cliché Bouhala, 2014).



Figure 38. Station Azlet Hlima (cliché Bouhala, 2014)

Tableau 5. Les paramètres physico_chimiques des stations du sous bassin de Oued Cheref.

Code	Stations	Température (°C)	Conductivité (µs/cm)	Profondeur (cm)	Largeur (m)	Vitesse (m/s)	Pollution	Couverture végétale (%)
S1	Beldjoudi	14.9 ± 5.2	1016.2 ± 430.4	15.2 ± 5.1	2.1 ± 1.0	0.1 ± 0.1	4	40
S2	Ben Mheni	11.8 ± 7.2	884.8 ± 620.0	13.7 ± 3.8	7.0 ± 4.6	0.2 ± 0.1	1	10
S3	O. El Maleh	10.8 ± 4.1	1332.1 ± 354.8	14.7 ± 4.9	5.6 ± 1.8	0.2 ± 0.1	2	90
S4	Ain Arko	14.8 ± 6.2	1085.4 ± 292.6	12.1 ± 4.3	0.9 ± 0.5	0.2 ± 0.1	1	80
S5	O. Dehmane	18.1 ± 5.8	474.7 ± 511.3	18.8 ± 6.2	29.8 ± 56.9	0.1 ± 0.1	3	70
S6	Barrage Sedrata	17.3 ± 6.5	705.0 ± 692.6	18.2 ± 7.3	107.0 ± 45.2	0.1 ± 0.1	2	70
S7	Pont Sedrata 1	16.9 ± 5.9	929.6 ± 770.6	43.1 ± 28.1	6.1 ± 1.3	0.1 ± 0.1	2	20
S8	Pont Sedrata 2	13.9 ± 5.7	486.3 ± 628.4	16.9 ± 6.5	6.8 ± 3.6	0.2 ± 0.1	1	80
S9	O. Krab	18.4 ± 6.1	1125.1 ± 505.4	32.1 ± 16.6	10.8 ± 4.1	0.2 ± 0.1	2	20
S10	Pont Krab	17.9 ± 6.6	967.6 ± 423.7	19.9 ± 11.8	2.7 ± 1.7	0.1 ± 0.1	3	70
S11	Pont Tiffrech	15.2 ± 6.1	612.2 ± 201.3	25.7 ± 11.9	5.0 ± 1.5	0.2 ± 0.3	1	70
S12	O. Nil	16.6 ± 5.0	1094.2 ± 642.7	17.6 ± 6.4	2.6 ± 1.0	0.3 ± 0.2	1	10
S13	Dbebcha	19.1 ± 7.0	688.2 ± 684.7	20.5 ± 7.0	14.7 ± 7.7	0.3 ± 0.1	2	10
S14	O. El Aar	18.6 ± 8.1	626.3 ± 266.2	14.2 ± 5.0	2.9 ± 1.6	0.4 ± 0.3	1	10
S15	O. Cheniour	18.1 ± 4.7	512.7 ± 152.7	18.2 ± 6.7	2.0 ± 1.2	0.3 ± 0.2	1	20
S16	Pont Ain Makhlouf	18.8 ± 6.6	756.5 ± 618.3	30.0 ± 16.6	9.3 ± 5.6	0.3 ± 0.2	3	20
S17	Azlet Hlima	11.4 ± 4.4	580.7 ± 137.1	15.0 ± 5.1	1.1 ± 0.4	0.3 ± 0.3	1	20
S18	Chabet Bounab	15.1 ± 7.2	474.5 ± 289.6	12.2 ± 8.6	7.6 ± 4.5	0.3 ± 0.2	1	70
S19	O. Boufrais	13.9 ± 4.6	1000.9 ± 332.5	13.8 ± 4.8	3.0 ± 1.4	0.2 ± 0.1	1	60
S20	Selaoua	17.3 ± 4.8	664.2 ± 143.5	20.0 ± 6.5	3.5 ± 1.3	0.1 ± 0.1	1	10
S21	Medjez Amar	20.3 ± 6.9	925.5 ± 645.3	27.6 ± 12.4	19.1 ± 12.1	0.4 ± 0.3	3	10
S22	Barrage Ain Makhlouf	16.6 ± 5.1	786.0 ± 249.2	17.5 ± 5.9	1.9 ± 0.7	0.2 ± 0.2	2	70

- 1 : Non pollué, 2 : Moyenne pollué, 3 : Pollué

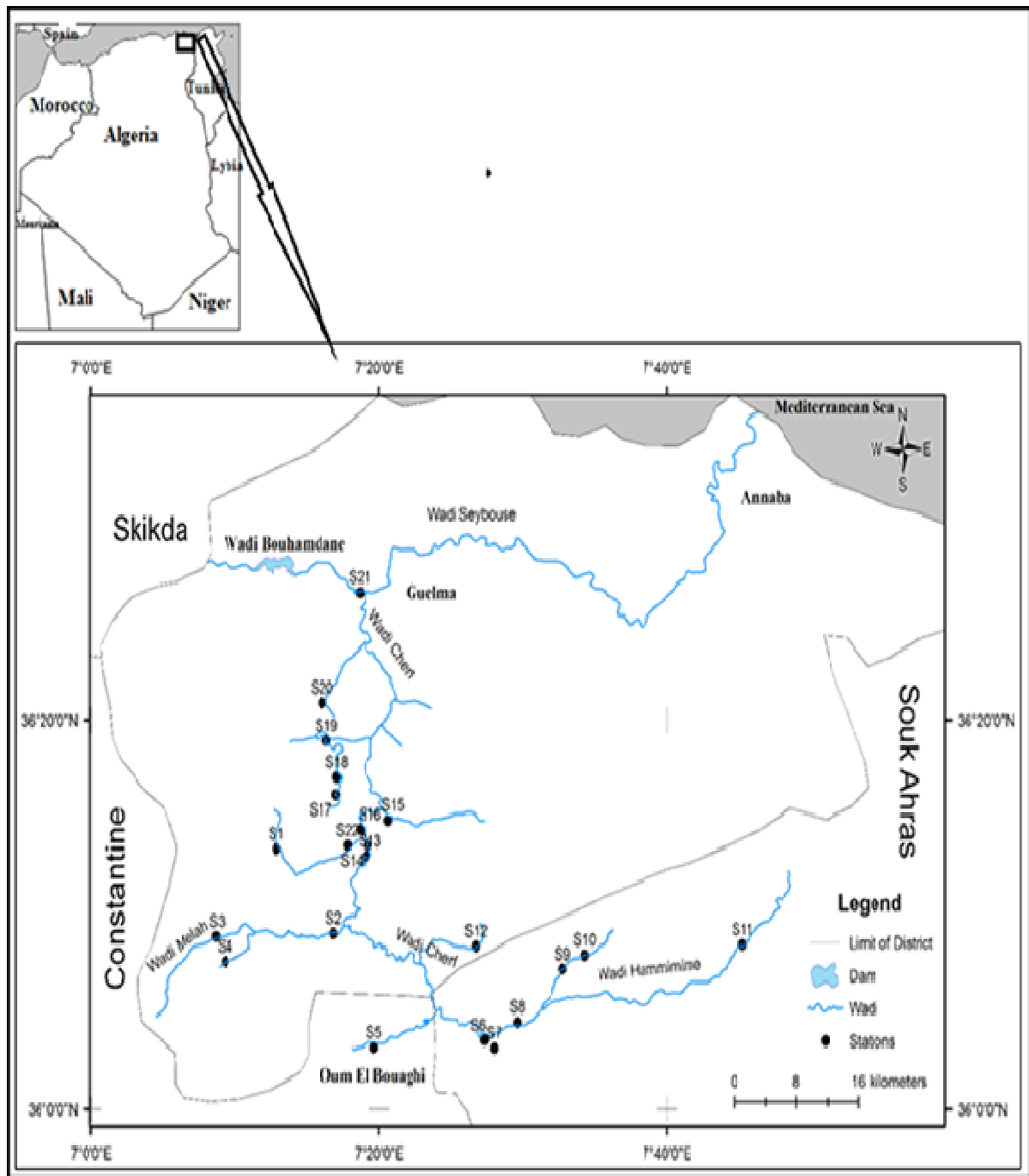


Figure 39. Situation des stations d'étude de Oued Cheref.

II.6. Climatologie

La description du climat tient principalement compte de certains paramètres essentiels, tels la température et les précipitations. Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons tenu compte des données météorologiques récoltées de la station de Guelma sur 10 années (2002-2013).

II.6.1. Précipitations

Les précipitations comprennent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations dites occultes ou déposées (rosée, gelée blanche, grive, etc.). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (Musy et Higy, 2004).

Les précipitations sont un facteur climatique très important qui conditionnent l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères.

II.6.2. La température

La température dépend de l'altitude, de la distance du littoral et de la topographie (Dajoz, 1985).

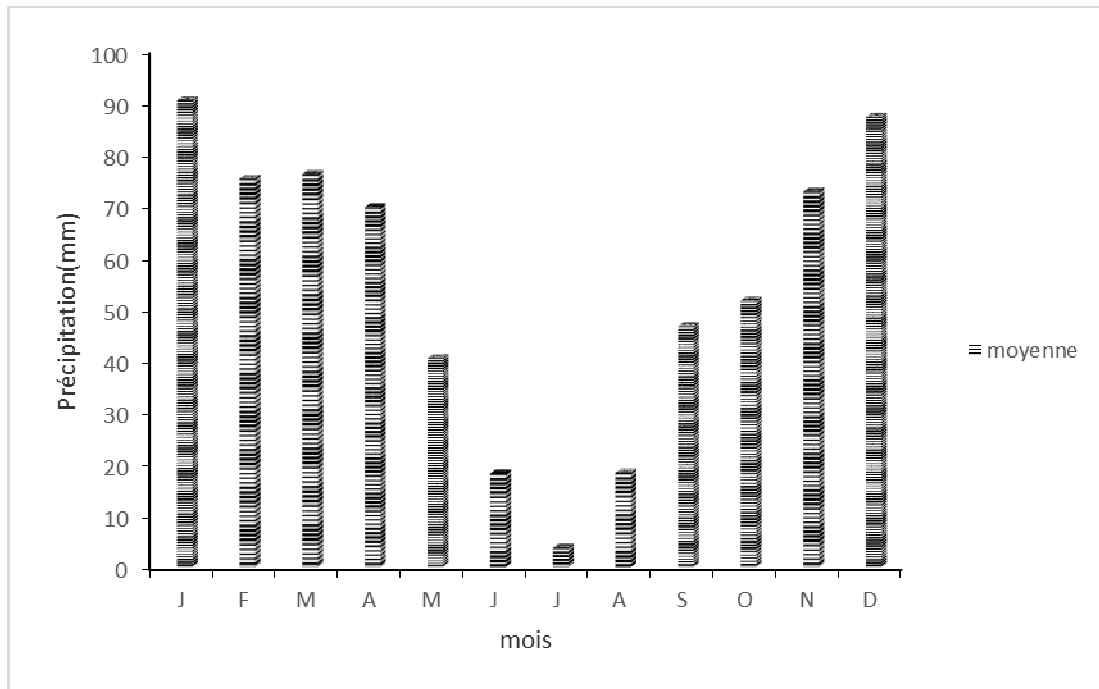


Figure 40. Précipitation (mm) moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de Belkheir Guelma (2002-2013)

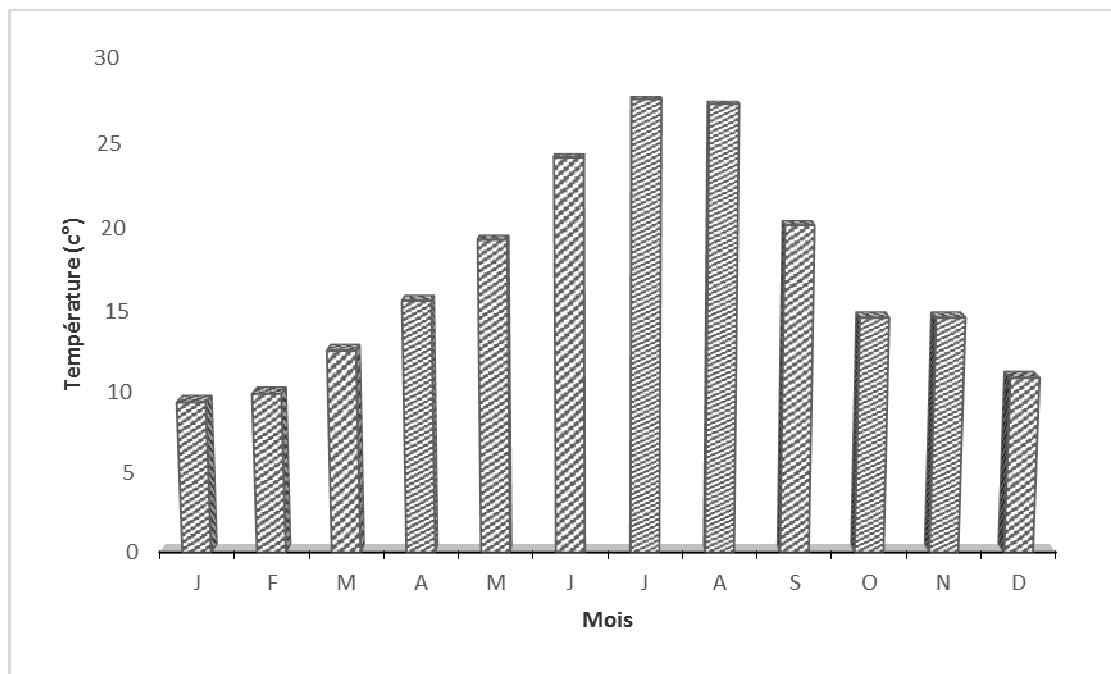


Figure 41. Températures moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de Belkheir Guelma (2002_2013)

II.7. Bioclimat

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour tenir compte de cela, divers indices ont été créés, principalement dans le but de rendre compte de la répartition des types de végétations. Les indices les plus employés font usage de la température et de la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (Dajoz, 1985).

II.7. 1. Climagramme d'Emberger

En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température.

$$\frac{p}{1000} \geq \frac{[M+m]}{2} \times [M-m]$$

Q = quotient pluviométrique

P = précipitations moyennes annuelles

M= température des maxima du mois le plus chaud (°K)

m = température des minima du mois le plus froid (°K)

Le quotient pluviométrique $Q=65.10$ la région de Guelma est localisée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Figure 42)

II.7 .2. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen

Pour l'élaboration du diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gaussen (1957), nous avons tenu compte des données climatiques bien précises qui sont les précipitations annuelles et les températures moyennes étalées sur plusieurs années. Le but est de déterminer la période sèche et la période humide. Les courbes ombro-thermiques ainsi établies, nous ont permis de visualiser deux saisons distinctes pour la station de Guelma (Figure 43) :

- une saison sèche de mai à septembre ;
- une saison humide d'octobre à avril.

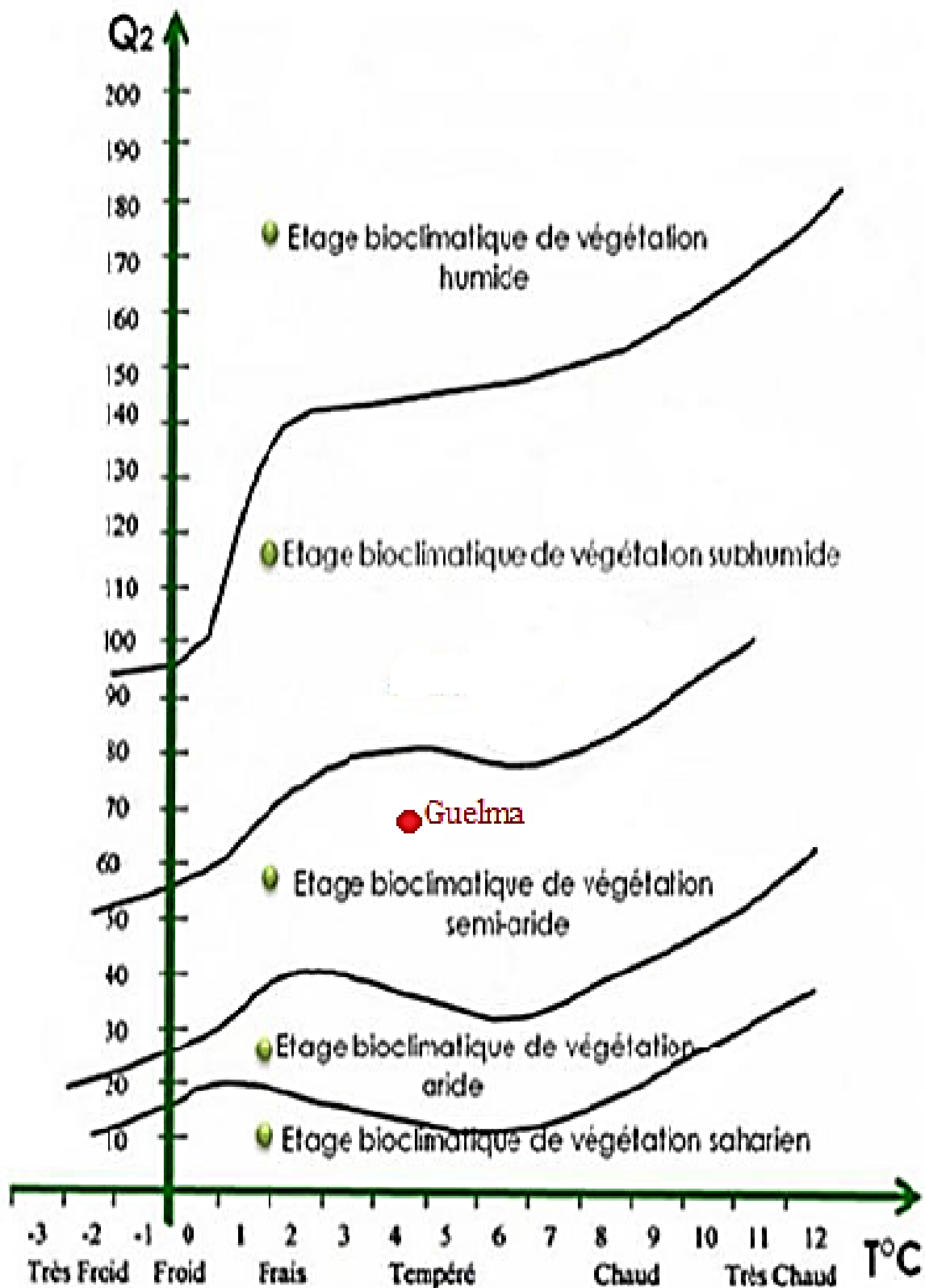


Figure 42. Climagramme d'Emberger de station météorologique Guelma (2002-2013).

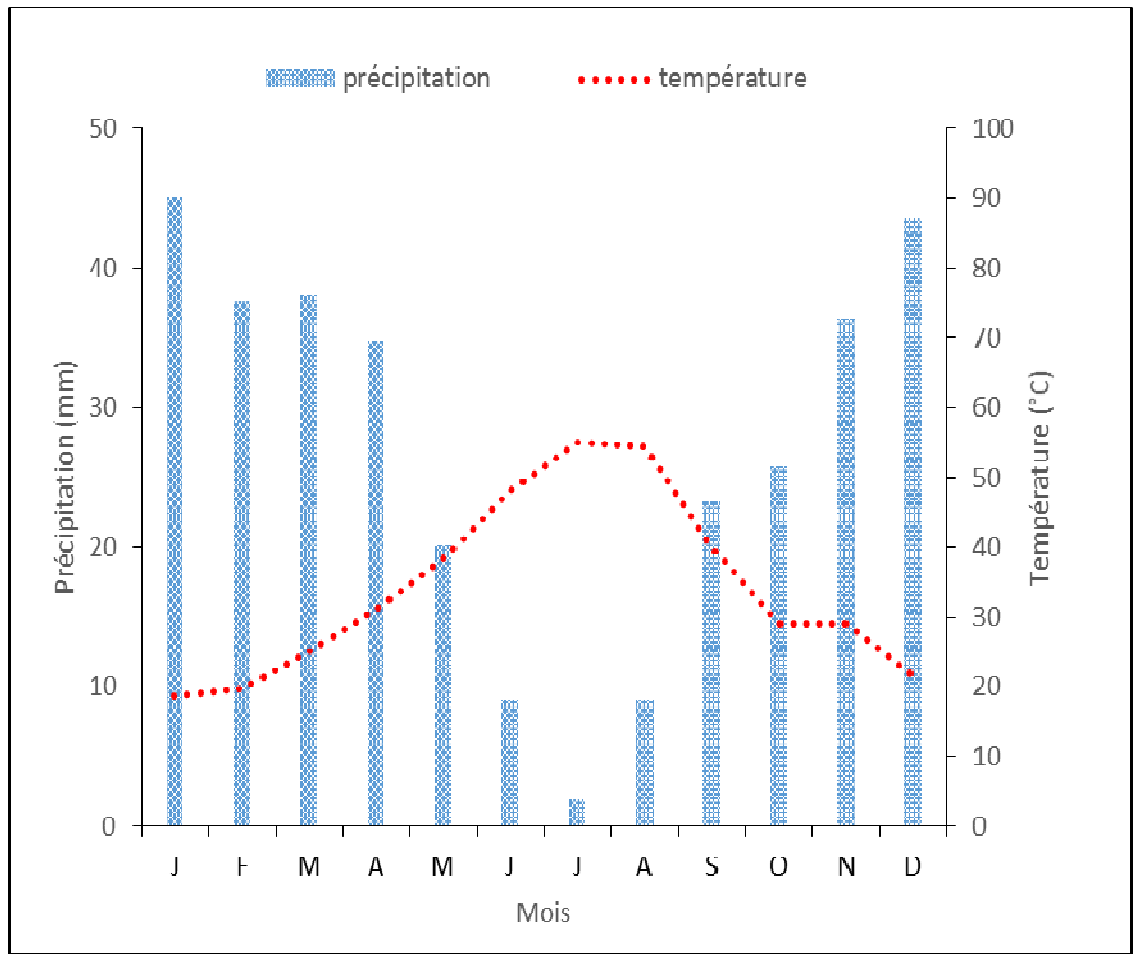


Figure 43. Diagramme ombro-thermique de Bagnouls et Gausson de la station météorologique de Guelma (2002-2013)

Chapitre 3 : Résultats

III. Resultats

III.1. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes

III.1.1. La conductivité

La conductivité est un paramètre très important pour la dynamique des peuplements. La conductivité est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous. Elle nous indique le degré de minéralisation des eaux.

Les courbes de l'évolution mensuelle de la conductivité (Figure 44) au niveau des sites étudiés, pour la période d'étude allant de Juillet 2014 à Juin 2017 montre :

- Les stations qui ont une conductivité stable : Barrage Sedrata, Barrage Ain Makhoulf, Oued Dehmane, Salaoua et Oued Cheniour.
- Une faible conductivité dans les stations suivantes : Pont Sedrata et Azlet Hlima.
- Par contre, nous avons noté une augmentation de la conductivité dans les stations suivantes : Beldjoudi, Oued El Maleh, Ain Arko, Pont Krab et Oued Krab.

III.1.2. La température

La température joue un rôle important dans le développement, la croissance et le cycle biologique de la majorité des insectes aquatiques. Elle peut agir également sur la localisation des espèces et la densité des populations.

Les eaux de surface sont sujettes à des variations de température, elle dépend:

- Du degré d'exposition au soleil.
- Du débit de l'eau
- De la dimension de cours d'eau (profondeur et largeur)
- Des saisons (Dajoz, 1985).

La courbe de l'évolution de la température de l'eau moyenne dans les stations de Oued Cheref (Figure 45), montre que la température moyenne la plus basse de l'eau (6,03°C) a été enregistrée au mois de Janvier à la station de Ben Mheni. Quant à la température la plus élevée, elle a été notée au mois de Juillet (33,7°C) à la station de Oued Aar (Figure 45).

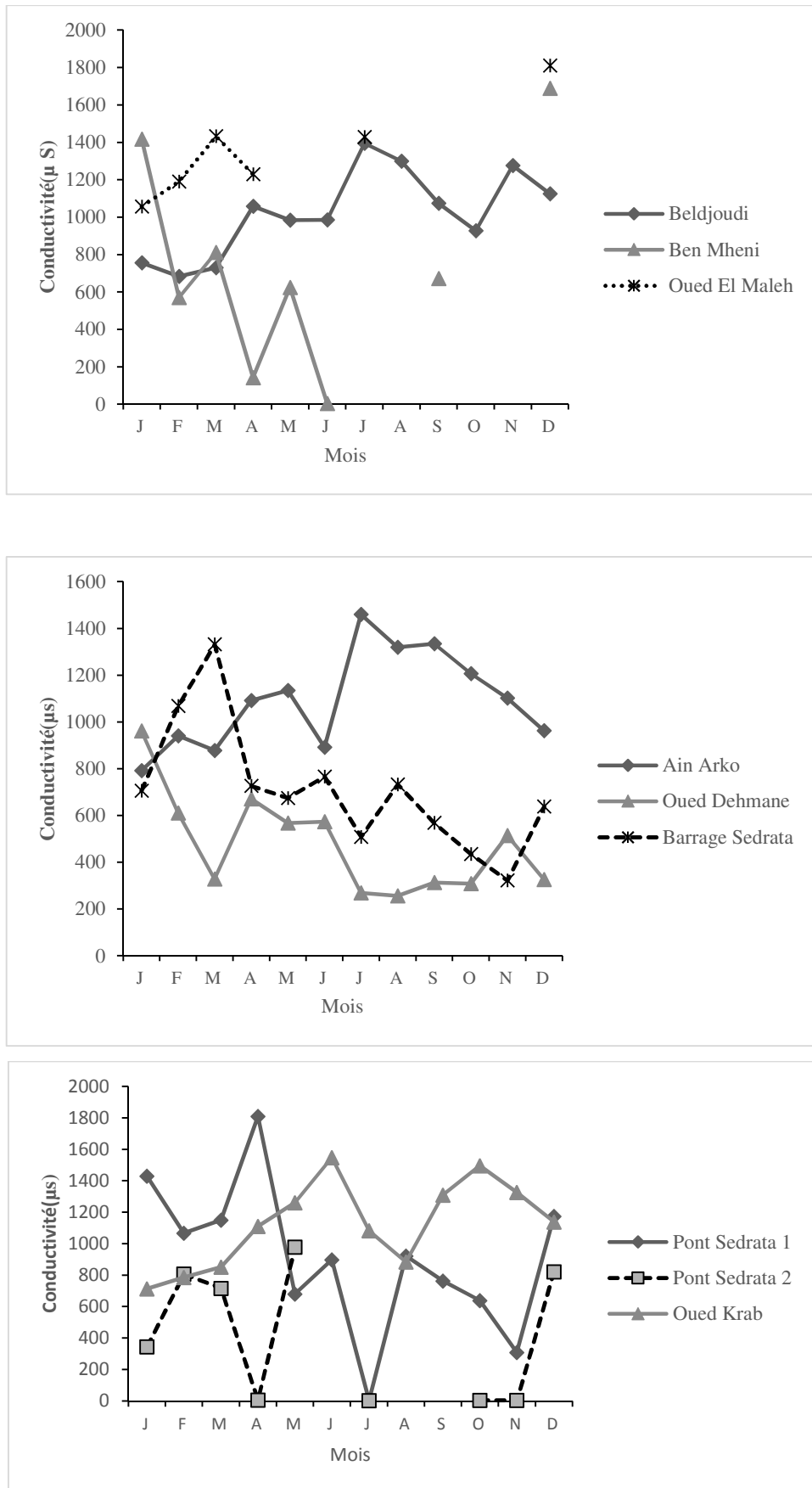


Figure 44. Variation moyenne mensuelle de la conductivité dans les stations étudiées.

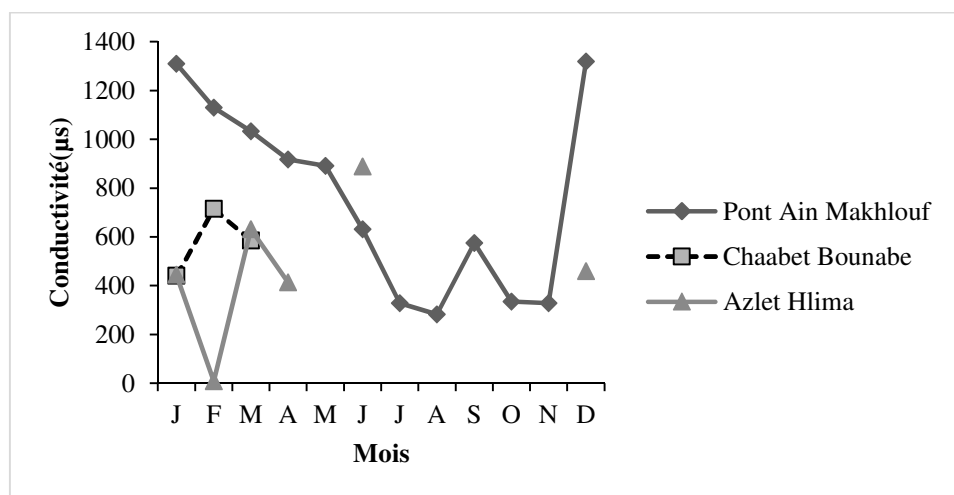
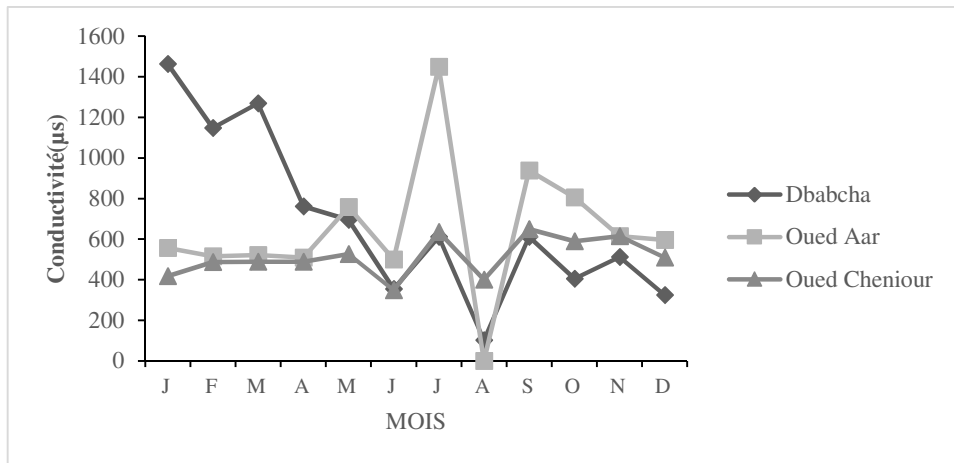
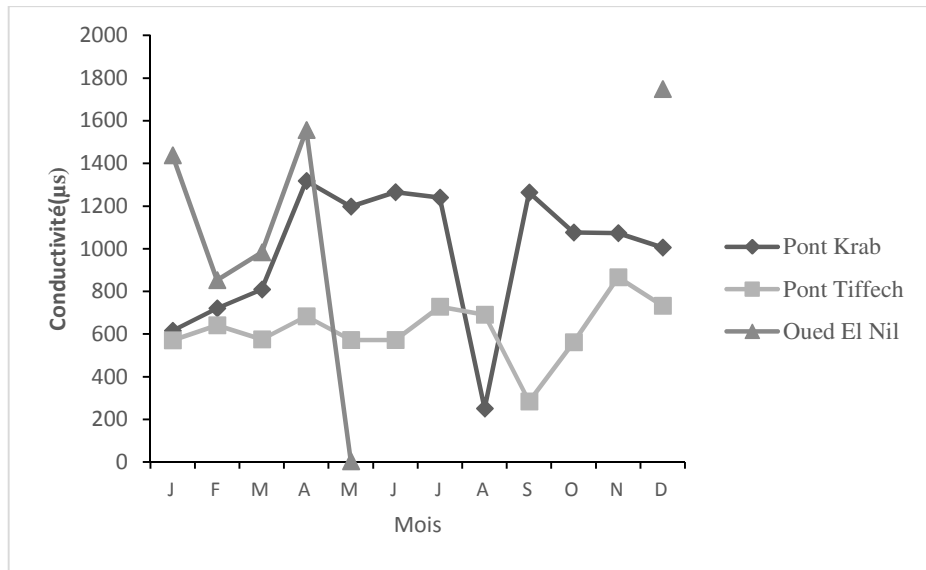


Figure 44 .Variation moyenne mensuelle de la conductivité dans les stations étudiées.

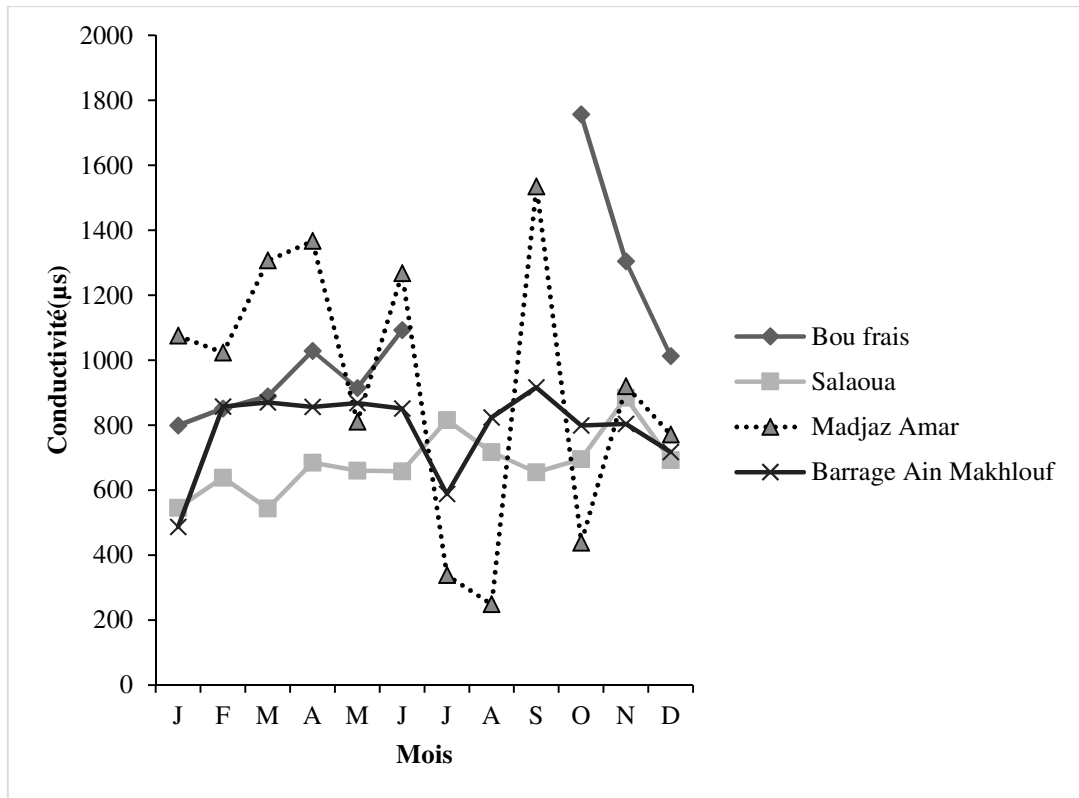


Figure 44. Variation moyenne mensuelle de la conductivité dans les stations étudiées.

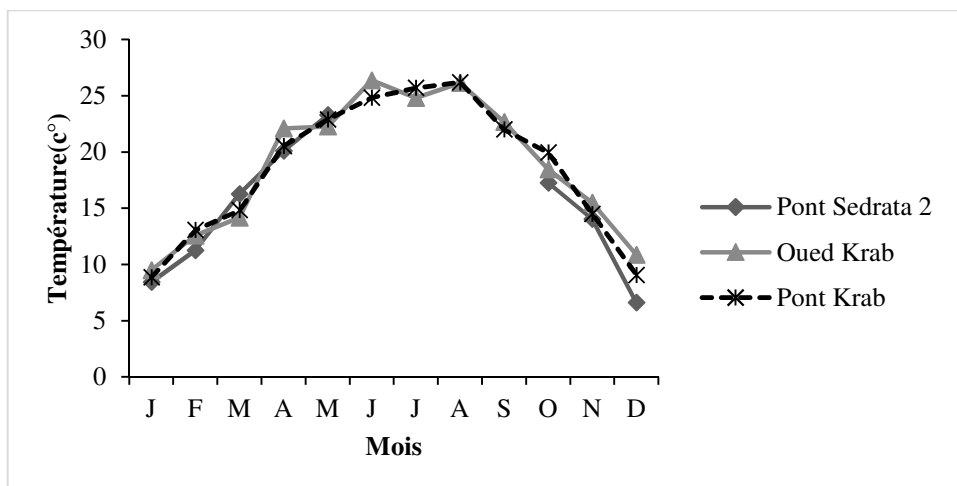
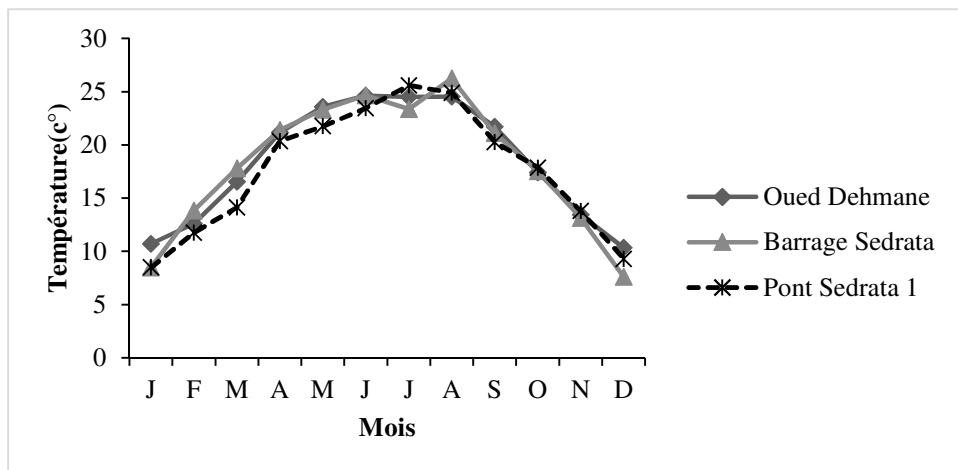
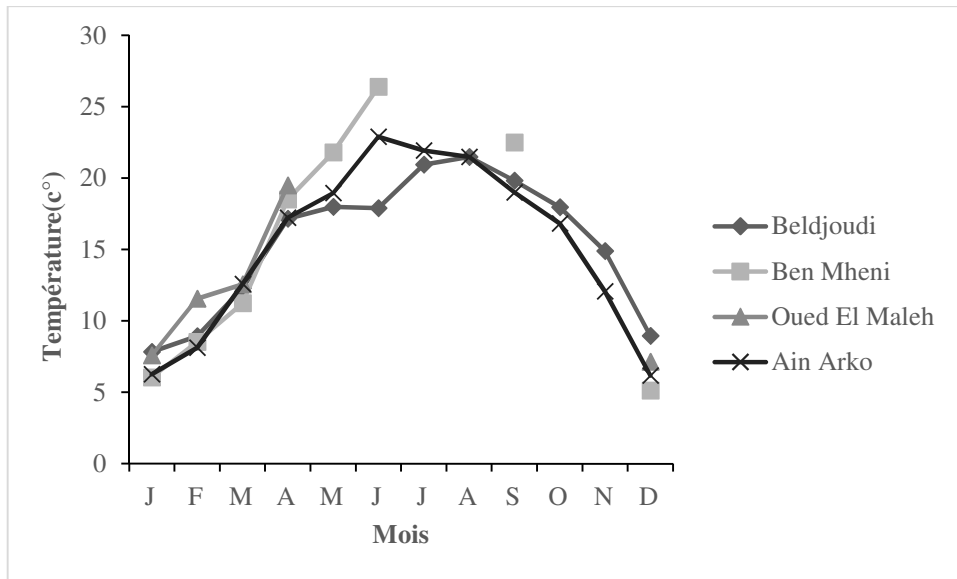


Figure 45. Variation moyenne de la température dans les stations étudiées.

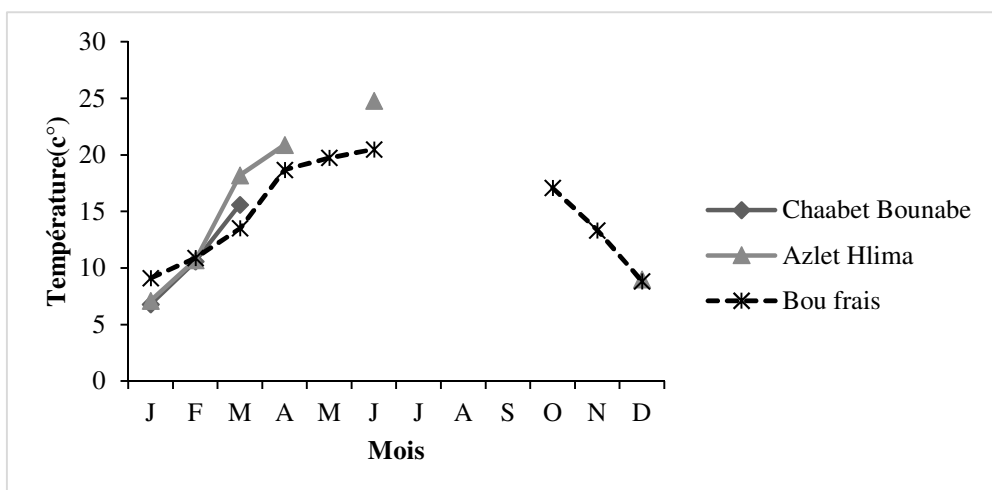
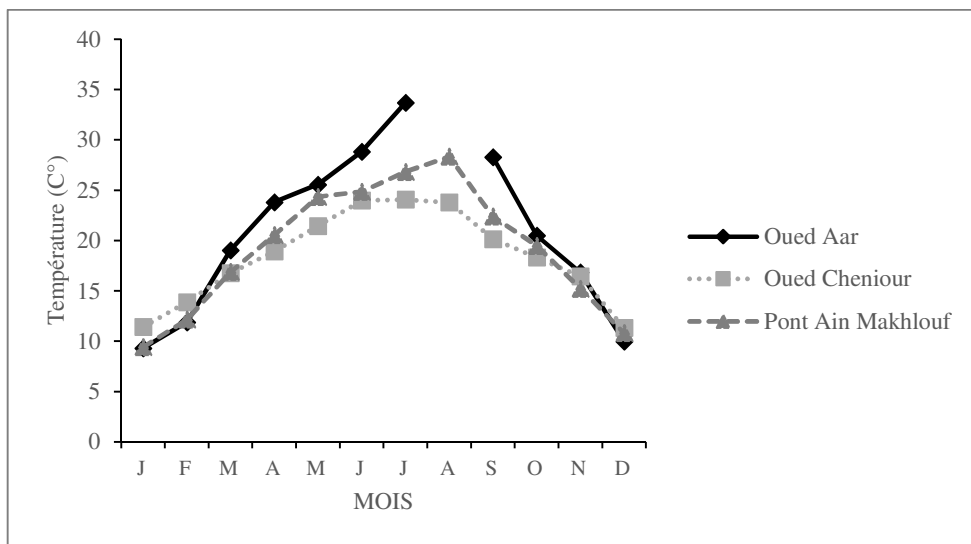
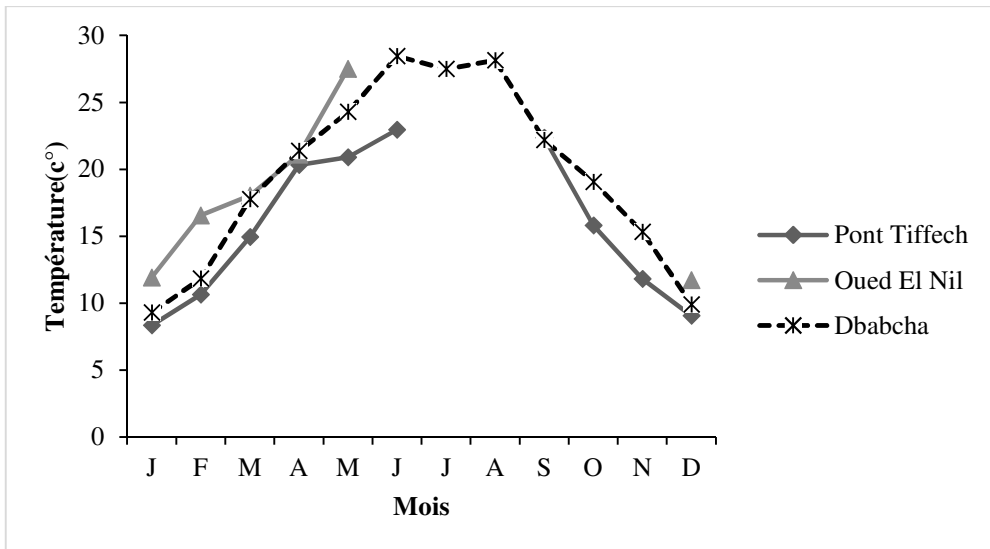


Figure 45. Variation moyenne de la température dans les stations étudiées.

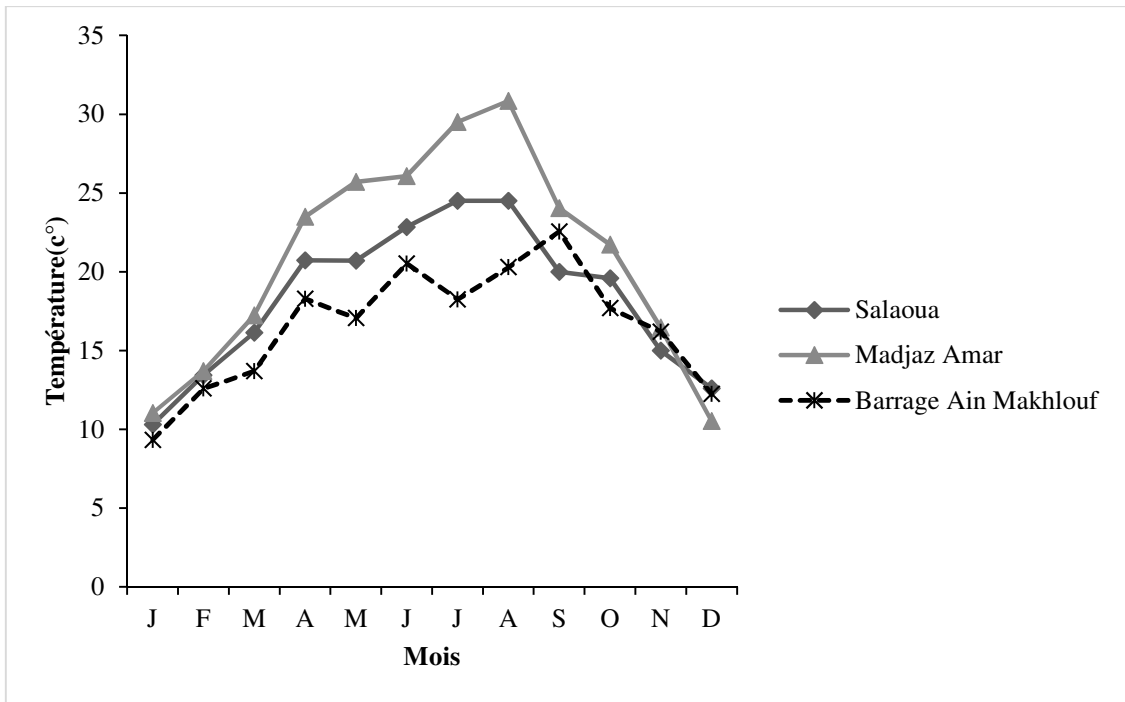


Figure 45. Variation moyenne de la température dans les stations étudiées.

III.1.3. La largeur du lit

Ce facteur est dépendant de la pluviométrie, de la température et de la saison. D'après la Figure 46, nous remarquons une variation notable de la largeur du lit. Les faibles valeurs sont observées pendant la période de sécheresse estivale et les maxima sont enregistrés pendant les mois de forte pluie.

III.1.4. La profondeur de l'eau

La profondeur de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophile. La profondeur de l'eau agit sur la teneur en O₂. La surface peu profonde permet à l'air de se diffuser largement et de bien se mélanger, par contre dans les lacs, la profondeur est telle qu'elle conduit à la stratification thermique.

- Les courbes de l'évolution moyenne mensuelle (Figure 47) de la profondeur montrent que :
- Les stations qui ont une profondeur faible sont : Oued Aar, Dbabcha, Oued El Nil, Oued Dehmane, Ben mheni, Beldjoudi.
- Les stations qui ont une profondeur maximale sont : Pont Sedrata1, Pont Ain Makhoulf, Barrage Ain Makhoulf et Pont Tiffech.

III.1.5. La vitesse de l'eau

D'après la figure 48, nous remarquons que la vitesse de l'eau pour le bas Cheref et le haut Cheref augmente pendant les mois d'hiver. Concernant le haut Cheref, la vitesse est faible aux mois d'été.

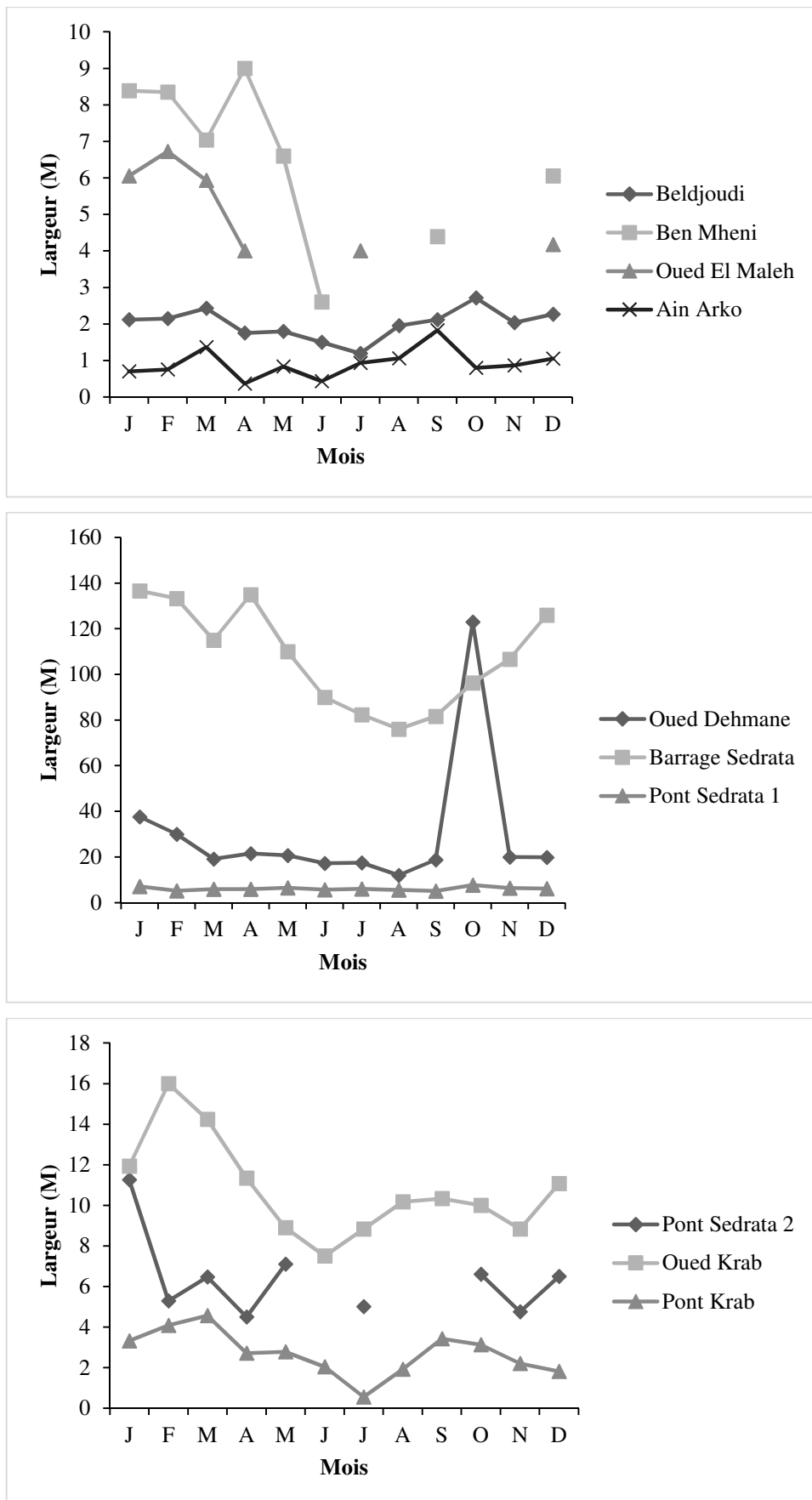


Figure 46. Variation moyenne mensuelle de la largeur du lit des stations étudiées

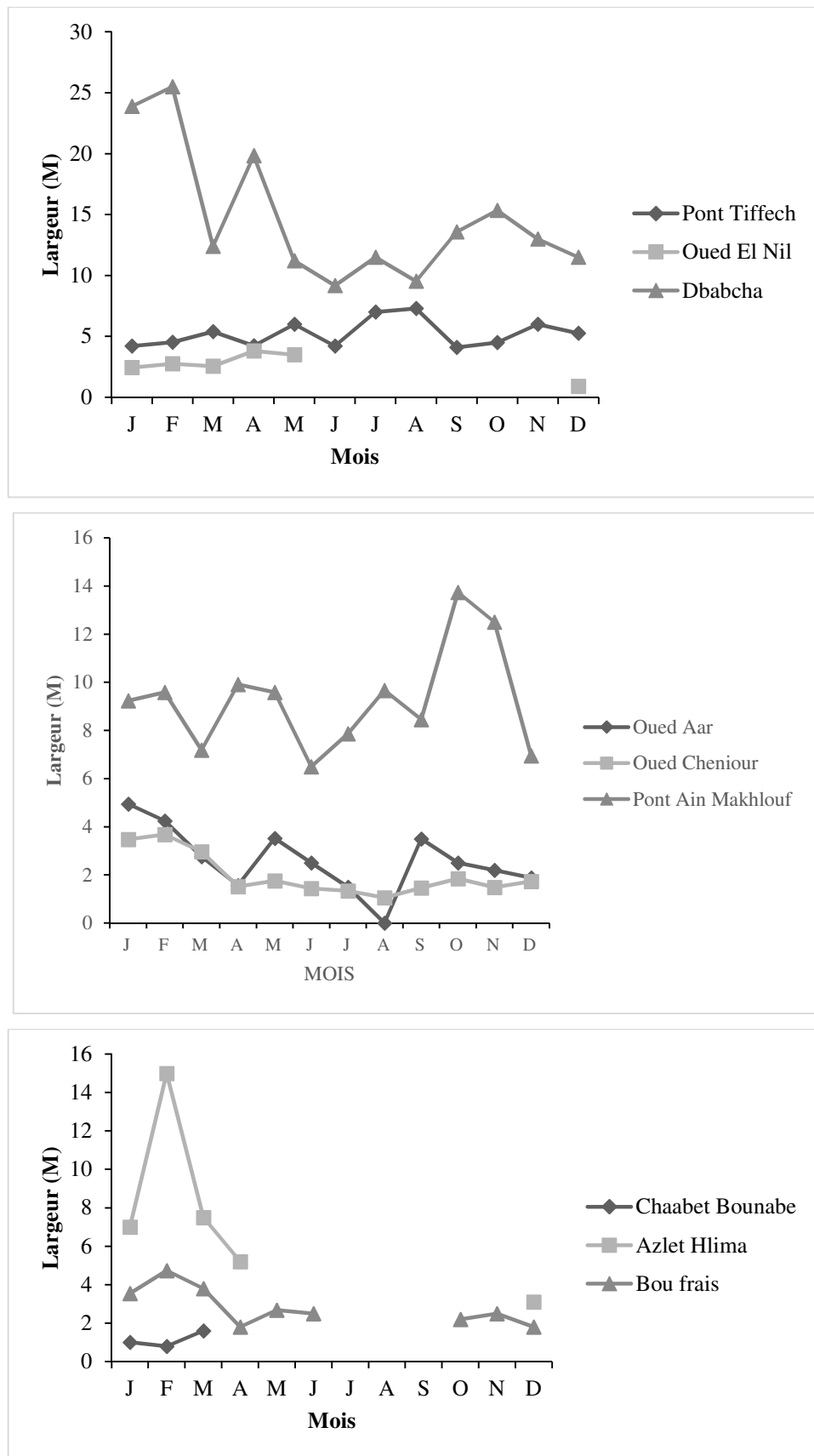


Figure 46. Variation moyenne mensuelle de la largeur du lit des stations étudiées

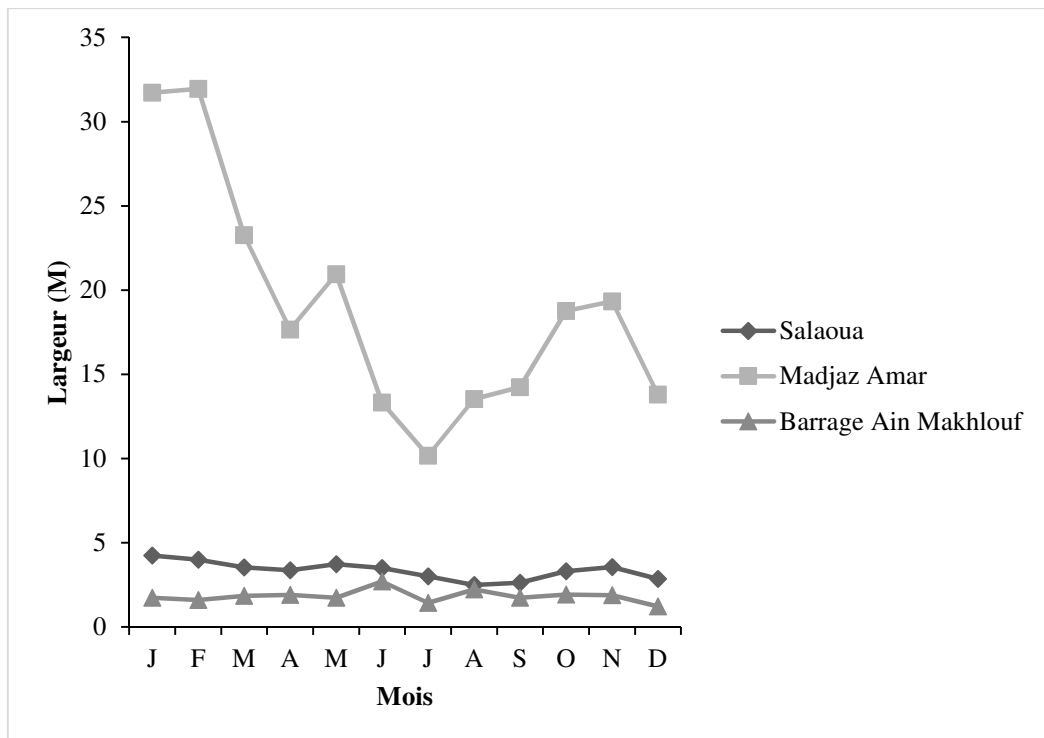


Figure 46. Variation moyenne mensuelle de la largeur du lit des stations étudiées

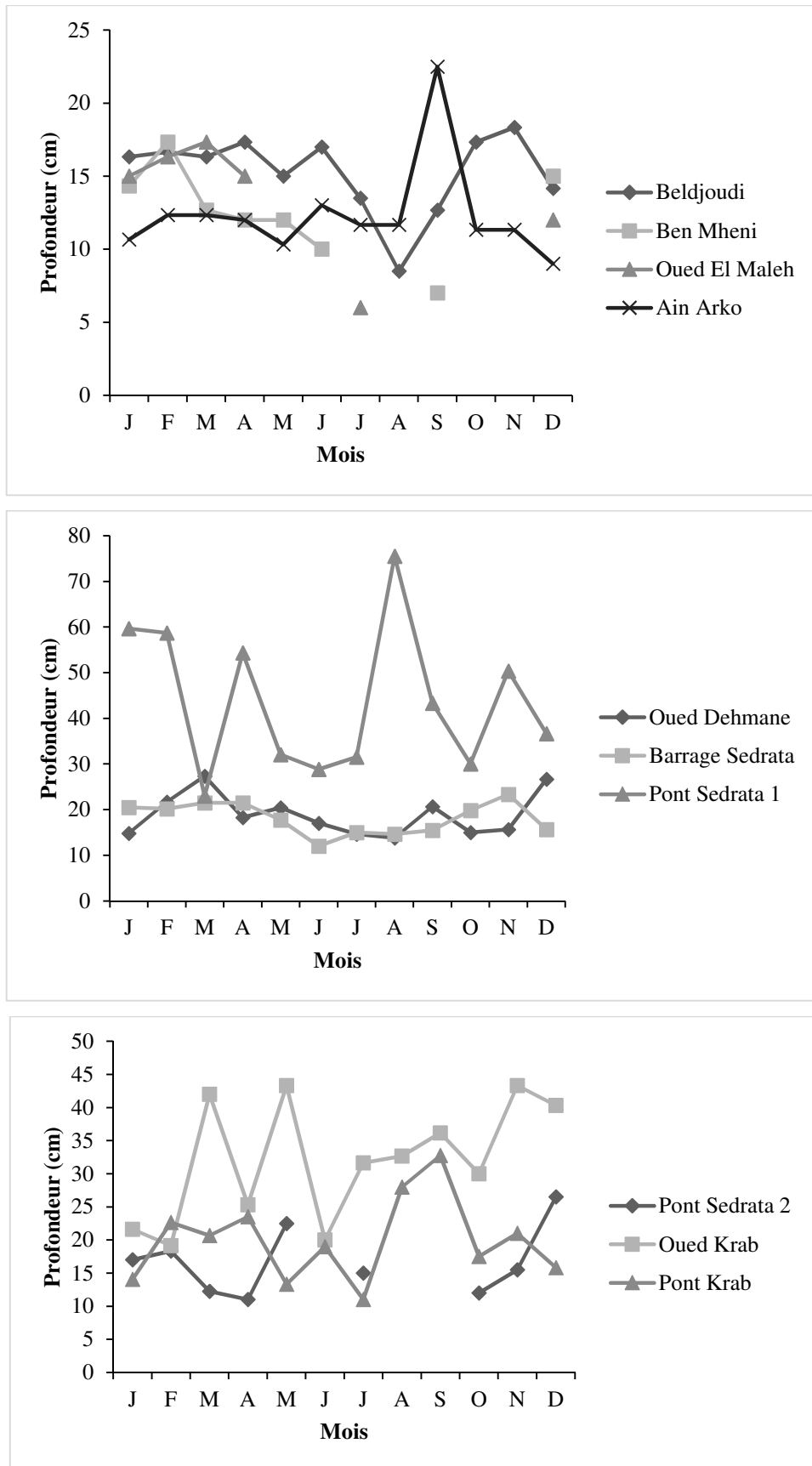


Figure 47. Variation moyenne mensuelle de la profondeur de l'eau dans les stations étudiées.

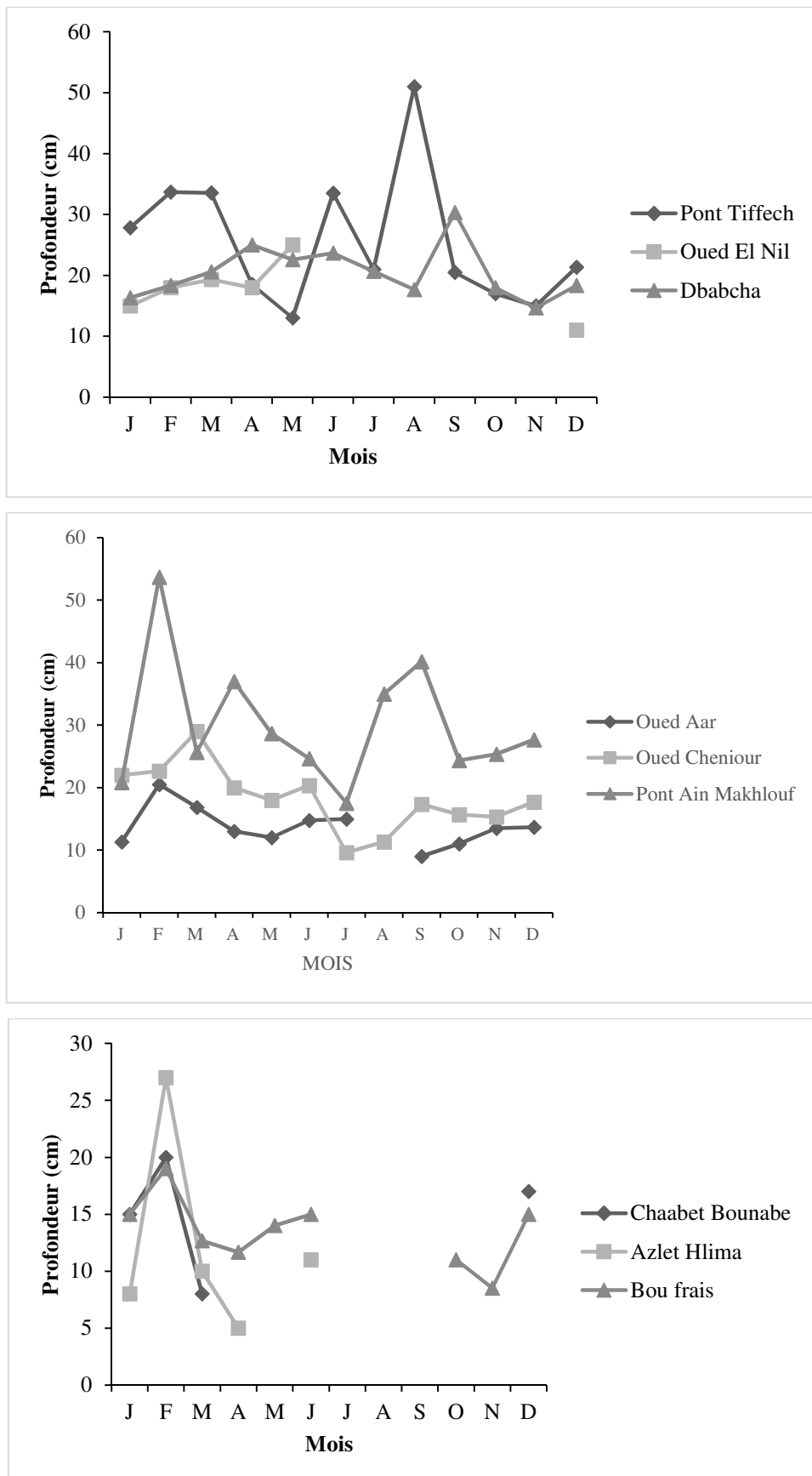


Figure 47. Variation moyenne mensuelle de la profondeur de l'eau dans les stations étudiées.

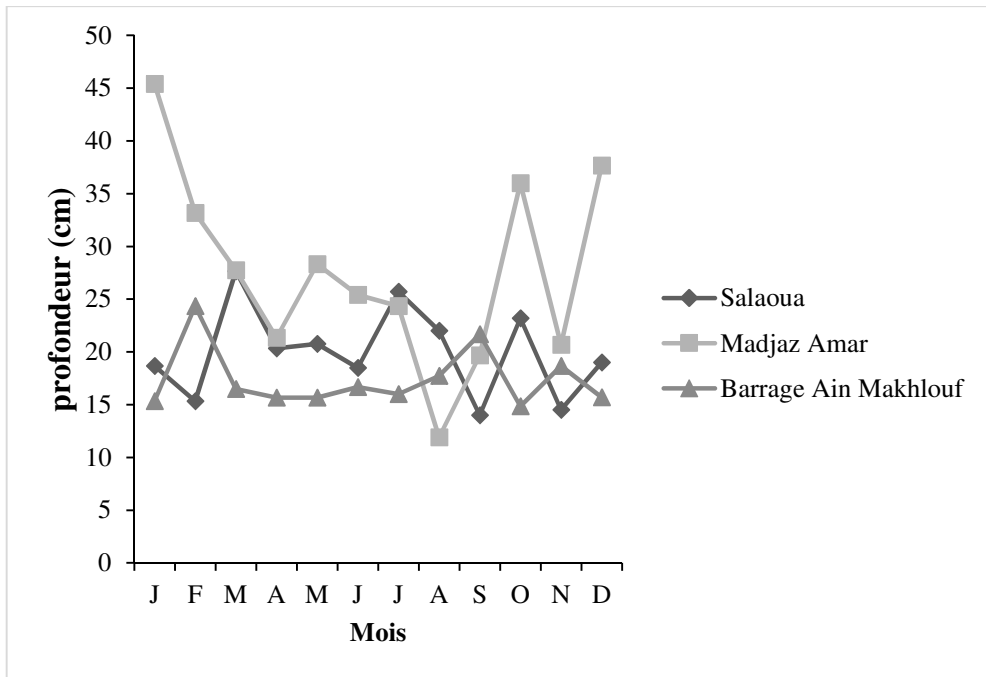


Figure 47. Variation moyenne mensuelle de la profondeur de l'eau dans les stations étudiées.

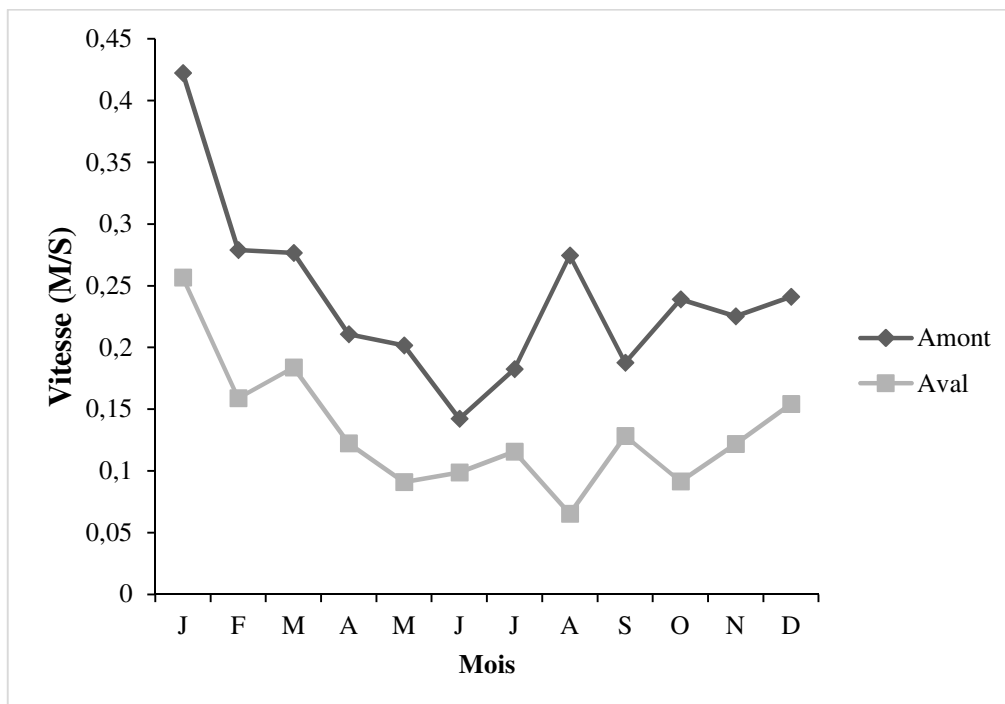


Figure 48. Variation moyenne mensuelle de la vitesse de l'eau des stations étudiées.

III. 2. Analyse des taxons récoltés**III. 2. 1. Analyse des Odonates****III.2. 1.1. Analyse générale**

Nous nous sommes fixés comme objectif d'apporter une contribution à une meilleure connaissance de la biodiversité des milieux aquatiques de la région étudiées d'une manière générale.

La présente étude des Odonates de Oued Cheref a permis de recenser au cours de 3 cycles de prélèvements allant de Juillet 2014 à Juin 2017, un total de 537 individus (326 mâles et 211 femelles) répartis en 7 familles, 13 genres et 21 espèces. Les Zygoptères sont les mieux représentés avec 90% comptant 4 familles et 7 genres.

Ils sont dominés par les Coenagrionidae 58%, les Platynemicidae 22% et les Calopterygidae 20%. Les Anisoptères qui représentent 10 % des Odonates recensés, comptent 3 familles et 6 genres, avec une famille dominante la Libellulidae par 79%, les Gomphidae et les Aeshnidae représentent respectivement 11% et 10% (Figure 49).

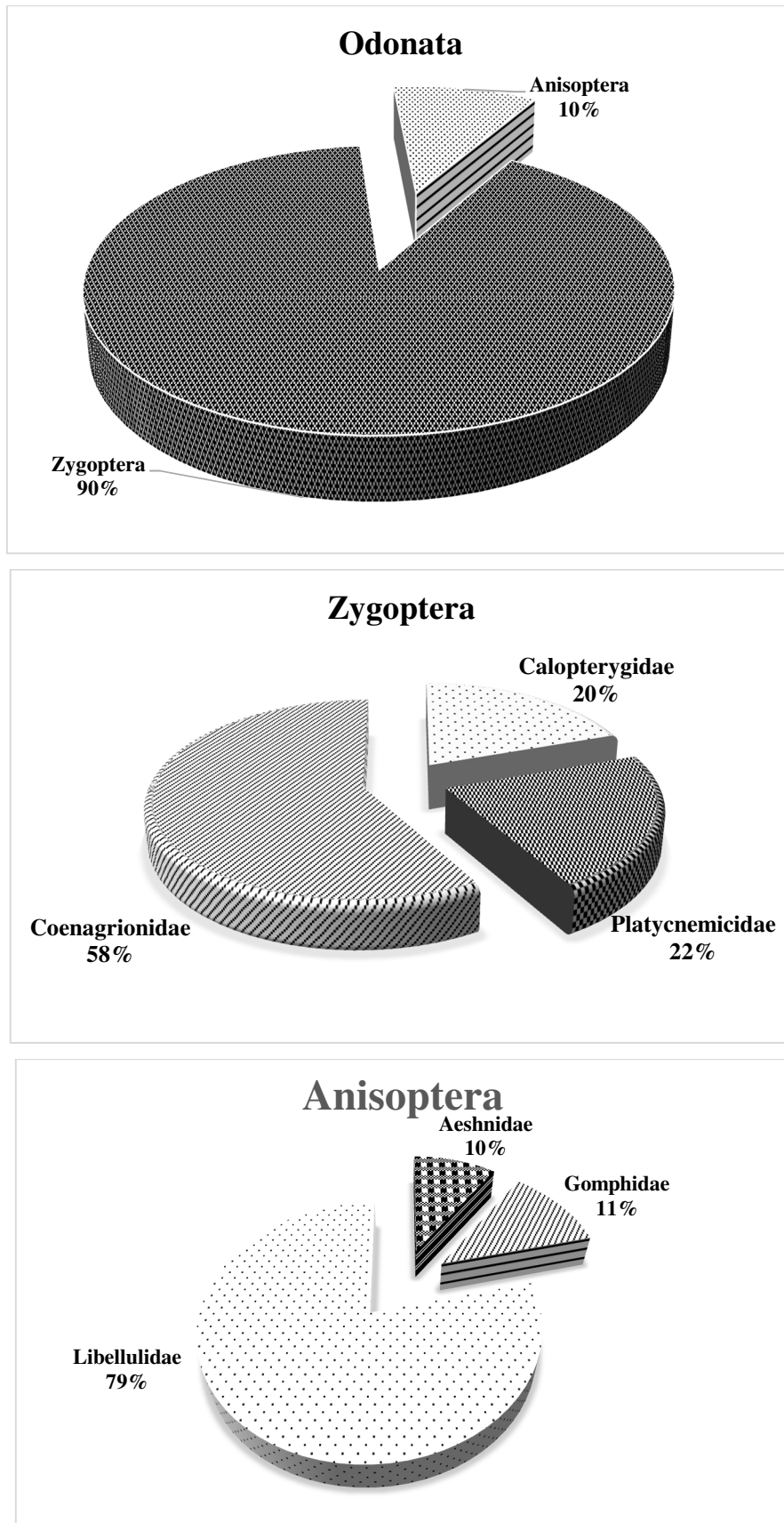


Figure 49. Répartition quantitative des Odonates recensés pendant la période d'étude.

III.2. 2. L'abondance relative

Parmi les 21 espèces recensées pour les 3 cycles, *Ischnura graellsii* est plus abondante avec 184 individus suivie par *Platycnemis subdilatata* avec 107 individus et *Calopteryx haemorrhoidalis* avec 72 individus.

Crocothemis erythaea, *Sympetrum meridionale*, *Onychogomphus costae*, *Onychogomphus forcipatus* et *Anax parthenope* sont présentes avec faible abondance (Figure 50).

D'après les résultats obtenus, nous constatons que les stations à abondance très élevée sont Pont Krab avec 99 individus, Oued Dehmane avec 49 individus et Ain Arko par 46 individus.

Les stations à faible abondance sont Azlet Hlima, Oued Aar et Salaoua. Par contre, l'abondance nulle est observée dans les stations Ben Mheni et Oued El Nil parce qu'elles sont sèches pendant la période d'émergence des adultes d'Odonates (Figure 51).

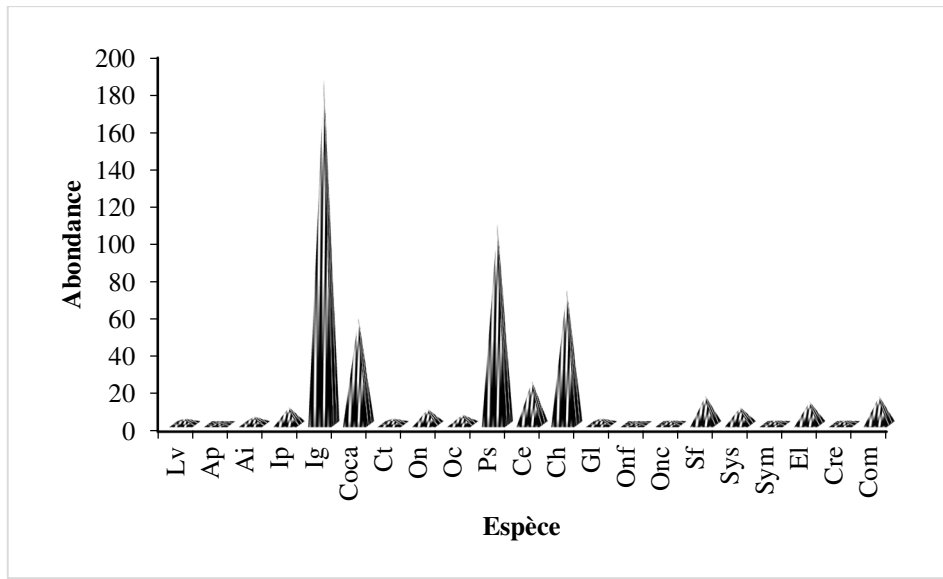


Figure 50. Abondance relative des taxons recensés (**Lv** : *Chalcolestes viridis*, **Ap** : *Anax parthenope*, **Ai** : *Anax imperator*, **Ip** : *Ischnura pumilio*, **Ig** : *Ischnura graellsii*, **Coca** : *Coenagrion caerulescens*, **Ct** : *Ceriagrion tenellum*, **On** : *Orthetrum nitidinerve*, **Oc** : *Orthetrum coerulescens*, **Ps** : *Platycnemis subdilatata*, **Ce** : *Calopteryx exul*, **Ch** : *Calopteryx haemorrhoidalis*, **Gl** : *Gomphus lucasii*, **Onf** : *Onychogomphus forcipatus*, **Onc** : *Onychogomphus costae*, **Sf** : *Sympetrum fonscolombii*, **Sys** : *Sympetrum striolatum*, **Sym** : *Sympetrum meridionale*, **El** : *Erythromma lindenii*, **Cre** : *Crocothemis erythaea*, **Com** : *Coenagrion mercuriale*).

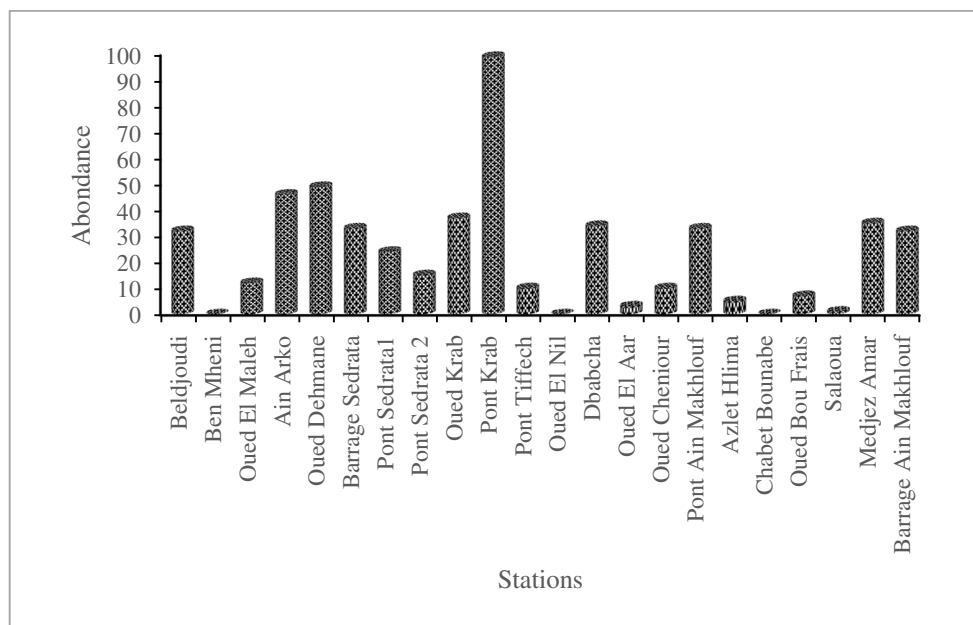


Figure 51. Variation spatiale de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés.

III.2.3. Richesse taxonomique

La lecture de la figure 52 montre des fluctuations de la richesse spécifique tout au long des stations étudiés, le nombre des espèces varie d'une station à une autre, il fluctue entre 0 et 11 espèces.

Les stations amont du cours d'eau renferment plus de 80,9% de la richesse taxonomique totale, la richesse maximale est observée dans les stations Pont Krab (11sp) et Oued Krab (8 sp), la valeur minimale est observée à Oued El Nil et Ben Mheni (0 sp).

Les stations aval du cours d'eau étudié présentent 90,4% de la richesse taxonomique.

III.2.4. Indices de diversité**III.2.4.1. Indice de diversité de Shannon**

Les valeurs de l'indice de Shannon pour les stations étudiés sont signalés dans la figure 53, la valeur maximale est enregistrée à la station Barrage Ain Makhoulf, elle est égale à 2,81.

III.2.4.2. Indice d'Équitabilité

La figure 54 montre la variation de l'indice d'Équitabilité qui oscille entre 0, la valeur minimale et 1 la maximale. Ces valeurs témoignent aussi d'une régularité des peuplements au niveau de toutes les stations de Oued Cheref.

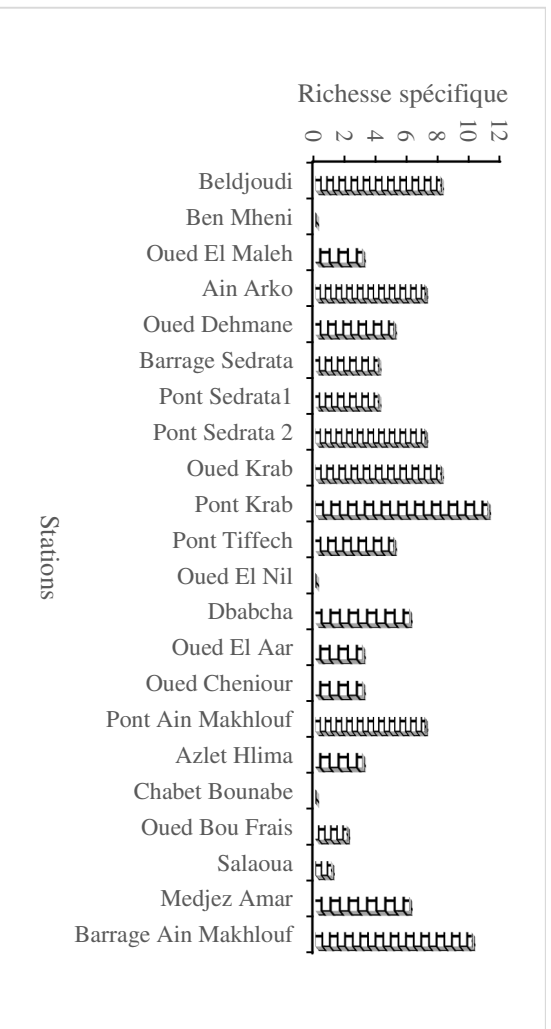


Figure 52. Variation spatiale de la richesse taxonomique totale dans les sites étudiés

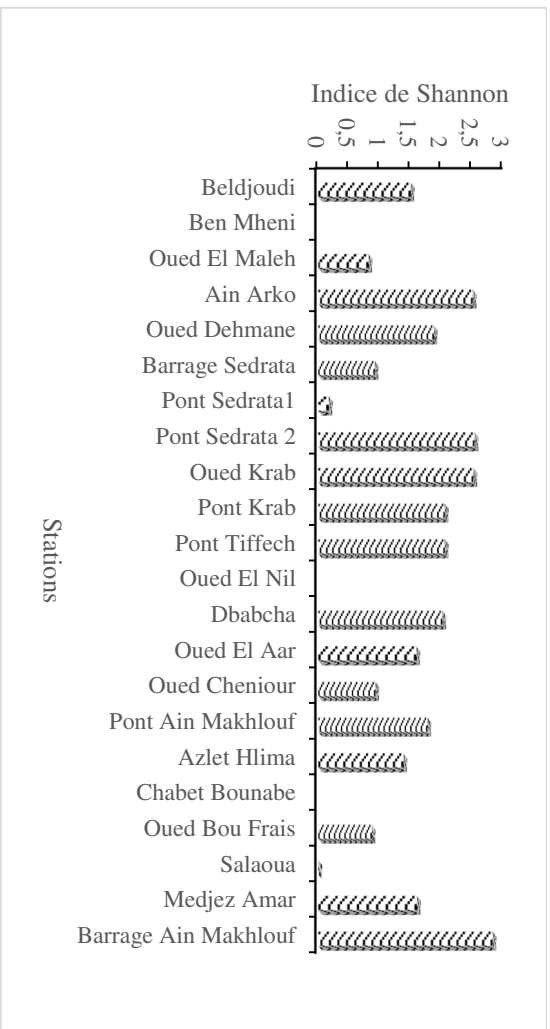


Figure 53. Variation spatiale de l'indice de Shannon dans les stations de Oued Cheref.

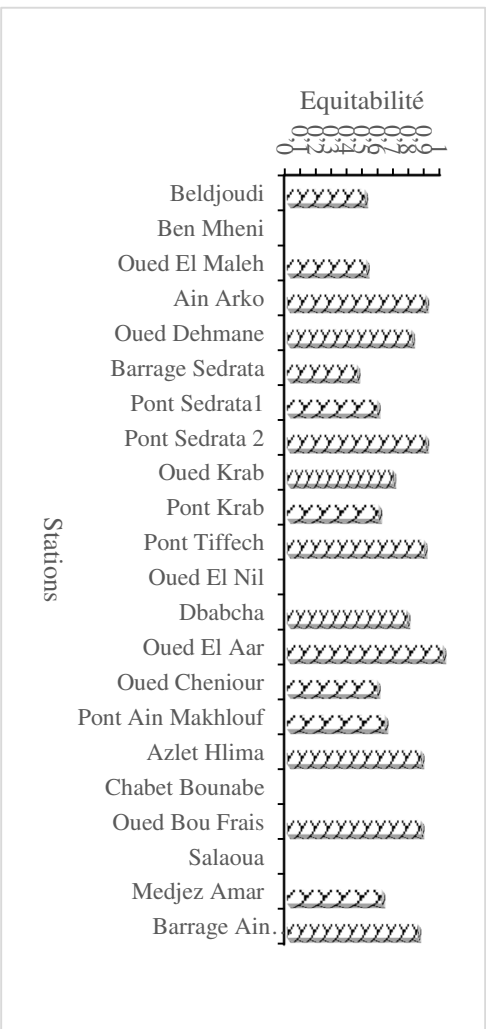


Figure 54. Variation spatiale de l'Équitabilité dans les stations de Oued Cheref.

III.2.3. Phénologie des odonates

Tableau 6. Phénologie des Odonates

Sp de 3 Cycles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Chalcolestes viridis</i>										—	—	
<i>Anax parthenope</i>						—						
<i>Anax imperator</i>					—	—			—			
<i>Ischnura pumilio</i>					—	—	—	—		—		
<i>Ischnura graellsii</i>				—	—	—	—	—	—	—		
<i>Coenagrion caerulescens</i>					—	—	—	—	—	—		
<i>Ceriagrion tenellum</i>								—				
<i>Orthetrum nitidinerve</i>						—	—	—				
<i>Orthetrum coerulescens</i>							—	—				
<i>Platycnemis subdilatata</i>				—	—	—	—	—	—			
<i>Calopteryx exul</i>					—	—	—					
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>					—	—	—	—	—	—		
<i>Gomphus lucasii</i>						—						
<i>Onychogomphus forcipatus</i>						—						
<i>Onychogomphus costae</i>						—						
<i>Sympetrum fonscolombii</i>					—	—	—	—	—			
<i>Sympetrum striolatum</i>						—				—		
<i>Sympetrum meridionale</i>						—						
<i>Erythromma lindenii</i>					—	—	—	—	—			
<i>Crocothemis erythaea</i>					—		—					
<i>Coenagrion mercuriale</i>				—	—	—			—			

III.2.4. Check-list des Odonates de Oued Cheref

Tableau 7. Station Beldjoudi

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion mercuriale</i>
		<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>
		<i>Ceriagrion</i>	<i>Ceriagrion tenellum</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilata</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
			<i>Sympetrum striolatum</i>

Tableau 8. Station Oued El Maleh

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura pumilio</i>
			<i>Ischnura graellsii</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilata</i>

Tableau 9. Station Ain Arko

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura pumilio</i>
			<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
			<i>Coenagrion mercuriale</i>
	<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilata</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>

Tableau 10. Station Oued Dehmane

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
			<i>Coenagrion mercuriale</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>Orthetrum nitidinerve</i>

Tableau 11. Station Barrage Sedrata

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
		Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>
Anisoptera	Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>Anax parthenope</i>

Tableau 12. Station Pont Sedrata 1

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion mercuriale</i>
		Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>
Anisoptera	Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>Anax imperator</i>

Tableau 13. Station Pont Sedrata 2

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura pumilio</i>
			<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
			<i>Coenagrion mercuriale</i>
	<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Crocothemis</i>	<i>Crocothemis erythaea</i>

Tableau 14. Station Oued Krab

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
			<i>Coenagrion mercuriale</i>
	<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>	
		Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>Orthetrum nitidissime</i>
			<i>Orthetrum coerulescens</i>

Tableau 15. Station Pont Krab

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
			<i>Coenagrion mercuriale</i>
	<i>Ceriagrion</i>	<i>Ceriagrion tenellum</i>	
		Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx exul</i>
			<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>Orthetrum nitidissime</i>
			<i>Orthetrum coerulescens</i>
		<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
			<i>Sympetrum meridionale</i>

Tableau 16. Station Pont Tiffech

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
	Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>Anax imperator</i>

Tableau 17. Station Dbabcha

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Lestidae	<i>Chalcolestes</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>
	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx exul</i>
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>			
Anisoptera	Gomphidae	<i>Gomphus</i>	<i>Gomphus lucasii</i>

Tableau 18. Station Oued Aar

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
Anisoptera	Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>	<i>Onychogomphus forcipatus</i>
			<i>Onychogomphus costae</i>

Tableau 19. Station Oued Cheniour

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx exul</i>
			<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>

Tableau 20. Station Pont Ain Makhlouf

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
		<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
Anisoptera	Gomphidae	<i>Gomphus</i>	<i>Gomphus lucasii</i>
		<i>Onychogomphus</i>	<i>Onychogomphus costae</i>
	Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>

Tableau 21. Station Azlet Hlima

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>Orthetrum nitidinerve</i>

Tableau 22. Station Bou Frais

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>

Tableau 23. Station Salaoua

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Anisoptera	Aeshnidae	<i>Anax</i>	<i>Anax imperator</i>

Tableau 24. Station Medjez Amar

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion caerulescens</i>
		<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
Anisoptera	Libellulidae	<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum striolatum</i>

Tableau 25. Station Barrage Ain Makhlof

Ordre	Famille	Genre	Espèce
Zygoptera	Lestidae	<i>Chalcolestes</i>	<i>Chalcolestes viridis</i>
	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	<i>Ischnura pimilio</i>
			<i>Ischnura graellsii</i>
		<i>Coenagrion</i>	<i>Coenagrion mercuriale</i>
		<i>Erythromma</i>	<i>Erythromma lindenii</i>
	Platycnemididae	<i>Platycnemis</i>	<i>Platycnemis subdilatata</i>
	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
Anisoptera	Gomphidae	<i>Gomphus</i>	<i>Gomphus lucasii</i>
		<i>Sympetrum</i>	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
		<i>Crocothemis</i>	<i>Crocothemis erythaea</i>

III.2. 3. Fréquences d'occurrence des taxons récoltés

La fréquence d'occurrence des adultes des odonates récoltés dans 22 stations montre que parmi les 32 espèces, *Platycnemis subdilatata* est la plus fréquente suivie de *Ischnura graellsii* et *Coenagrion caerulescens*. Les espèces : *Anax parthenope*, *Onychogomphus forcipatus* et *Sympetrum meridionale* sont les moins fréquentes (Figure 55).

III.2.4. Influence de la pollution sur la richesse et l'abondance des Odonates

La figure 56 montre l'impact de la pollution sur la richesse moyenne (a) et l'abondance des odonates (b).

On observe une différence significative entre les sites non pollués et les sites pollués, c'est le même cas pour l'abondance des Odonates.

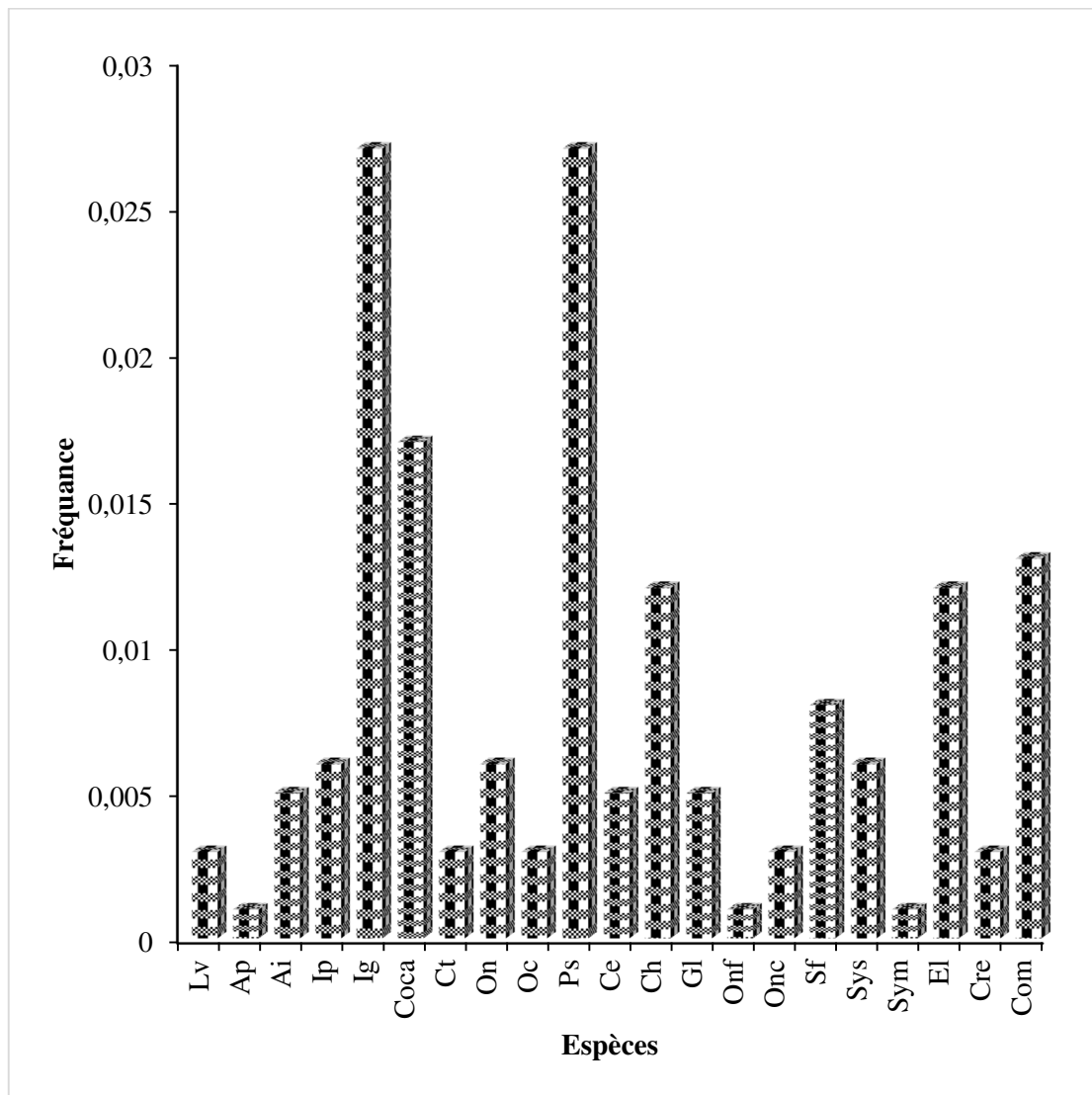


Figure 55. Fréquence d'occurrence des adultes des Odonates (**Lv** : *Chalcolestes viridis*, **Ap** : *Anax parthenope*, **Ai** : *Anax imperator*, **Ip** : *Ischnura pimilio*, **Ig** : *Ischnura graellsii*, **Coca** : *Coenagrion caerulescens*, **Ct** : *Ceriagrion tenellum*, **On** : *Orthetrum nitidinerve*, **Oc** : *Orthetrum coerulescens*, **Ps** : *Platynemesis subdilata*, **Ce** : *Calopteryx exul*, **Ch** : *Calopteryx haemorrhoidalis*, **Gl** : *Gomphus lucasii*, **Onf** : *Onychogomphus forcipatus*, **Onc** : *Onychogomphus costae*, **Sf** : *Sympetrum fonscolombii*, **Sys** : *Sympetrum striolatum*, **Sym** : *Sympetrum meridionale*, **El** : *Erythromma lindenii*, **Cre** : *Crocothemis erythaea*, **Com** : *Coenagrion mercuriale*).

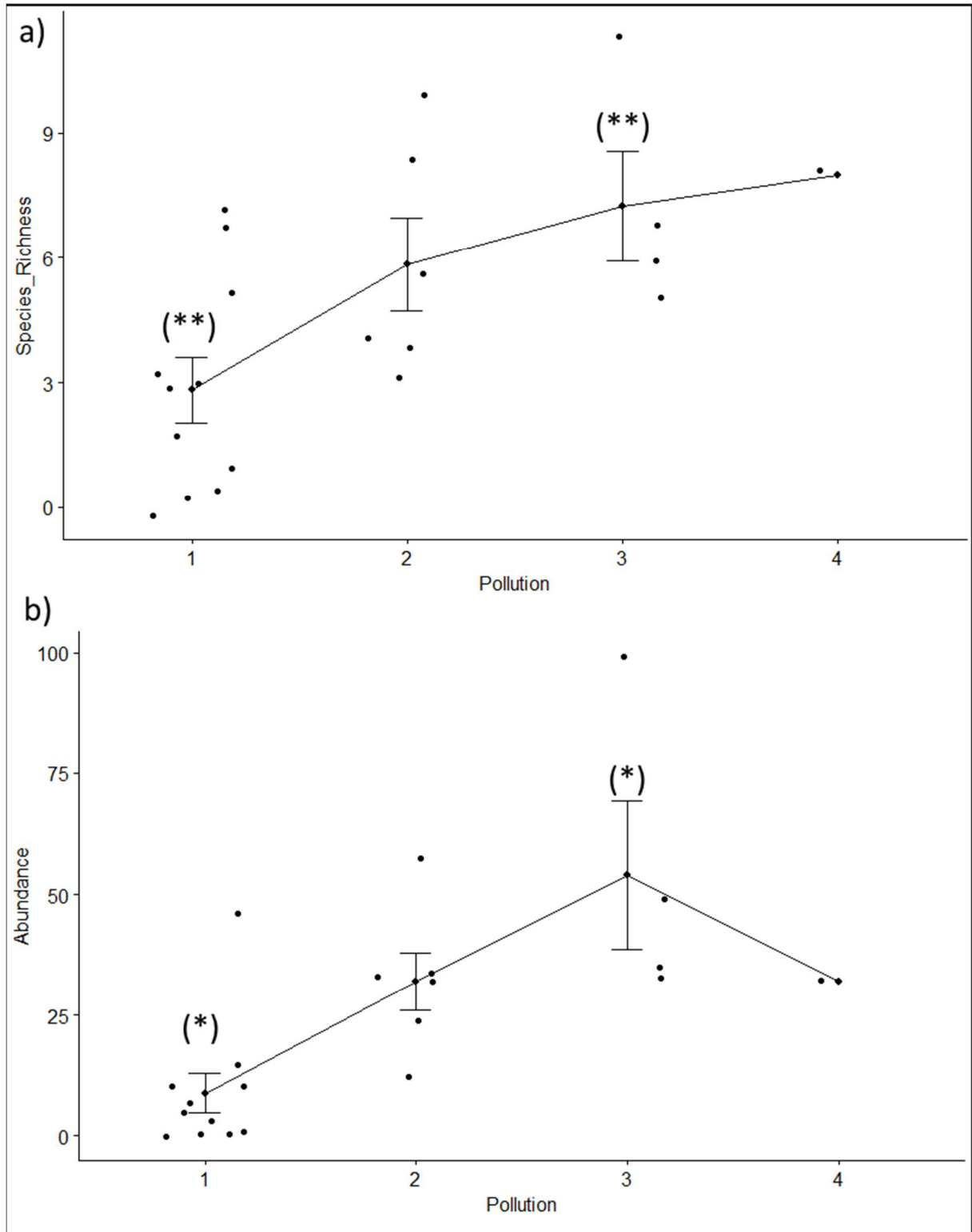


Figure 56. Richesse (a) et abondance moyenne (b) en fonction de de l'indice de pollution.

III.2.5. Interprétation de l'analyse en composantes principales

L'ACP des facteurs mesurés indique une variation substantielle des propriétés physico-chimiques entre les sites d'échantillonnage (Figure 57).

Les quatre premières composantes représentent 77,3% de la variance totale. La première composante (30,3% de l'inertie) est corrélée à un gradient d'altitude et à une couverture végétale et présente une corrélation opposée aux habitats à basse température, en amont, avec une végétation dense (S1, S3, S4) les stations avals sont plus chauds et peu couverts de végétation (S13, S15, S16, S21).

La deuxième composante (23,6% de l'inertie totale) sépare les cours d'eau étroits et à débit rapide, avec des eaux relativement propres et des substrats pierreux (S2, S17) des stations permanentes à plus larges cours d'eau avec des eaux polluées et des substrats argileux (S5, S6).

Le troisième composant (14,4% de l'inertie totale) isole les sites à conductivité élevée et profond (S7) des sites à conductivité comparativement faible et moins profond (S6, S8). De même, le quatrième et mineur composant (8,8% de l'inertie) s'oppose aux stations avals à conductivité relativement élevée (S3, S21) aux stations amont à faible conductivité (S7, S11).

Les trois premiers composants de l'ACP basés sur la matrice d'Odonates totalisaient 48,8% de la variance totale (Figure 35). Le premier composant (18,5%) a séparé les sites riches en espèces, tels que S9 et S10, habités par *Calopteryx heamorrhoidalis*, *Ceriatrion tenellum* des sites sans espèces (S2, S12, S18). Le deuxième composant (17,0% de l'inertie) distingue un site (S22) adjacent à un réservoir et caractérisé par des espèces lenticques, *Sympetrum fonscolombii*, *Crocothemis erythraea* des espèces lotiques *Coenagrion mercuriale* et *Erythromm alindenii*.

Le troisième composant (13,3% de l'inertie) sépare les sites riches en éléments nutritifs des helophytes dominés par *Ischnura pumilio* et *Coenagrion caerulescens* des sites moins pollués avec une végétation riveraine dominée par *Calopteryx exul*, *Gomphus lucasi* et *Chalcolestes viridis*.

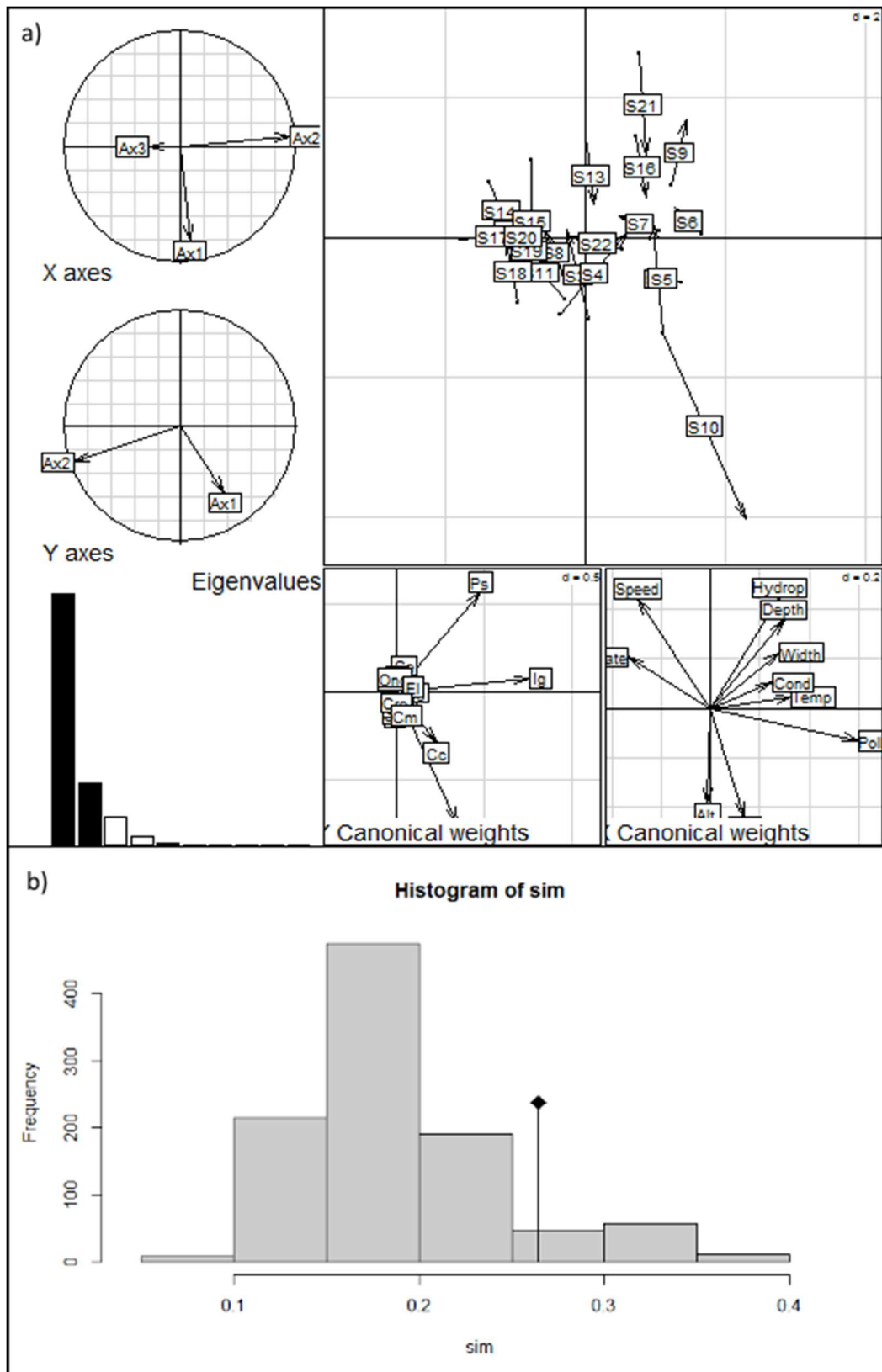


Figure 57. Analyse de co-inertie des peuplements d'Odonates de Oued Cheref.

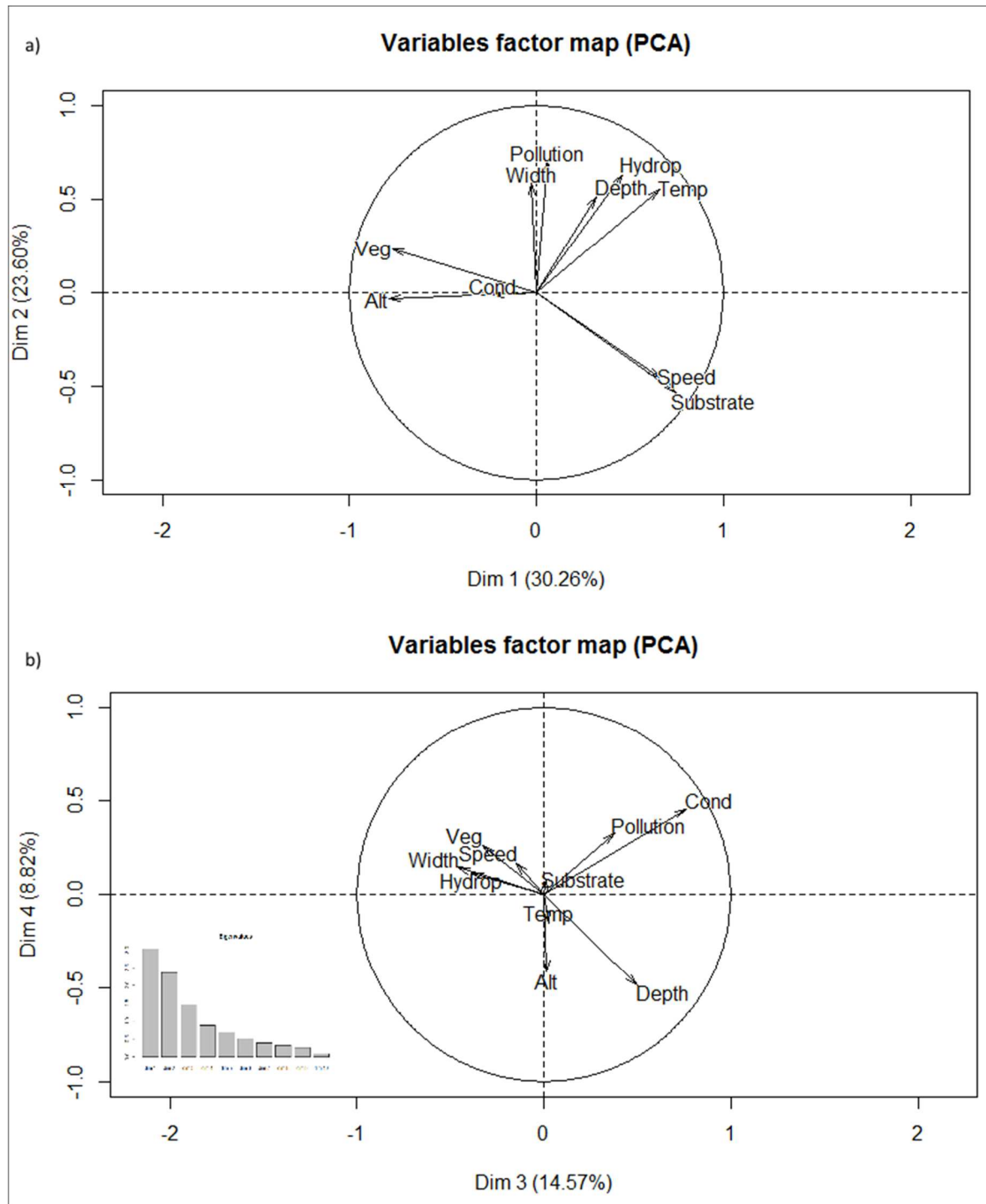


Figure 58. Analyse en Composantes Principales des assemblages de Libellules de Oued Cheref.

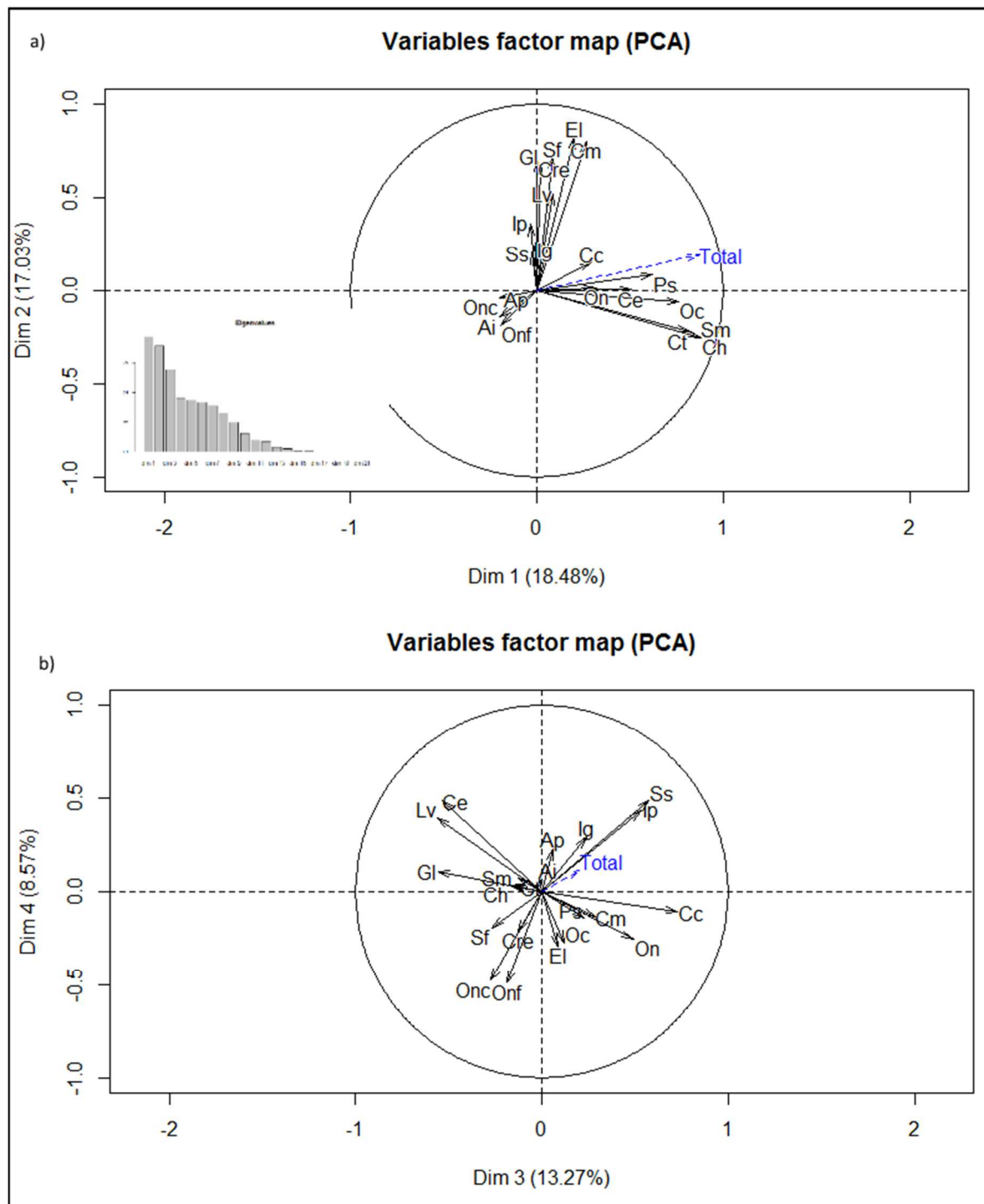


Figure 58. Analyse en Composantes Principales des assemblages de Libellules d'Oued Cheref.

III.3. Analyse des Chironomidés**III.3.1. Analyse générale**

Quarante-cinq 45 espèces ont été récoltés pour la période allant de Août 2008 à Février 2011 dans l'ensemble de 26 stations de Oued Seybouse, les Chironomidés prédominent la classe des Insectes avec 3264 individus.

Les peuplements des Chironomidés sont dominés dans l'ensemble des stations par la famille des Orthocladiinae représentant 47% avec 21 espèces. La famille des Chironominae occupent la 2^{ème} position avec 42% et 19 espèces, suivie par la famille Tanypodinae avec 9% et 4 espèces, et enfin la famille de Prodiamesinae avec 2% et une espèce (Figure 58).

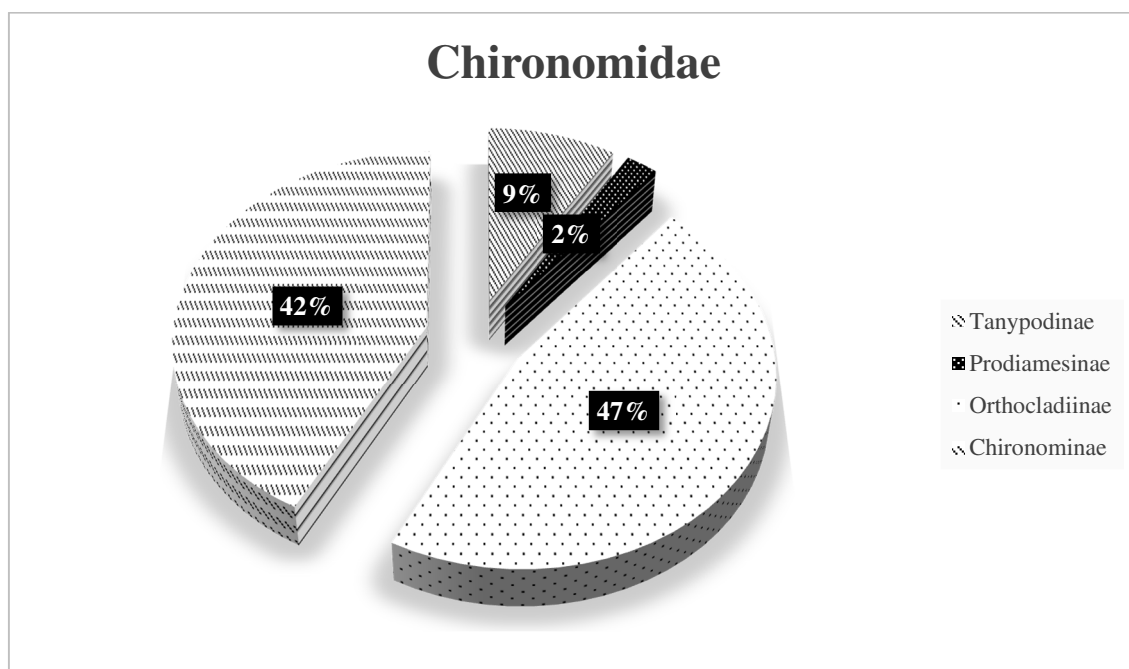


Figure 59. Répartition quantitative des Chironomidés recensés pendant la période d'étude.

III.3.2. Abondance totale des espèces de Chironomidés

Tableau 26. Abondance totale des espèces de Chironomidae de Oued Seybouse pendant le période de 2008 à 2011 (Chaib *et al.*, 2013).

Espèces	Code	Abondance (ind/M ²)
<i>Tanypus punctipennis</i> (Meigen, 1818)	<i>T. punctipennis</i>	103
<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1804)	<i>P. choreus</i>	30
<i>Zavreliomyia punctatissima</i> (Goetghebuer, 1934)	<i>Z. punctatissima</i>	17
<i>Conchapelopia pallidula</i> (Meigen, 1818)	<i>C. pallidula</i>	103
<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	<i>P. olivacea</i>	2
<i>Eukiefferiella sp. 1</i> (Thienemann, A., 1926)	<i>Eukiefferiella sp.1</i>	2
<i>Eukiefferiella bedmari</i> (Vilchez-Quero & Laville, 1987)	<i>E. bedmari</i>	22
<i>Eukiefferiella hospita</i> (Edwards, 1929)	<i>E. hospita</i>	8
<i>Eukiefferiella gracei</i> (Edwards, 1929)	<i>E. gracei</i>	1
<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck, 1890)	<i>E. claripennis</i>	38
<i>Cardiocladius fuscus</i> (Card Kieffer, 1924)	<i>C. fuscus</i>	1
<i>Psectrocladius (Psectrocladius) psilopterus</i> (Kieffer, 1906)	<i>P. (P.) psilopterus</i>	10
<i>Rheocricotopus fuscipes</i> (Kieffer, 1909)	<i>R. fuscipes</i>	141
<i>Orthocladius (Orthocladius) excavatus</i> (Brundin, 1947)	<i>O. (O.) excavatus</i>	120
<i>Orthocladius (Orthocladius) rubicundus</i> (Meigen, 1818)	<i>O. (O.) rubicundus</i>	54
<i>Orthocladius (Euorthocladius) ashei</i> (Soponis, 1990)	<i>O. (E.) ashei</i>	22
<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)	<i>P. rufiventris</i>	210
<i>Cricotopus (Cricotopus) bicinctus</i> (Meigen, 1818)	<i>C. (C.) bicinctus</i>	488
<i>Cricotopus (Isocladius) sylvestris</i> (Fabricius, 1974)	<i>C. (I.) sylvestris</i>	263
<i>Hydrobaenus sp. 1</i> (Fries, 1830)	<i>Hydrobaenus sp.1</i>	2
<i>Metriocnemus sp. 1</i> (Van Der Wulp, 1874)	<i>Metriocnemus sp.1</i>	3
<i>Paratrissocladius excerptus</i> (Gouin In Gouin & Thienemann, 1942)	<i>P. excerptus</i>	9
<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Kieffer, 1924)	<i>P. stylatus</i>	7
<i>Limnophyes minimus</i> (Meigen, 1818)	<i>L. minimus</i>	1
<i>Paraphaenocladius sp. 1</i>	<i>Paraphaenocladius sp.1</i>	1
<i>Corynoneura scutellata</i> (Winnertz, 1846)	<i>C. scutellata</i>	8
<i>Tanytarsus sp. 1</i>	<i>Tanytarsus sp.1</i>	79
<i>Cladotanytarsus sp. 1</i> (Kieffer, 1921)	<i>Cladotanytarsus sp.1</i>	31
<i>Rheotanytarsus sp. 1</i> (Thienemann & Bause, 1913)	<i>Rheotanytarsus sp.1</i>	45
<i>Paratanytarsus sp. 1</i> (Thienemann & Bause, 1913)	<i>Paratanytarsus sp.1</i>	108
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer, 1776)	<i>M. pedellus</i>	42
<i>Phaenopsectra flavipes</i> (Meigen, 1818)	<i>P. flavipes</i>	2
<i>Polypedilum nubifer</i> (Skuse, 1889)	<i>P. nubifer</i>	418
<i>Polypedilum laetum</i> (Meigen, 1818)	<i>P. laetum</i>	3
<i>Polypedilum cultellatum</i> (Goetghebuer, 1931)	<i>P. cultellatum</i>	374
<i>Polypedilum (Tripodura) scalaenum</i> (Schrank, 1803)	<i>P. (T.) scalaenum</i>	158
<i>Synendotendipes impar</i> (Walker, 1856)	<i>S. impar</i>	1
<i>Genus sp. near Tribelos</i>	<i>Genus sp. near Tribelos</i>	20
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Stäger, 1839)	<i>D. nervosus</i>	36
<i>Chironomus sp. 1</i> (Meigen, 1803)	<i>Chironomus sp.1</i>	238
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnæus, 1758)	<i>C. plumosus</i>	6
<i>Cryptotendipes sp. 1</i> (Lenz, 1941)	<i>Cryptotendipes sp.1</i>	1
<i>Harnischia fuscimana</i> (Kieffer, 1921)	<i>H. fuscimana</i>	6
<i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer, 1913)	<i>C. defectus</i>	28
<i>Robackia sp. 1</i> (Sæther, 1977)	<i>Robackia sp.1</i>	2

III.3.3. Interprétation de l'analyse Co –inertie.

L'analyse co-inertie réalisée avec 13 variables environnementales et 45 espèces de Chironomidés ont commandé les 26 sites d'échantillonnage.

Le premier axe représentait 56% de la variance totale et le deuxième axe pour 23%.

L'analyse de la co-inertie a mis en évidence une relation amont-aval gradient dans le premier axe des variables d'environnement, en corrélation directe avec la vitesse du courant et inversement avec la distance source (Figure 60a). Le deuxième axe présente une augmentation de granulométrie avec la pente, et des échantillons avec des substrats pierreux prédominants ayant des valeurs négatives, et des échantillons avec du limon dominant ayant des valeurs positives (Figure 60a).

Les espèces étaient liées aux gradients environnementaux et leur réponse a confirmé les résultats de l'analyse IndVal (Figure 60b) : *Chironomus sp.1*, *C. (I.) sylvestris* et *C bicinctus*. Les indicateurs de pollution ont été cartographiés en haut à gauche, *Rheotanytarsus sp.1* et *Cladotanytarsus sp.1* étaient situées en bas à droite (Figure 60b), suggérant ces espèces comme indicateurs de la qualité de l'eau.

Les deux premiers axes montraient également un gradient de pollution, avec sites pollués (CPS, SZM) cartographiés en haut à gauche, et sites non pollués en bas à droite (OCH, ONL, OAR) (Figure 60c).

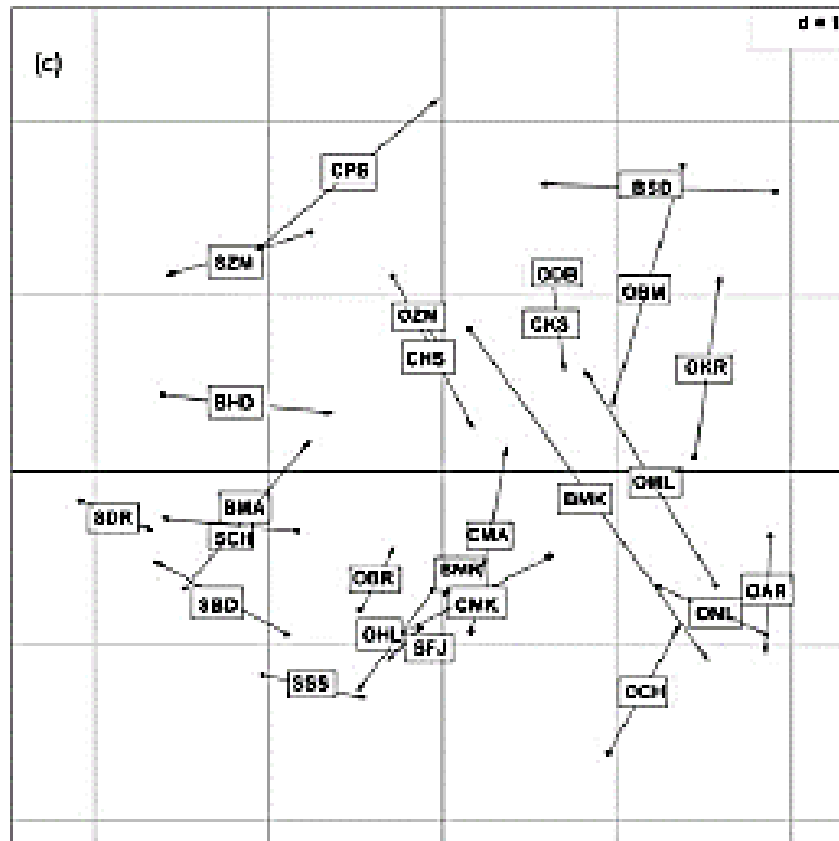


Figure 60. Analyse de Co-inertie des assemblage des Chironomidés de Oued Seybouse (Chaib *et al.*, 2013).

III.3. Composition globale des Simuliidés**III.3. 1. Analyse générale**

L'étude de 8327 larves et 53 étuis de l'ordre de Simuliidés collectés dans 22 stations de Oued Cheref durant 3 cycles hydrologiques d'étude (Figure 61) montre que les larves représentent 99% et les étuis seulement 1%. Les résultats révèlent que l'année 2014 compte 1254 larves et 21 étuis, 2069 larves et 10 étuis pour l'année 2015, l'année 2016 est la plus abondante avec 4561 larves et 16 étuis par contre, l'année 2017 est la plus faible avec 443 larves et 6 étuis (Figure 62).

III.3. 2. L'abondance relative

L'analyse de la figure 63 révèle que les sites d'études abritent une population très importante pendant la période d'étude. Oued El Nil est le site le plus abondant avec un total de 2022 individus suivi par Bou Frais avec 1033 individus et Barrage Ain Makhoulf avec 835 individus. Les sites Oued Krab, Beldjoudi et Chaabet Bounabe sont les moins abondants. Les figures 64, 65, 66 et 67 montrent la variation spatiale des Simuliidés pendant les années 2014, 2015, 2015 et 2017 respectivement.

III.3.3.L'analyse de la variation temporelle

L'analyse de la variation temporelle des Simuliidés (Figure 68) recensés pendant les 3 cycles montre que le mois de mars de l'année 2016 constitue le mois le plus abondant.

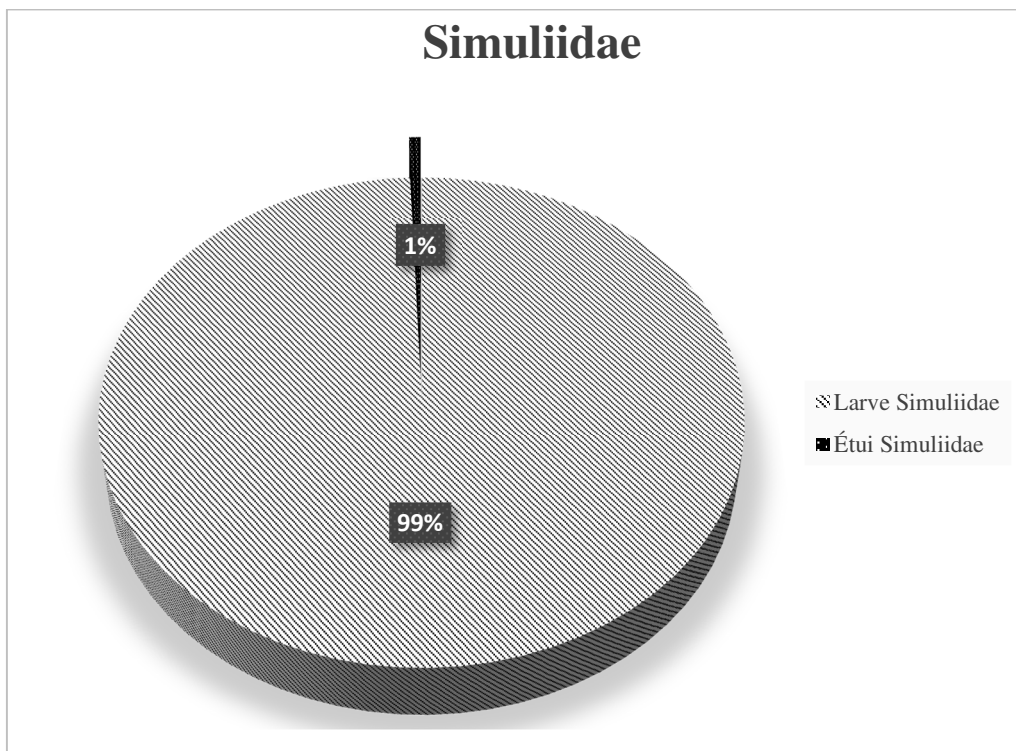


Figure 61. Pourcentage des Simuliidés recensés pendant la période d'étude.

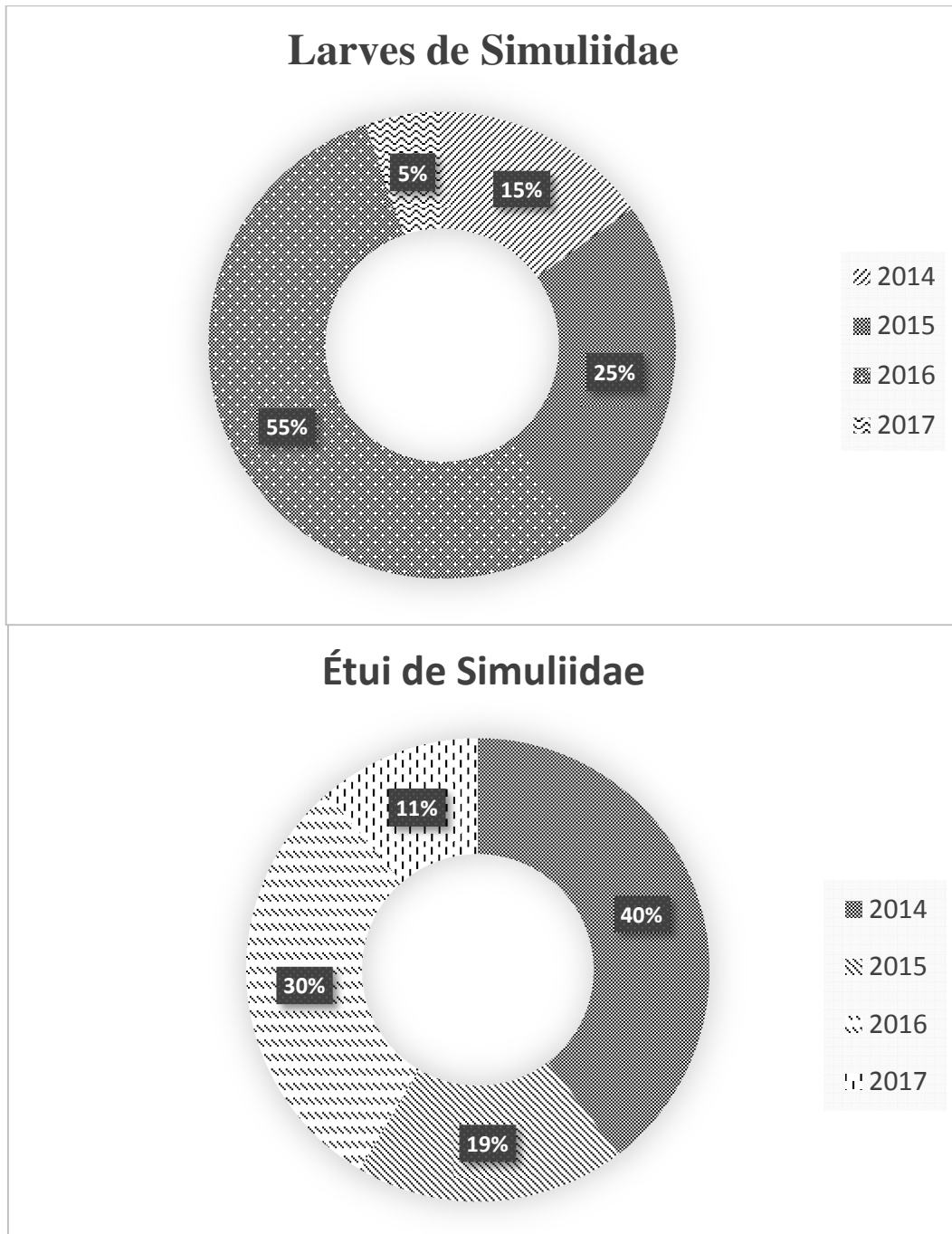


Figure 62. Pourcentage total des larves et des étuis des Simuliidés observés durant la période d'étude.

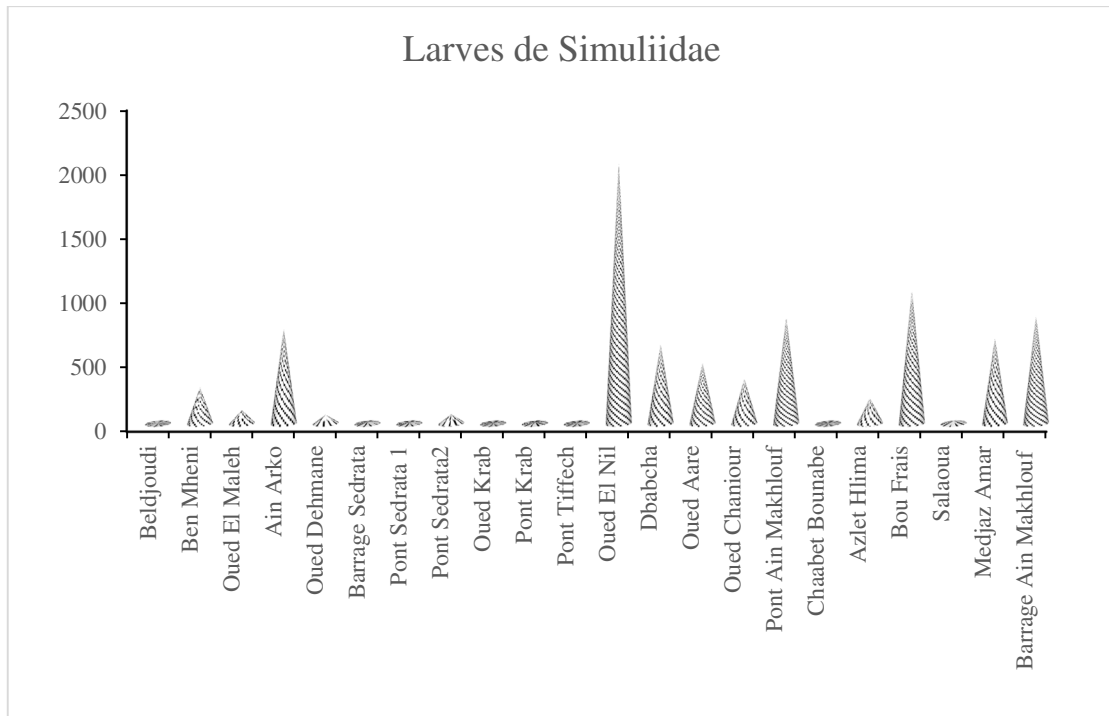


Figure 63. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant la période d'étude.

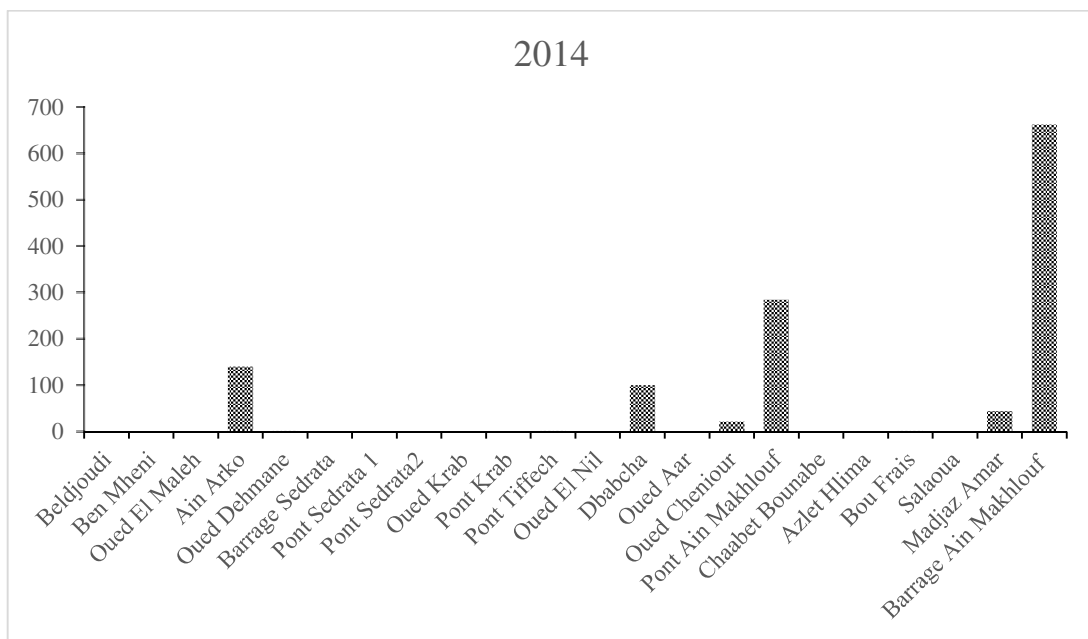


Figure 64. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2014.

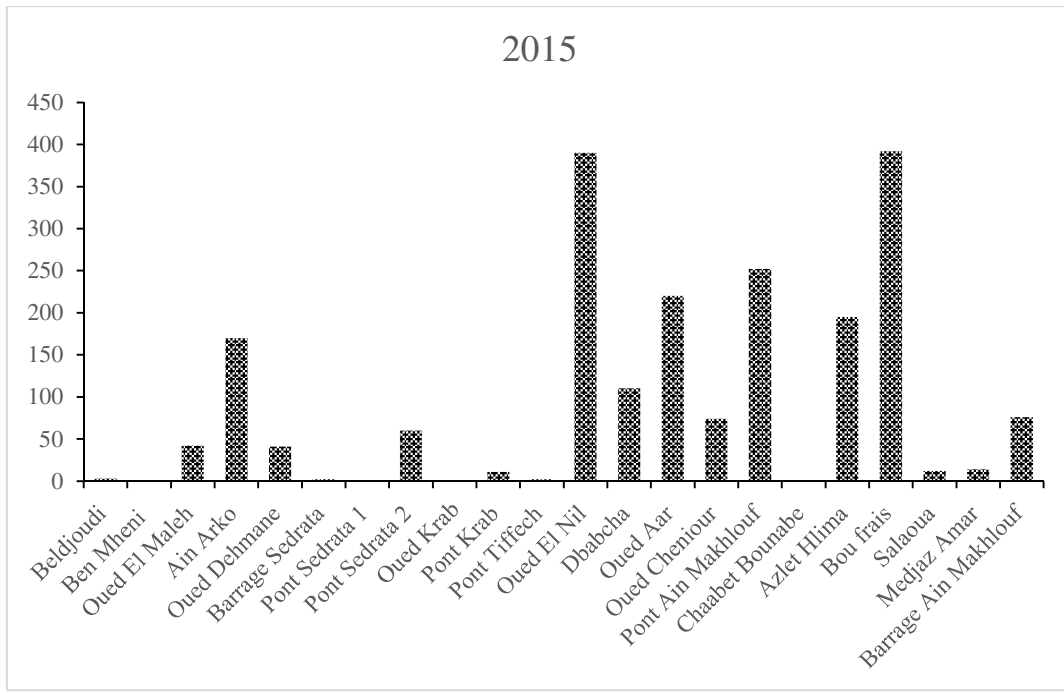


Figure 65. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2015.

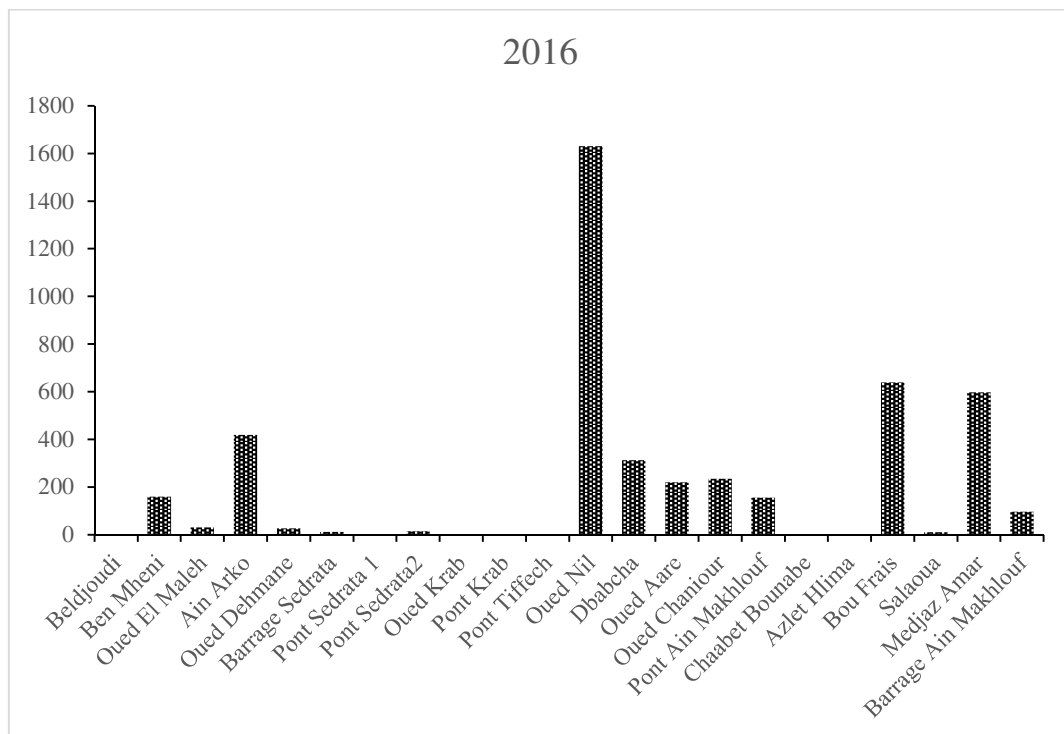


Figure 66. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2016.

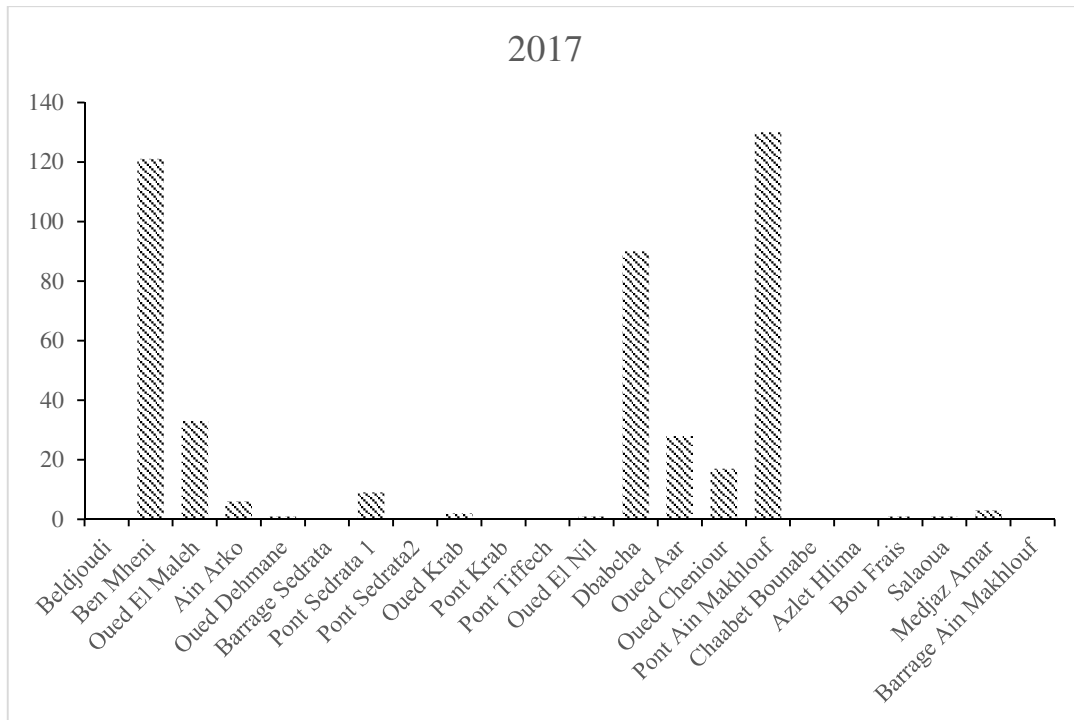


Figure 67. Variation spatiale des Simuliidés recensés pendant l'année 2017.

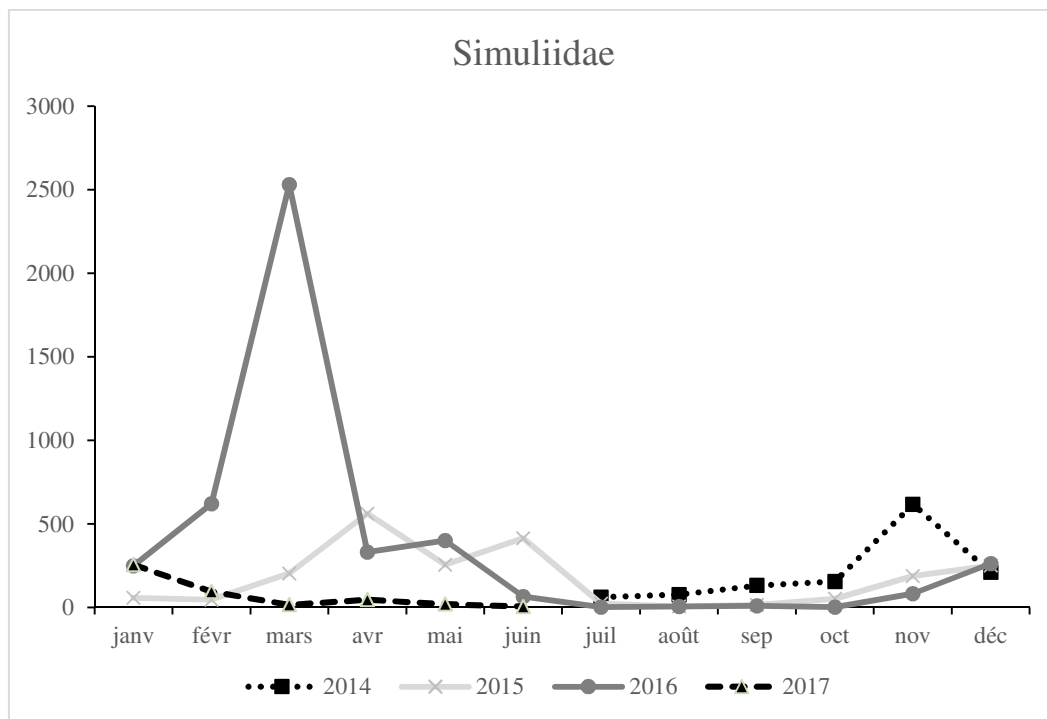


Figure 68. Variation temporelle des Simuliidés recensés pendant 3 cycles.

III. 2. 4. Analyse des Hémiptères**III.2. 4. 1. Analyse générale**

Au cours de ce travail, nous avons dénombré au total **21** espèces d'Hémiptères-Hétéroptères aquatiques pendant 3 cycles de prélèvements allant de Juillet 2014 à Juin 2017. 16 taxons appartiennent aux Népomorphes avec 86% et 6 taxons aux Gerromorphes avec 14% (Figure 69, Tableau 27). Parmi les 21 taxons recensés, nous comptons 6 familles. Les espèces sont réparties comme suit :

Les **Nepomorpha** : 01 taxon pour les Nepidae (2%), 05 taxons pour les Notonectidae (10%), 09 taxons pour les Corixidae (74%) et 01 taxon pour les Pleidae (0%) (Figure 70).

Les **Gerromorpha** : 04 taxons pour les Gerridae (14%) et 02 taxons pour les Veliidae (0%) (Figure 70).

III.2. 4.2. L'abondance relative

L'analyse de l'abondance totale révèle que les sites d'études contiennent une population très importante (667 individus) pendant la période d'étude.

Selon les données de l'abondance, nous avons également réalisé des courbes d'évolution mensuelle qui permettent de suivre la variation de cette abondance durant la période d'étude. La figure 71 montre que l'abondance est maximale (137 individus) pour le mois de septembre 2014. Par contre, l'abondance minimale est marquée au mois de janvier et février 2017 (0 individus).

La variation spatiale de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés (Figure 72) montre que les stations les plus abondantes sont Oued Dehmane, Selaoua, par contre, les stations les moins abondantes sont Beldjoudi, Oued El Maleh, Pont Tiffech, Dbabcha, Oued El Nil, Oued Aar et Chaabet Bounabe.

L'abondance relative des taxons recensés signale les valeurs maximales enregistrées pour les taxons suivants: Larves Sigara et larves de Corixidae (Figure 73).

Les valeurs minimales enregistrées pour les taxons adultes sont : Veliidae, Larves de Veliidae, *Plea minutissima*, *Gerris thoracicus*.

III. 2.4.3. Richesse taxonomique

D'après la variation de la richesse spécifique de 22 stations d'étude (Figure 74), en 2014-2017, le nombre le plus élevé de taxons (12, 10, 9 taxons) a été observé aux stations Salaoua, Barrage Ain Makhoulf et Oued Dehmane respectivement. Alors que la plus faible richesse spécifique est observée à la station Beldjoudi, Oued El Maleh et Oued Aar (0 taxons).

La variation temporelle de la richesse spécifique de 3 cycles hydrologiques (Figure 75) montre que les mois les plus riches sont Août 2014 et Juin 2015, par contre les mois les plus pauvres sont Janvier 2015, Mars 2015 et Septembre 2016.

III.2.4.4. L'indice de Shannon

L'indice de Shannon a été calculé chaque mois pour chaque site pour la moyenne de 3 cycles. Les courbes de diversité indiquent que les valeurs minimales ont été enregistrées au mois de février (0) 2017, au mois de novembre 2014 et décembre 2016. Cependant, les valeurs maximales sont également notées aux mois suivant : juin 2016, 2015 et 2017 avec (2,78. 2,44. 2,49) (Figure.76).

La figure 77 montre la variation spatiale de l'indice de Shannon des taxons recensés dans les sites étudiés, les valeurs maximales ont été enregistrées pour les stations Barrage Ain Makhoulf et Pont Ain Makhoulf (2,94. 2,62).

Les valeurs minimales sont également notées pour la station Pont Tiffech (0).

III.1.2.4.5. L'indice d'Équitabilité

Par définition, l'Équitabilité varie de 0 à 1. Pour beaucoup d'écologues, une diversité élevée correspond à une stabilité plus grande ; une Équitabilité élevée est l'indice d'un peuplement équilibré (Dajoz, 1985). L'Équitabilité est pratiquement élevée au mois d'avril, juin, octobre 2016 (Figure 78). Les valeurs maximales sont notées pour les stations Oued El Nil et Dbabcha (Figure 79). Elle confirme les résultats de l'indice de Shannon.

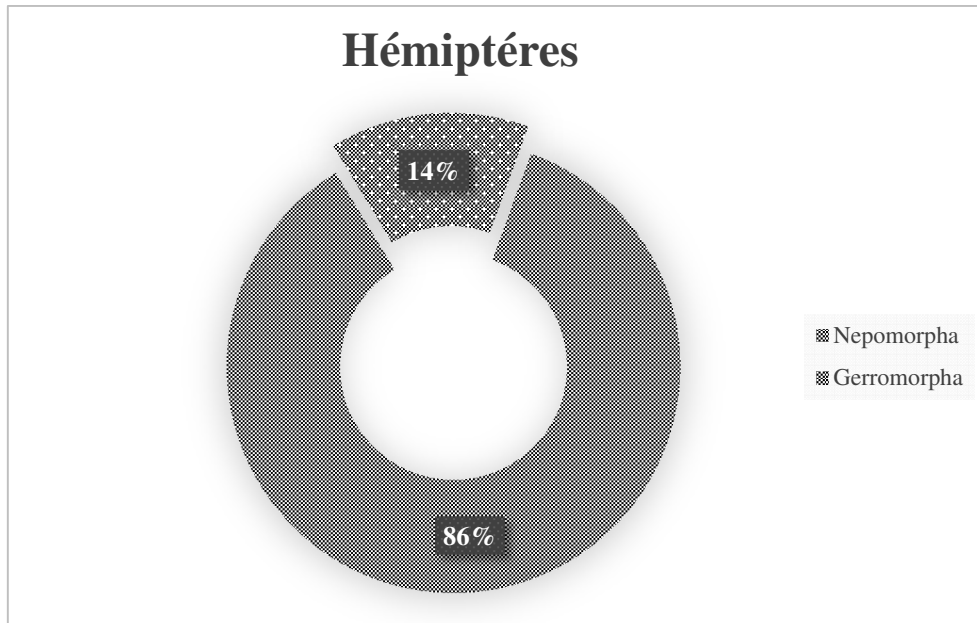


Figure 69. Répartition quantitative des Hémiptères recensés pendant la période d'étude.

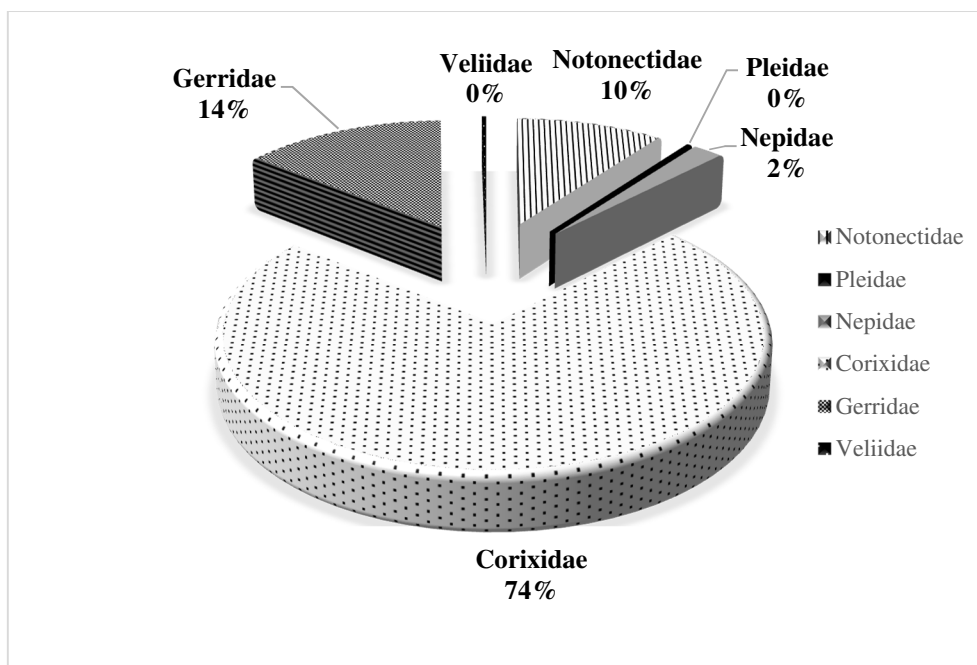


Figure 70. Répartition quantitative des Hémiptères recensés pendant la période d'étude.

Tableau 27. Répartition des Hémiptères inventoriés par niveaux systématiques.

Embranchement	Classe	Ordre	sous-ordre	Famille	Espèce
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Nepomorpha	Notonectidae	<i>Notonecta obliqua</i>
					<i>Notonecta maculata</i>
					<i>Notonecta viridis</i>
					<i>Anisops sardea</i>
					L-Notonectidae
				Corixidae	L-corixidae
					<i>Corixa ponzeri</i>
					<i>Corixa affinis</i>
					<i>Cymatia baranus</i>
					<i>Hesperocorixa linnaie</i>
					<i>Sigara sp1</i>
					<i>Sigara sp2</i>
					<i>Sigara sp3</i>
				L-Sigara	
			Pleidae	<i>Plea minutissima</i>	
			Nepidae	<i>Nepa cinerea</i>	
			Gerromorpha	Veliidae	A-Veliidae
					L-Veliidae
				Gerridae	L-Gerris
					<i>Gerris sp</i>
					<i>Gerris thoracicus</i>
<i>Aquarius sp</i>					
	Total		2	6	21

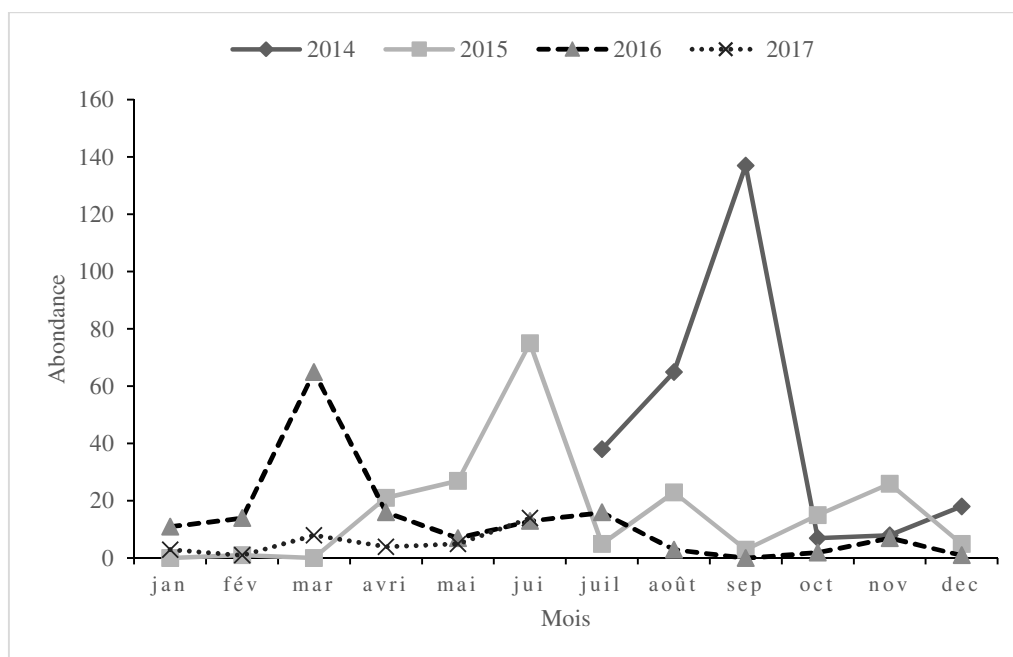


Figure 71. Evolution mensuelle de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés.

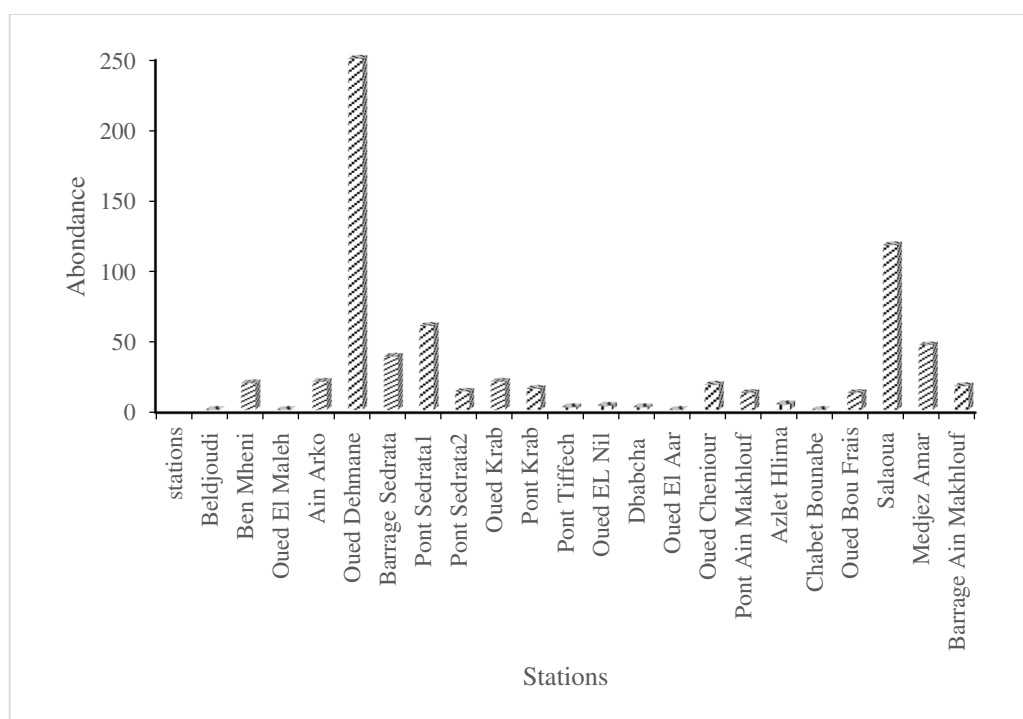


Figure 72. Variation spatiale de l'abondance des taxons recensés dans les sites étudiés.

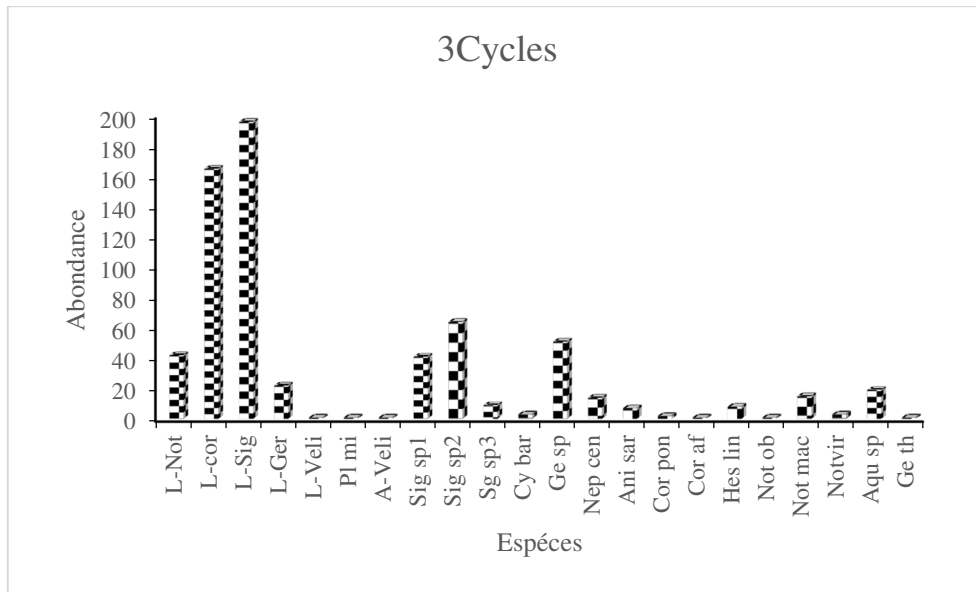


Figure 73. Abondance relative des taxons recensés des Hémiptères d'Oued Cheref (**L-Not** : Larve Notonectidae, **L-cor** : Larve corixidae, **L-Sig** : Larve Sigara, **L-Ger** : Larve Gerris, **L-Veli** : Larve Veliidae, **Pl mi** : *Plea minutissima*, **A-Veli** : Adulte Veliidae, **Sig sp1** : *Sigara sp1*, **Sig sp2** : *Sigara sp2*, **Sig sp3** : *Sigara sp3*, **Cy bar** : *Cymatia baranus*, **Ge sp** : *Gerris sp*, **Nep cen** : *Nepa cenerea*, **Ani sar** : *Anisops sardea*, **Cor pon** : *Corixa ponzeri*, **Cor af** : *Corixa affinis*, **Hes lin** : *Hesperocorixa linnaie*, **Not ob** : *Notonecta obliqua*, **Not mac** : *Notonecta maculata*, **Notvir** : *Notonecta viridis*, **Aqu sp** : *Aquarius sp*, **Ge th** : *Gerris thoracicus*).

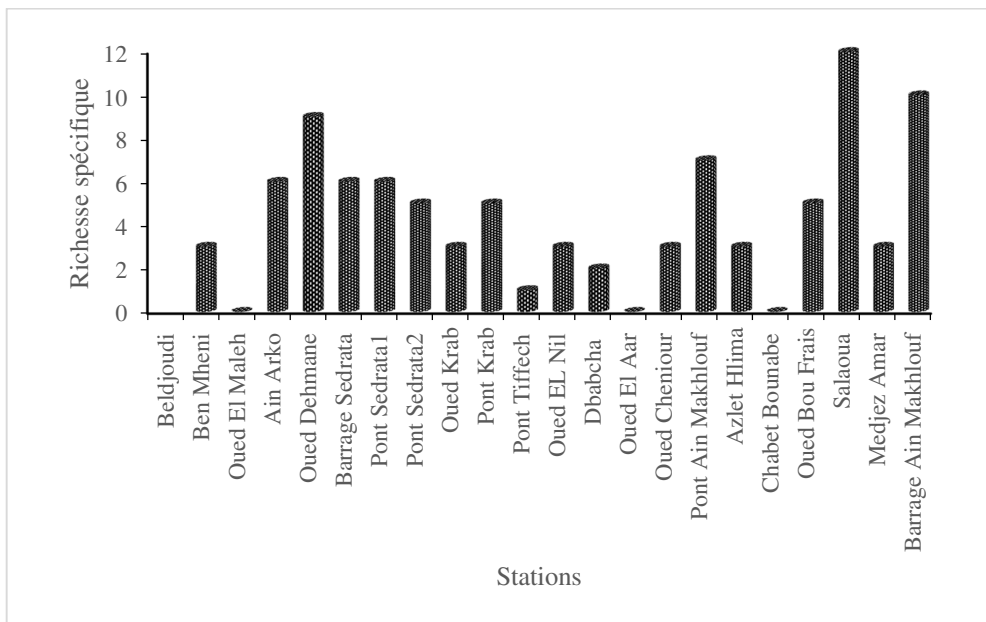


Figure 74. Variation spatiale de la richesse spécifique des taxons recensés d'Hémiptères dans les sites étudiés.

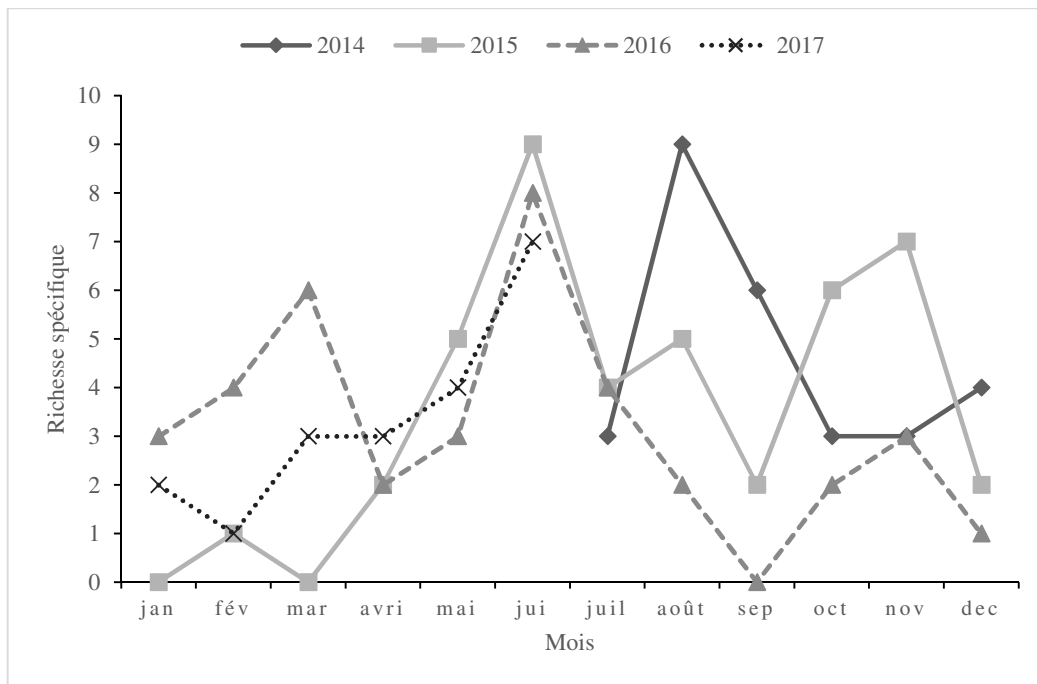


Figure 75. Evolution mensuelle de la richesse spécifique des taxons recensés dans les sites étudiés.

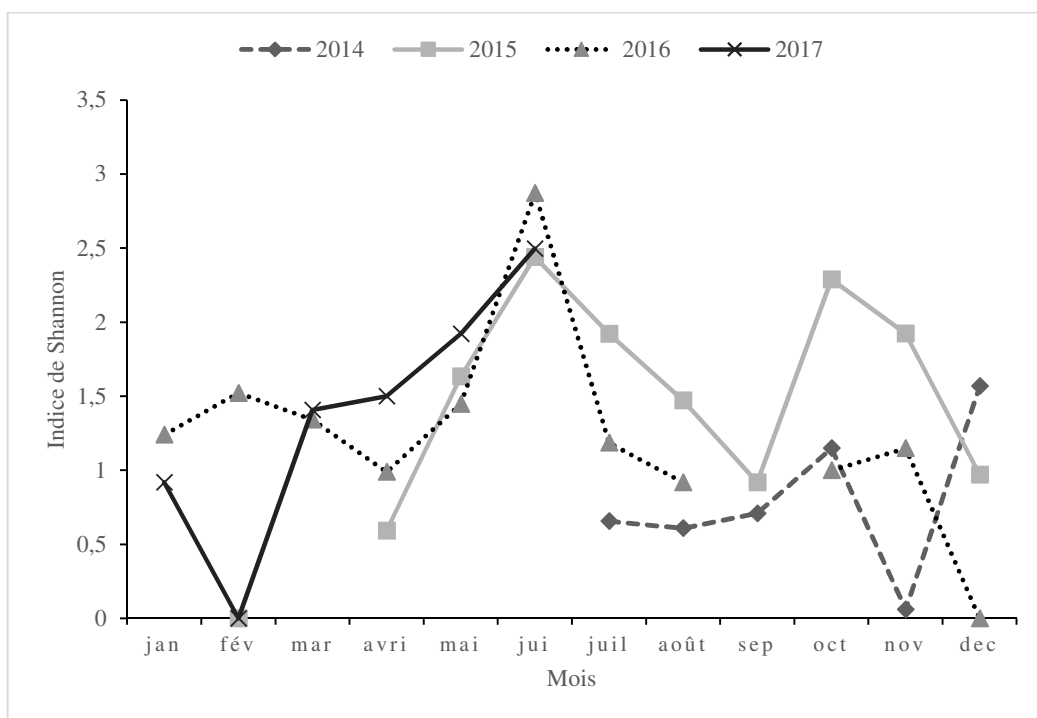


Figure 76. Evolution mensuelle de l'indice de Shannon des taxons recensés dans les sites étudiés.

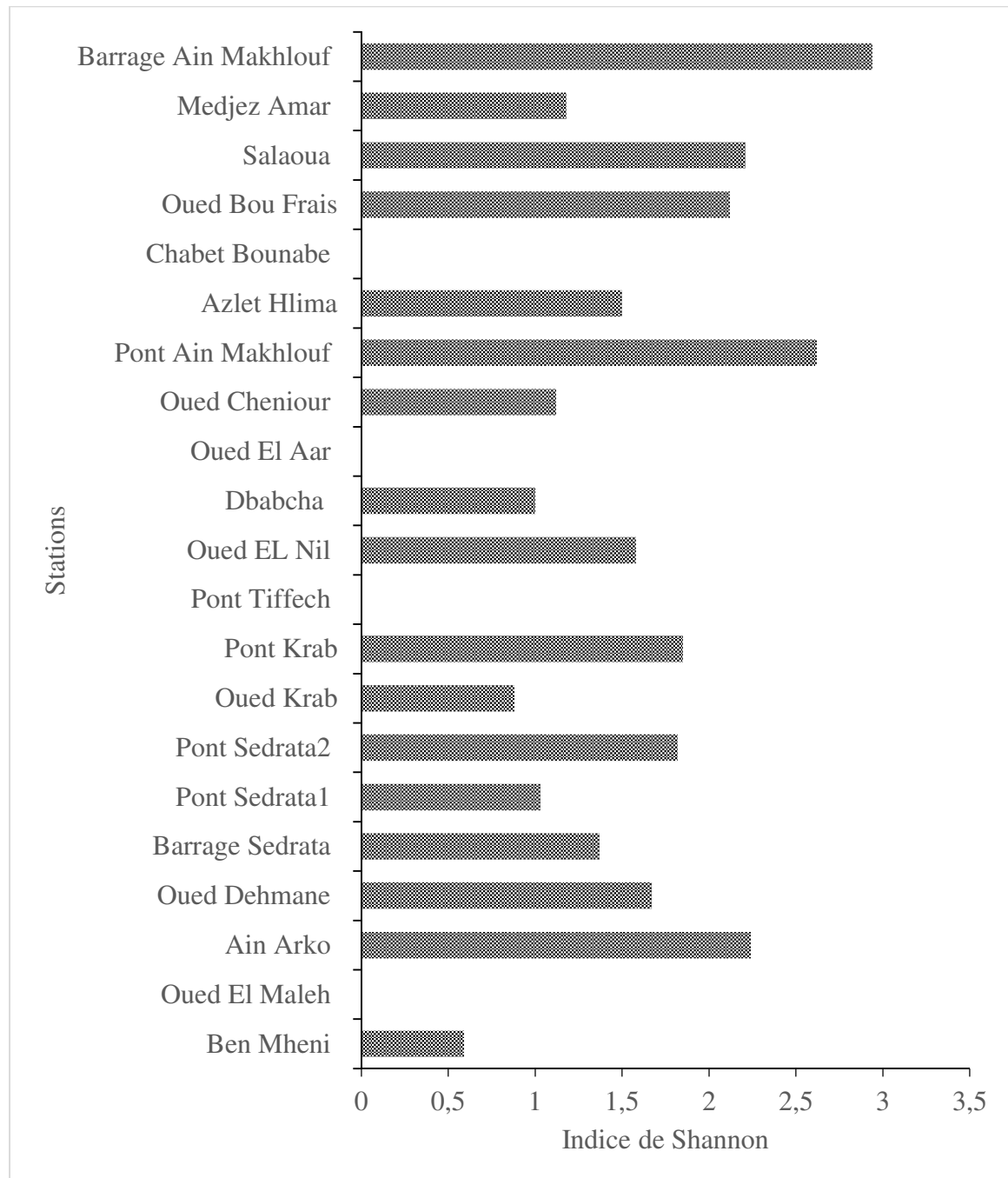


Figure 77. Variation spatiale de l'indice de Shannon des taxons recensés dans les sites étudiés.

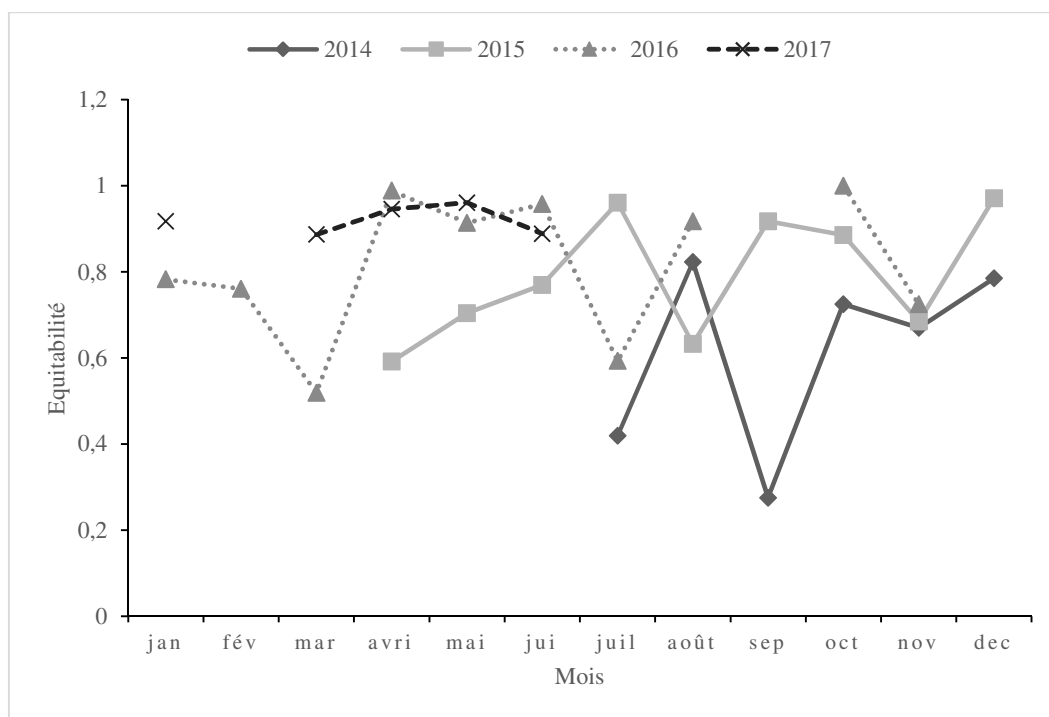


Figure 78. Evolution mensuelle de l'équitabilité des taxons recensés dans les sites étudiés.

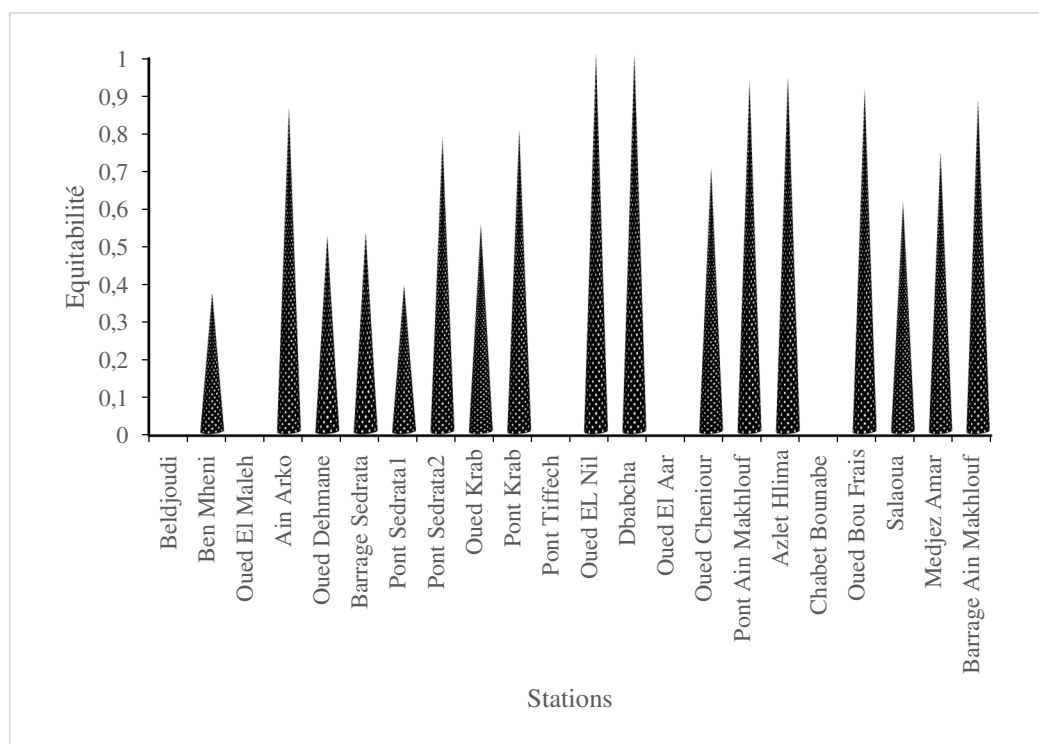


Figure 79. Variation spatiale de l'équitabilité des taxons recensés dans les sites étudiés

Tableau 28. Phénologie des Hémiptères récoltés dans les sites d'études

Taxons	jan	fév	mar	avri	mai	jui	juil	août	sep	oct	nov	dec
Larve Notonectidae				■	■	■		■	■			
Larve corixidae	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Larve Sigara	■			■	■	■	■	■	■			■
Larve Gerris				■	■	■	■	■		■		
Larve Veliidae			■									
<i>Plea minutissima</i>						■						
Adulte Veliidae		■										
<i>Sigara sp1</i>		■				■	■	■		■	■	■
<i>Sigara sp2</i>	■	■	■			■	■		■	■	■	■
<i>Sigara sp3</i>						■	■	■	■		■	■
<i>Cymatia baranus</i>						■						
<i>Gerris sp</i>						■	■	■	■	■		
<i>Nepa cenerea</i>				■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Anisops sardea</i>						■		■			■	
<i>Corixa ponzeri</i>								■	■			
<i>Corixa affinis</i>			■									
<i>Hesperocorixa linnaie</i>	■	■	■							■	■	■
<i>Notonecta obliqua</i>					■							
<i>Notonecta maculata</i>		■	■		■	■		■		■	■	■
<i>Notonecta viridis</i>							■			■	■	■
<i>Aquarius sp</i>			■			■	■	■				
<i>Gerris thoracicus</i>						■						

Tableau 29. Localisation et abondance des espèces d'Hémiptères inventoriés au niveau des sites d'étude entre 2014 et 2017.

Taxons	Code	Localisation	2014	2015	2016	2017	Fréquence
L-Notonectidae	L-Not	S2,S5,S6,S9,S10,S12, S17,S19,S22	22	11	5	4	0,024
L-corixidae	L-cor	S4,S5,S7,S8,S9,S10,S11, S16,S17,S19,S20	7	75	75	8	0,063
L-Sigara	L-Sig	S2,S5,S6,S20,S22	144	42	7	3	0,024
L-Gerris	L-Ger	S8,S10,S15,S16,S19,S21	0	18	2	2	0,017
L-Veliidae	L-Vali	S12	0	0	0	1	0,001
<i>Plea minutissima</i>	Pl mi	S4	0	0	1	0	0,001
A-Veliidae	A-Vali	S12	0	0	0	1	0,001
<i>Sigara sp1</i>	Sig sp1	S4,S5,S6,S7,S8,S19,S20,S22	19	6	16	0	0,029
<i>Sigara sp2</i>	Sig sp2	S4,S5,S7,S16,S17,S20	14	21	29	0	0,022
<i>Sigara sp3</i>	Sig sp3	S5,S8,S20	7	1	0	1	0,0086
<i>Cymatia baranus</i>	Cy bar	S9	0	0	0	3	0,001
<i>Gerris sp</i>	Ge sp	S13,S15,S16,S20,S21	45	4	2	0	0,017
<i>Nepa cenerea</i>	Nep cen	S4,S5,S6,S7,S16,S22	0	5	6	3	0,022
<i>Anisops sardea</i>	Ani sar	S5,S10,S16,S20,S22	3	1	1	2	0,0086
<i>Corixa penzeri</i>	Cor pen	S5,S20	2	0	0	0	0,003
<i>Corixa affinis</i>	Cor af	S7	0	0	1	0	0,001
<i>Hesperocorixa linnaie</i>	Hes lin	S20,S22	1	3	3	1	0,012
<i>Notonecta obliqua</i>	Not ob	S22	0	0	0	1	0,001
<i>Notonecta maculata</i>	Not mac	S4,S5,S6,S19,S22	0	4	6	5	0,003
<i>Notonecta viridis</i>	Notvir	S20,S22	0	3	0	0	0,005
<i>Aquarius sp</i>	Aqu sp	S2,S10,S13,S16,S20,S21	9	7	3	0	0,017
<i>Gerris thoracicus</i>	Ge th	S22	0	0	1	0	0,001
Somme			273	201	158	35	
Somme total			667				

III.1.2.4.6. Analyse de l'influence de variables abiotiques sur la distribution des Hémiptères par l'ACP.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP1) a été réalisée en utilisant 22 stations et 7 paramètres physicochimiques.

La figure 80 présente les deux premiers axes cumulant 53,64% de l'inertie totale dans la matrice des données (F1: 28,59%, F2: 25,05%). La première composante (28,59% de l'inertie) montre qu'il existe une corrélation positive entre l'effet de la conductivité et la largeur et les stations : Oued Dehmane, Beldjoudi, Pont Krab et montre une corrélation négative entre l'effet largeur et conductivité avec la vitesse qui caractérise les stations Oued Aar, Oued Chenieur, Oued El Nil.

La deuxième composante (25,05%) montre une corrélation positive entre l'effet de la température et la profondeur qui caractérise Pont Ain Makhoulf et Medjez Amar. Elle présente également une corrélation positive entre la couverture végétale de la station Oued El Maleh.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP2) a été réalisée en utilisant 21 espèces et 22 stations.

La figure présente les résultats de l'ACP ; les deux axes cumulent 41,50%(F1=26,20%, F2=15,30%). L'axe F1 sépare la station Salaoua habitée par: *Notonecta viridis*, *Hesperocorixa linnaie*, *Notonecta maculata* et *Sigara sp2*. Elle montre une corrélation entre la station Oued Dehmane et larves de *Notonecta*, *Sigara sp1*, ainsi que les larves de *Sigara*.

L'axe F2 sépare la station Barrage Ain Makhoulf qui se caractérise par la présence de *Gerris thoracicus* et *Notonecta obliqua*.

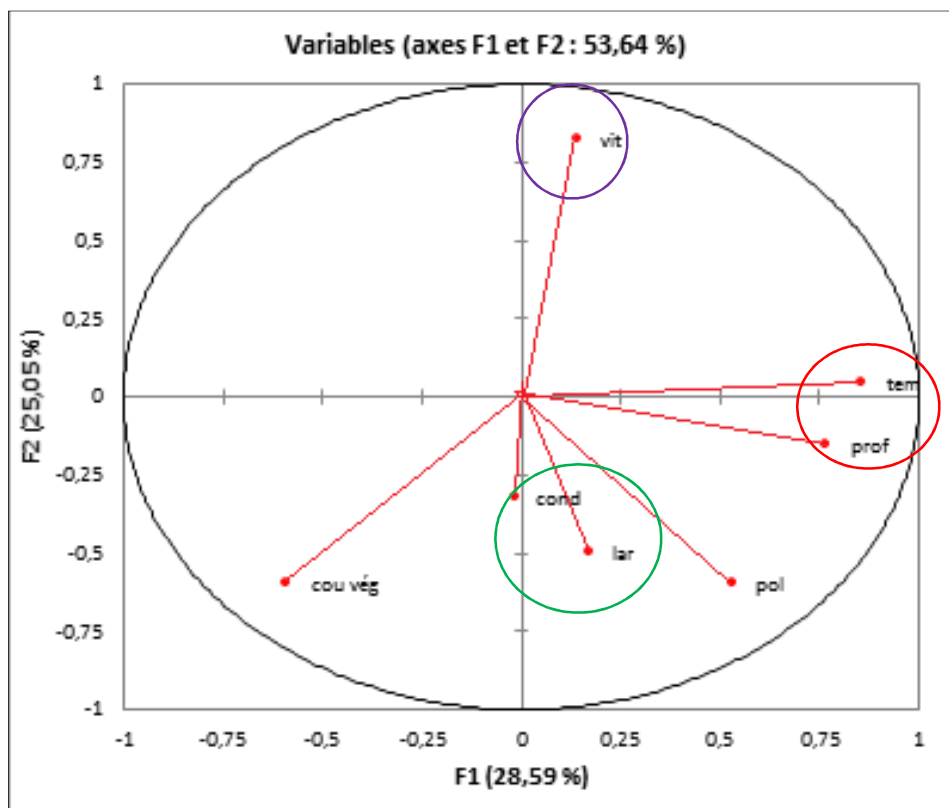
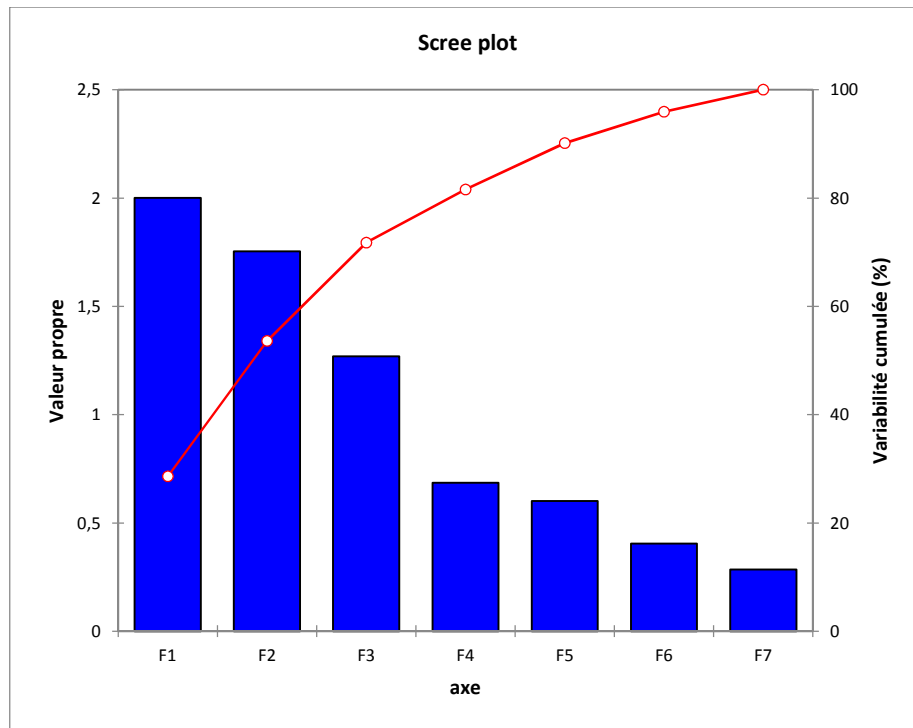


Figure 80. Analyse en Composantes Principales des assemblages des Hémiptères d'Oued Cheref (ACP1).

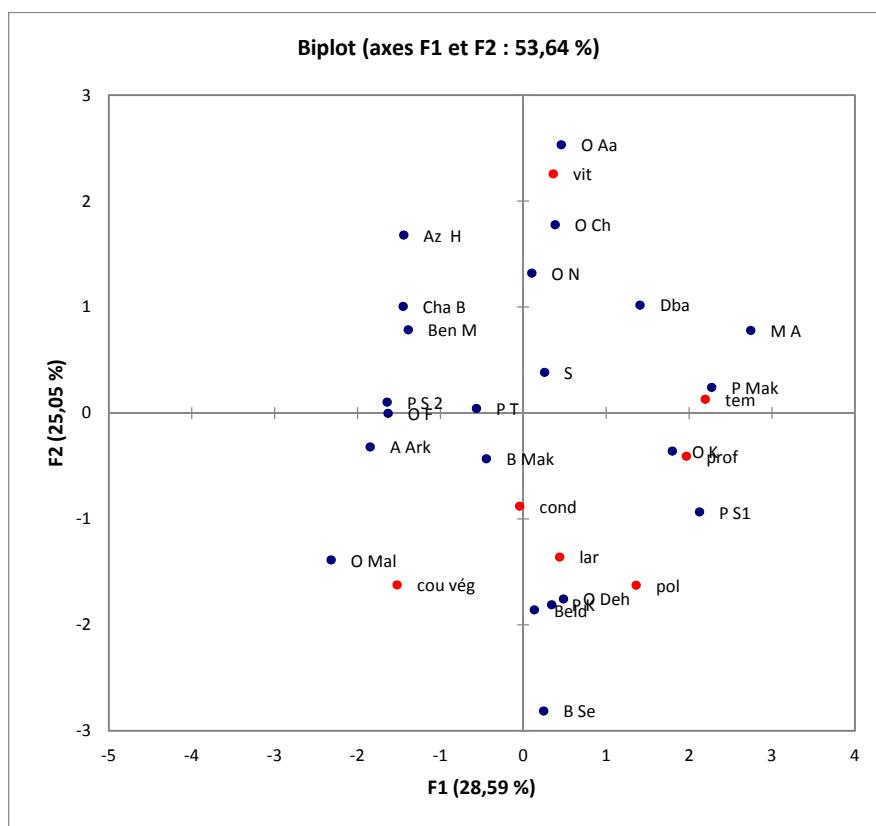
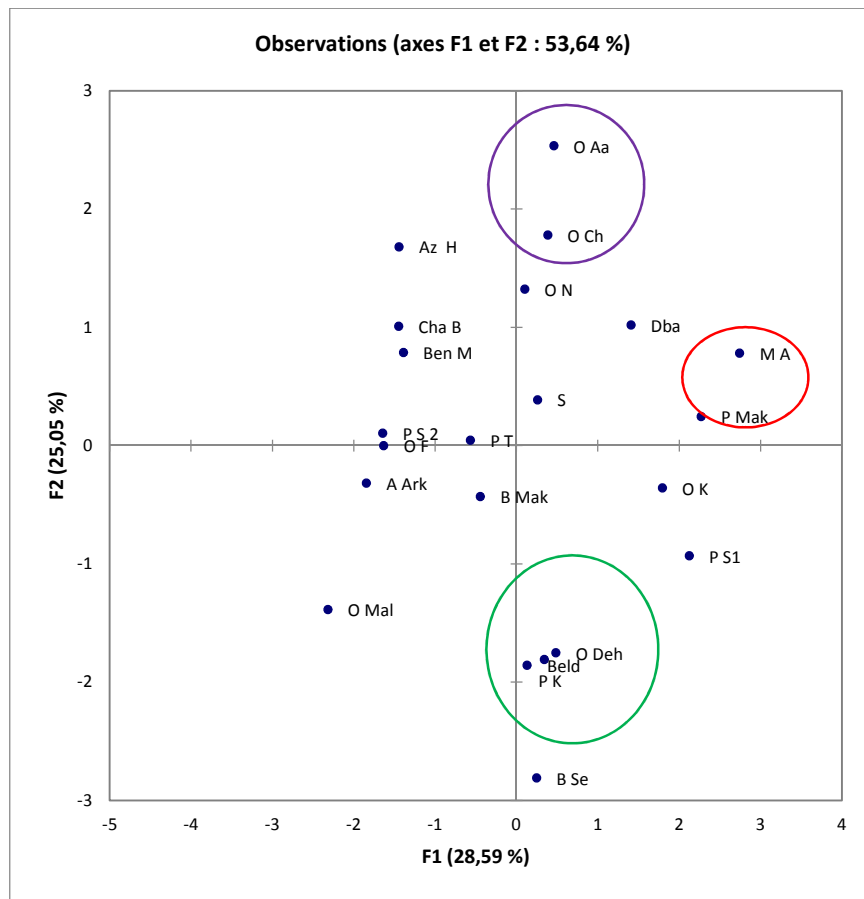


Figure 80. Analyse en Composantes Principales des assemblages des Hémiptères d'Oued Cheref (ACP1).

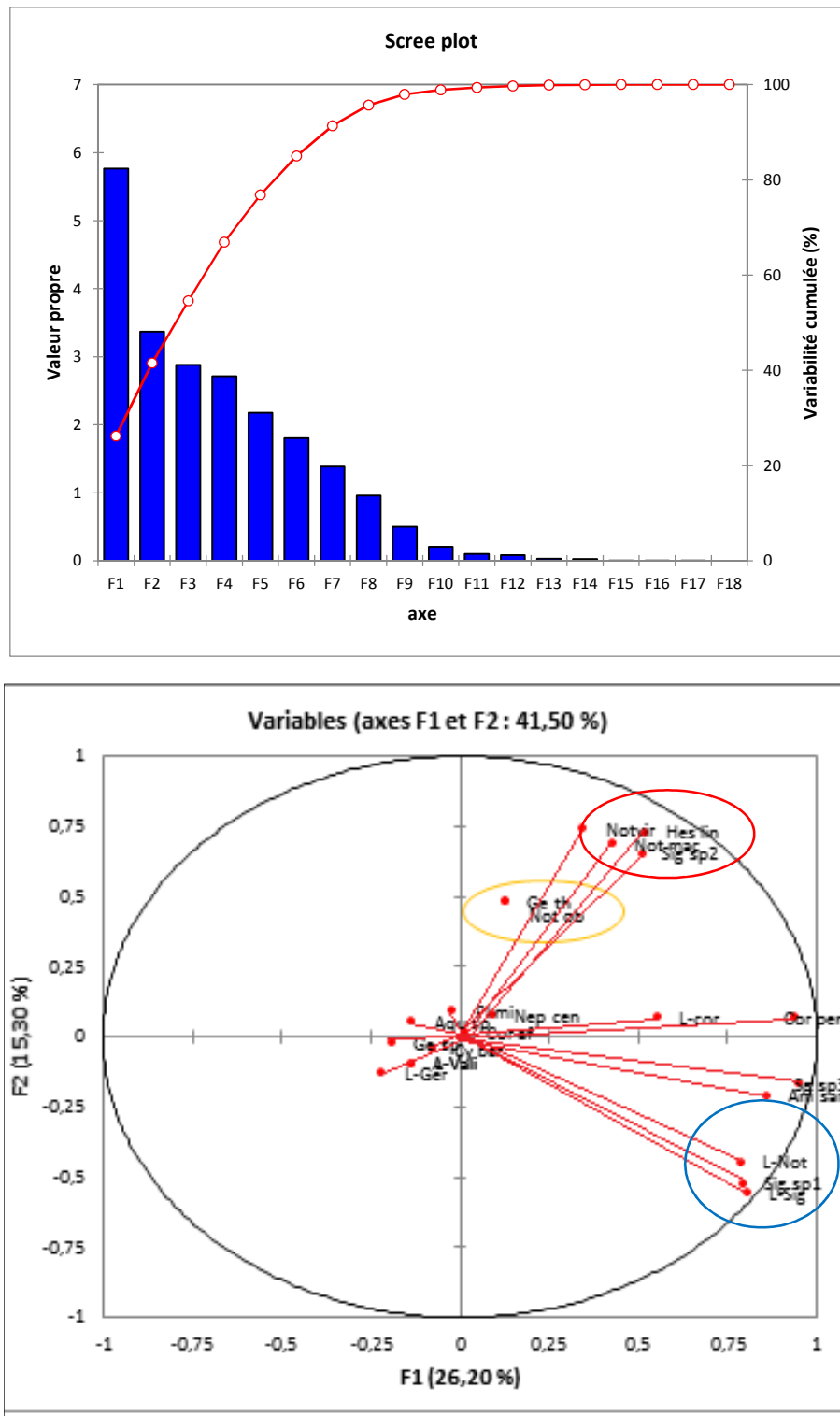


Figure 81. Analyse en Composantes Principales des assemblages des Hémiptères d'Oued Cherf (ACP2).

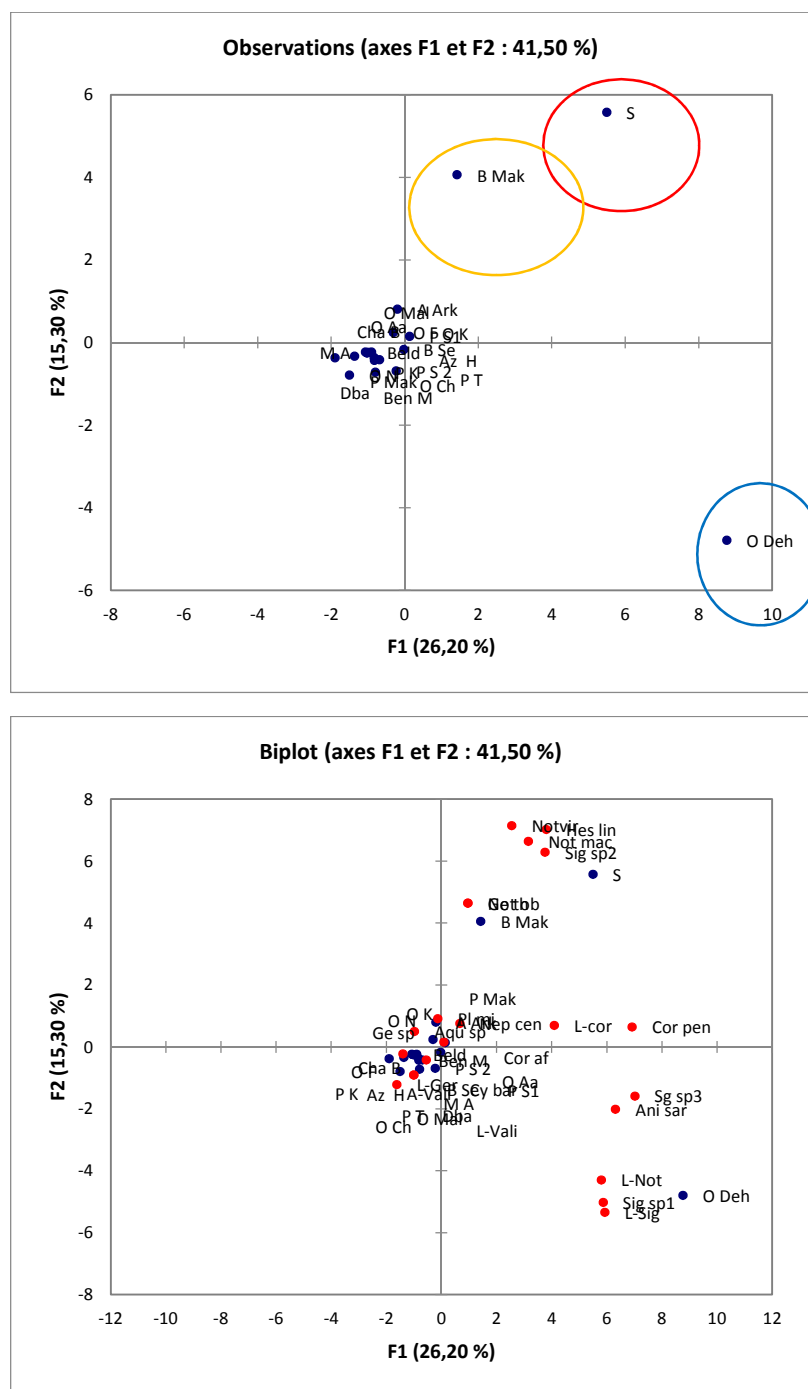


Figure 81. Analyse en Composantes Principales des assemblages des Hémiptères d'Oued Cherf (ACP2) **L-Not** : Larve Notonectidae, **L-cor** : Larve corixidae, **L-Sig** : Larve Sigara, **L-Ger** : Larve Gerris, **L-Veli** : Larve Veliidae, **Pl mi** : *Plea minutissima*, **A-Veli** : Adulte Veliidae, **Sig sp1** : *Sigara sp1*, **Sig sp2** : *Sigara sp2*, **Sig sp3** : *Sigara sp3*, **Cy bar** : *Cymatia baranus*, **Ge sp** : *Gerris sp*, **Nep cen** : *Nepa cenerea*, **Ani sar** : *Anisops sardea*, **Cor pon** : *Corixa ponzeri*, **Cor af** : *Corixa affinis*, **Hes lin** : *Hesperocorixa linnaie*, **Not ob** : *Notonecta obliqua*, **Not mac** : *Notonecta maculata*, **Notvir** : *Notonecta viridis*, **Aqu sp** : *Aquarius sp*, **Ge th** : *Gerris thoracicus*).

Chapitre 4 : Discussion

IV. Discussion

L'objectif de cette étude est de réaliser un bilan de la faune d'Oued Cheref. Cette étude nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 9531 individus.

Les organismes aquatiques qui peuplent ce Oued manifestent des préférences et des exigences vis-à-vis des différents facteurs biotiques et abiotiques : lorsqu'un changement survient dans un milieu, on constate des perturbations des communautés qui le peuplent (Ferguani et Arab, 2013 ; Sellam *et al.*, 2016).

Parmi ces organismes, les Odonates sont fréquemment utilisés dans le programme de surveillance de l'habitat et de la conservation de leur biodiversité, car ils sont considérés comme étant l'indicateur global de l'habitat. Ce groupe est très sensible à l'altération de l'habitat et sa survie dépend de la richesse de la vie aquatique (Goffart et Dufrêne, 1993 ; Benazzouz *et al.*, 2009).

Les Odonates algériens sont indirectement menacés par la perte ou la perturbation excessive de leurs habitats en raison de l'urbanisation croissante (séchage, remplissage, construction), mais aussi par l'utilisation et la transformation de nombreux cours d'eau exploités pour l'irrigation des cultures (Benchalel *et al.*, 2017).

La pollution organique (bétail) ou chimique (pesticides, insecticides) sont, comme le reste de la faune, des facteurs importants de l'érosion de la diversité des organismes les plus sensibles (Lee Foote, 2005).

Certaines espèces ont un stade larvaire qui dure plus d'un an alors que d'autres terminent plus d'une génération par an (Corbet *et al.*, 2006). Ainsi, une faune d'odonates diversifiée permettant aux espèces semi-ou partivoltines de terminer leur cycle de vie, constitue une preuve des conditions biotiques et abiotiques bonnes et stables d'un écosystème aquatique tout au long de l'année (Koorba *et al.*, 2018).

Cette étude indique que si la période de vol s'est étendue entre avril et octobre pour la majorité des espèces répertoriées, l'abondance temporelle et la richesse en espèces étaient les plus élevées en juin. On a vu *Chalcolestes viridis* voler en

novembre, en accord étroit avec la période de vol connue de la plupart des Odonates de la Méditerranée (Ferrerias-Romero et Corbet, 1995; Samraoui et Corbet, 2000b).

Les résultats révèlent que les sites permanents S10, S22, S9 et S1 sont les localités les plus riches, hébergeant les populations les plus abondantes. Cependant, les analyses statistiques ne pouvaient suggérer qu'une faible association entre l'hydropériode et la structure de la communauté d'Odonates.

Une association plus forte a été trouvée entre les assemblages d'Odonates et l'état de pollution des habitats. La pollution en tant que facteur de stress anthropique peut favoriser la richesse en espèces à des niveaux intermédiaires (Connell, 1978; Wilkinson, 1999). Ce phénomène d'effet de perturbation quadratique a déjà été démontré dans d'autres Oueds algériens (Bouchelouche *et al.*, 2015; Hafiane *et al.*, 2016). Les sites dégradés sont souvent colonisés par des espèces thermophiles opportunistes (Hafiane *et al.*, 2016).

Nos résultats ont indiqué une congruence entre *Platycnemis subdilatata* et *Ischnura graellsii* et des sites pollués. Certains Odonates, comme *Ischnura spp*, sont réputés pour leur capacité de résister à la pollution (Solimini *et al.*, 1997; Ferrerias-Romero *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2014; Yalles-Satha et Samraoui, 2017).

Bien que les variables abiotiques (pollution, température de l'eau, substrat, débit de l'eau, altitude, hydropériode et couvert végétal) aient tendance à expliquer une grande proportion (70,4%) de la variation de la composition des espèces, des interactions biotiques (prédation, compétition et parasitisme) et des facteurs abiotiques non mesurés peuvent également jouer un rôle important dans la structure de la communauté, en particulier, le partage des ressources (Schoener, 1974; Levins, 1979) et la prédation (McPeck et Brown, 2000) pourraient également influencer sur les assemblages d'Odonates.

Calopteryx spp.

Bien que *Calopteryx haemorrhoidalis* et *C. exul* présentent d'importants chevauchements écologiques et temporels, il existe une séparation spatiale marquée, ce

dernier étant absent des parties inférieures d'Oued Seybouse (niveau de la mer jusqu'à environ 200 m). Cependant, cette ségrégation altitudinale peut ne pas être cruciale pour l'isolement prezygotique comme dans le domaine de la sympatrie.

La pigmentation des ailes et du corps chez *Calopterygidae* peut jouer un rôle majeur en tant que signaux sexuels et ainsi servir de mécanisme potentiel d'isolement de la reproduction (Waage, 1975 ; 1979; Battin, 1993; Cordoba-Aguilar et Cordero-Rivera, 2005; Mullen et Andrés, 2007).

Lestidae

Alors que *Calcolestes viridis* se reproduit à la fois dans les habitats lotiques et lenticques, les autres lestidés (*Sympecma fusca*, *Lestes barbarus*, *L. numidicus* et *L. virens*) sont confinés aux eaux stagnantes.

Coenagrionidae

En raison du peu d'informations disponibles actuellement sur les exigences de l'habitat et les interactions entre espèces, la connaissance des facteurs à l'origine de la dynamique des populations de Coenagrionidae paléarctiques est bien inférieure à celle de leurs homologues néarctique (McPeck et Brown, 2000; Gibbons *et al.*, 2002).

Le genre *Ischnura*, qui a attiré de nombreuses études ayant des implications pour la conservation, constitue une exception notable (Fox et Cham, 1994; Borisov, 2006).

Il est important de noter que l'isolement de la reproduction chez Coenagrionidae sympatrique est souvent obtenu par la différenciation des structures génitales (Wellenreuther et Sanchez-Guillen, 2015). Cette divergence phénotypique peut permettre des différences écologiques négligeables entre des espèces sympatriques étroitement apparentées (Via, 2001).

Gomphidae

Alors que la distribution des trois espèces de Gomphidae (*Gomphus lucasii*, *Onychogomphus costae* et *O. forcipatus*) de Oued Seybouse est maintenant

relativement bien connue (Hamzaoui *et al*, 2015), une quatrième espèce, *O. uncatus*, a également été enregistrée comme larve dans cette eau (BS, non publié). Fait intéressant, deux autres Gomphidés algériens, *Paragomphus genei* et *Lindenia tetraphylla*, n'ont jamais été répertoriés dans le bassin versant de la Seybouse (Samraoui et Menai, 1999; Hamzaoui *et al*, 2015).

Gomphus lucasii est phénologiquement isolé des trois autres Gomphidés par son apparition précoce (avril-début mai) et par sa courte période de fuite (avril-juin). On sait que les espèces sténotopiques présentent une spécialisation dans une niche temporelle (Crowley et Johnson, 1982; Sternberg, 1994). L'espèce est présente sur un large gradient altitudinal et peut être abondante. En revanche, *O. uncatus* est dominante dans les cours d'eaux forestiers de haute altitude (Samraoui et Alfarhan, 2015) bien qu'elle puisse être présente au niveau de la mer.

Il a déjà été montré que *O. forcipatus*, occupant une position plus centrale, occupait un éventail plus restreint d'habitats constitué d'une largeur et d'un écoulement plus rapides que ceux *O. forcipatus* qui présentent également une large gamme d'altitudes (Hamzaoui *et al.*, 2015).

Orthetrum spp.

Lorsque les espèces lenticques (*Lestes barbarus*, *Lestes numidicus*, *Lestes virens*, *Sympetma fusca*, *Aeshna mixta* et *Diplacodes lefevrii*) ne sont pas prises en compte, *Orthetrum chrysostigma* se démarque comme la seule espèce manquante en ce qui concerne une précédente étude partielle sur Oued Cheref (Khelifa *et al.*, 2011).

La syntopie chez les espèces d'*Orthetrum* congénères en Afrique du Nord est réalisée par plus d'un mécanisme, par exemple, l'utilisation d'un habitat distinct et elle semble impliquer des déplacements spatiaux (à différentes échelles), temporels et de caractères.

Orthetrum cancellatum, principalement une espèce lenticque, peut également être trouvée dans les parties à faible débit d'un cours d'eau où il peut coexister avec *Orthetrum nitidinerve*. Cependant, les deux espèces présenteraient des ségrégations de comportement et de microhabitats caractéristiques. *Orthetrum cancellatum* afficherait

typiquement une posture de percher (Corbet et May, 2008) sur les héliophytes dans l'oued, tandis que *Orthetrum nitidinode* patrouillerait les rives, souvent à l'état de sol nu.

Différents mécanismes de partitionnement de niche semblent être impliqués pour les trois autres espèces. *Orthetrum coerulescens* se distingue des autres espèces d'*Orthetrum* en affichant une nette préférence pour les perchoirs dans une végétation dense le long des zones riveraines (Parr., 1983; Dijkstra et Lewington., 2006; Bouchelouche *et al.*, 2015) minimisant ainsi le chevauchement de la niche spatiale avec *Orthetrum nitidinode*, s'installe très bas sur le sol dans des zones dépourvues de végétation. De même, les mâles résidents d'*Orthetrum Chrysostigma* peuvent occuper le long des ruisseaux perches (Miller, 1983), généralement avec une végétation clairsemée. L'espèce se reproduit également dans des mares résiduelles le long des oueds.

Orthetrum chrysostigma, connue pour être une espèce généraliste dotée de grandes capacités de dispersion (Suhling *et al.*, 2006), est l'espèce la plus répandue en Algérie, elle est observée des côtes méditerranéennes jusqu'au Sahara central (Samraoui et Menai, 1999). Pourtant, un zonage altitudinal semble séparer *Orthetrum chrysostigma*, commun aux basses altitudes, d'*Orthetrum nitidinode* qui domine en amont. L'absence de cette dernière dans notre étude peut s'expliquer en partie par le déplacement spatial d'*Orthetrum nitidinode*. Là encore, ce schéma et celui de la répartition géographique de *Orthetrum brunneum* qui pourraient être interprétés comme un «damier» selon la métaphore de Diamond (1975). La dominance peut être obtenue par la taille du corps, car *Orthetrum nitidinode* a un abdomen et une envergure plus larges que ceux d'*Orthetrum chrysostigma*.

En outre, *Orthetrum chrysostigma* présente une période de vol prolongée (avril-novembre) par rapport à la courte période de vol d'*Orthetrum nitidinode* (juin-août) (Samraoui et Corbet, 2000b). Cette spécialisation temporelle de niche peut indiquer la différence entre les habitats (Sternberg, 1994) et est corroborée par des études antérieures (Buchwald, 1989; Heymer, 1989; Wildermuth, 2008; Khelifa *et al.*, 2013).

Les habitats de *Orthetrum chrysostigma* précédemment occupés par *Orthetrum nitidinerve*, la période de vol de cette dernière espèce étant terminée. Une utilisation saisonnière similaire du même microhabitat a été observée chez les larves d'Odonates (Benke et Benke, 1975).

Il convient de noter la découverte de deux nouvelles localités pour *Calopteryx exul*, une espèce endémique au Maghrébin. L'espèce serait localement abondante dans l'une de ces deux localités. Au cours des trois dernières décennies et malgré les efforts considérables déployés en Algérie, *Calopteryx exul* n'a jamais été retrouvé en dehors de oued Seybouse et de ses affluents, qui peuvent être considérés comme un point chaud pour la biodiversité en eau douce.

Oued Cheref est également un sanctuaire pour un autre endémique vulnérable du Maghreb, *Gomphus lucasii*, et le *Coenagrion mercuriale*, une espèce en voie de disparition. Si des efforts considérables ont été consacrés au cours des dernières décennies à la protection des habitats d'eau douce, ceux-ci se sont principalement concentrés sur les habitats lenticules tels que les lacs d'eau douce, les lacs salés et leurs étangs et leurs vertébrés, principalement les oiseaux et leurs communautés (Samraoui et Samraoui, 2008).

L'analyse de la faune des Chironomidés de Seybouse pour la période allant de Août 2008 à Février 2011, a indiqué que les espèces répondent à la fois aux facteurs naturels et anthropiques. Été chaud et sec influence profondément la composition de la faune et seulement quelques espèces tolérantes à la chaleur comme *Tanytus punctipennis* et *Cricotopus (Isocladius) sylvestris* sont capables de tolérer ces conditions extrêmes.

L'absorption d'eau et la pollution aggravent la situation en rendant la permanence de nombreuses espèces de chironomes critique. Heureusement, les meilleures conditions observées en hiver et au printemps permettent la présence d'une faune plus diversifiée, et dans ces zones encore peu étudiées, certains taxons non décrits attendent toujours d'être décrits.

Dans la présente étude, une larve peu commune appartenant à un genre *Genus sp. near Tribelos* a été enregistrée, confirmant l'intérêt de cette région d'un point de vue taxonomique et écologique.

Dans le bassin de Oued Seybouse, un gradient amont-aval liée à la vitesse du courant et la conductivité est apparu être le principal facteur déterminant la composition des espèces de chironomidae. Il a été estimé par l'analyse de co-inertie (CoIA) comme un premier axe. Le gradient de la granulométrie est corrélé au deuxième axe de l'analyse de co-enrtie (CoIA). Un gradient amont-aval est lié au premier axe de l'analyse de co-enrtie (CoIA) également dans le Kebir-East (Chaib *et al.*, 2011). Cependant, la température de l'eau est plus en corrélation avec le deuxième axe de l'analyse de co-enertie (CoIA) à Kebir-Est. Dans le bassin de la Seybouse, la température ne représente pas une source importante de variation, et la distance source n'est pas liée à la granulométrie, comme cela a été le cas pour les sites de Kebir-East. À Seybouse, il y a certaines stations en amont avec des sédiments fins prédominants et certaines stations en aval avec une grande taille de sédiment.

La variable la plus corrélée avec la distance source est la vitesse du cours eaux de la Seybouse ($r = -0,445$, avec 163 df, $P < 0,001$): la vitesse du courant diminue en aval, tandis que la température n'est pas corrélé ($r = 0,017$, avec 163 df, $p = 0,60$) avec la distance source (onglet supplémentaire 3).

Les résultats des valeurs indicateurs (IndVal) sont en accord étroit avec l'analyse de co-enrtie (CoIA). Les résultats actuels de l'analyse statistique doivent être examinés de manière critique par rapport aux résultats trouvés dans d'autres bassins fluviaux. Par exemple, *Polypedilum nubifer* est considéré ici comme étant un indicateur de l'amont des sites caractérisés par un substrat fin et un écoulement turbulent. Par contre, d'autres études trouvent que c'est une espèce envahissante et peut être rencontrée dans des habitats très différents (Pinder et Reiss, 1983; Jacobsen et Perry, 2007).

L'interaction de différents facteurs peut expliquer certains résultats apparemment anormaux donnés par les valeurs indicateurs (IndVal) : par exemple, l'espèce *Tanytus punctipennis* s'est avérée être un indicateur de la vitesse du courant élevée, en contradiction avec la commune connaissance sur cette espèce qui est considérée tolérante thermique, préférant les sédiments fins, associée aux faibles vitesses du courant (Pillot, 2009). Les résultats peuvent être expliqués si on constate que *Tanytus punctipennis* est abondante dans les sites en amont riches en limon, de sorte que la relation avec la vitesse actuelle est indirecte.

Les résultats de l'analyse des valeurs de l'indicateur (Indval) ont montré que les espèces *Robackia sp* représentent un taxon indicateur de la présence de substrats sableux (Pillot, 2009). En ce qui concerne la réponse à la pollution, *Tanypus punctipennis*, *Polypedilum nubifer*, *Chironomus sp.1* et *Cricotopus (Isocladius, sylvestris)* sont abondantes dans les stations polluées de Oued Seybouse. Ces espèces sont connues comme tolérantes (Hare et Shooner, 1995), ou des espèces envahissantes (Jacobsen et Perry, 2007).

Selon nos résultats, l'espèce *Procladius choreus* a été observée dans des stations non polluées, alors qu'elle est considérée par d'autres auteurs comme étant un indicateur des lacs pollués (Arslan *et al*, 2010) ou omniprésents (Vallenduuk et Pillot, 2007).

Une comparaison de l'oued Seybouse avec le récent Kebir-East étudié souligne certaines similitudes et certaines différences dans la composition des espèces et les réponses aux facteurs abiotiques. Dans les deux rivières, le gradient courant amont-aval est dominant, mais les facteurs morphologiques (granulométrie) prévalent à Seybouse, tandis que les facteurs saisonniers (température de l'eau) ont plus d'influence dans le Kebir- Est. 16 espèces sont communes entre les deux zones, tandis que 29 espèces sont exclusives à l'oued Seybouse et 21 à l'oued Kebir, mais il y a un accord partiel dans la distribution des espèces le long d'un gradient longitudinal entre les deux systèmes fluviaux.

Orthocladius (Euorthocladius) sp. est présente dans les deux oueds dans les sites amont et *Polypedilum (Tripodura) scalaenum* dans les sites aval, mais des différences ont été observées dans la réponse d'autres espèces. *Corynoneura scutellata*, par exemple, prévalait dans les stations en aval de la Kebir-East, alors qu'elle était un indicateur de la portée en amont dans l'oued Seybouse. L'espèce a été capturée dans différents habitats en Europe, mais elle est connue pour être relativement sténotherme froid, abondante à haute altitude, lacs alpins (Marziali *et al.*, 2009).

L'étude de Oued Cheref durant la période de juillet 2014 à juin 2017, présente une collection de 8327 larves et 53 étuis des Simuliidés dans 22 stations. Les larves représentent 99% et les étuis seulement 1%.

Les Simuliidés sont également bien présentés. Ils sont abondants et récoltés dans les 22 stations et ne semblent pas non plus présenter des exigences écologiques, tout

comme les Chironomidés, ce qui est conforme avec Verneaux (1976). La prédominance de ces deux taxons s'explique par le fait qu'ils soient broyeur de débris végétaux et de macrophytes et microphytes, substrat, qu'on trouve en abondance sur ce cours d'eau.

Nous avons dénombré au total 21 taxons d'Hétéroptères aquatiques avec une abondance totale de 667 individus pendant 3 cycles de prélèvements de 22 stations allant de juillet 2014 à juin 2017.

Conclusion

L'objectif de cette étude nous mène à comprendre la distribution et l'abondance de la faune et la flore aquatiques de Oued Cheref et ces affluents, d'identifier également les facteurs importants qui régissent la structure et le fonctionnement de ces milieux, et de réaliser un bilan de la faune de Oued Cheref. Cette recherche nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 9531 individus.

Les résultats de la présente étude concernant les Odonates de Oued Cheref a permis de recenser au cours de 3 cycles allant de juillet 2014 à juin 2017, un total de 537 individus (326 mâles et 211 femelles) réparti en 7 familles, 13 genres et 21 espèces. Les Zygoptères sont les mieux représentés avec 90% comptant 4 familles et 7 genres.

Il convient de noter la découverte de deux nouvelles localités pour *Calopteryx exul*, une espèce endémique au Maghréb. L'espèce serait localement abondante dans l'une de ces deux localités. Au cours des trois dernières décennies et malgré les efforts considérables déployés en Algérie, *Calopteryx exul* n'a jamais été observée en dehors de Oued Seybouse et de ses affluents, ces derniers peuvent être considérés comme un point chaud pour la biodiversité en eau douce. Oued Cheref est également un sanctuaire pour deux autres endémiques vulnérables du Maghreb, *Gomphus lucasii*, et *Coenagrion mercuriale*, une espèce en voie de disparition.

Des efforts considérables ont été consacrés au cours des dernières décennies à la protection des habitats d'eau douce, mais se sont principalement concentrés sur les habitats lenticules tels que les lacs d'eau douce, les lacs salés et leurs étangs et leurs vertébrés, principalement les oiseaux et leurs communautés (Samraoui et Samraoui, 2008).

Un indice de la négligence et du triste état des habitats d'eau douce en Afrique du Nord est la proportion d'espèces menacées dans la région qui est supérieure (24,4%) aux 10% évalués dans le monde (Clausnitzer *et al.*, 2009; Samraoui *et al.*, 2010).

Concernant les Chironomidés, au total, quarante-cinq 45 espèces ont été récoltés pour la période allant de Août 2008 à Février 2011 dans l'ensemble des 26 stations de Oued Seybouse.

Les résultats confirment que l'analyse des assemblages des espèces de Chironomidés est un outil précieux pour découvrir la réponse des communautés de macroinvertébrés benthiques aux facteurs anthropiques dans les eaux courantes.

Au cours de ce travail, nous avons dénombré au total **21** espèces d'Hémiptères-Hétéroptères aquatiques pendant 3 cycles de prélèvements (Juillet 2014 à juin 2017) à Oued Cheref avec une abondance de 667 individus, 16 taxons Népomorphes et 6 taxons Gerromorphes avec 6 familles.

Cette étude montre souvent le groupe de Simuliidés qui domine en effectif des invertébrés avec une abondance de 8327 larves et 53 étuis.

Malheureusement, ni les oueds ni les invertébrés ne figurent en bonne place dans la stratégie de conservation en l'Algérie et, à moins que des mesures urgentes ne soient prises pour atténuer le rythme actuel de dégradation de l'habitat et de perte de biodiversité des cours d'eau en Afrique du Nord. Les pressions anthropiques en cours perturberont le fonctionnement d'écosystèmes lotiques à conséquences néfastes pour les moyens de subsistance de l'homme dans une région déjà soumise à un stress hydrique (Droogers *et al.*, 2012; Islam et Susskind, 2015).

Il y a des régions du monde où la demande en eau est critique et ce défi est sérieusement aggravé par le changement climatique. Il est donc urgent d'approfondir nos connaissances sur ces zones. La région Nord –Est Algérie doit être certainement qualifiée de région de grand intérêt et les résultats de nouveaux taxons, inconnus de la science, confirment le manque persistant de connaissance de ces zones.

En effet, ces résultats ne pourraient que servir de références bibliographiques à des travaux ultérieures. Nous espérons à travers cette étude ouvrir de nouveaux horizons à l'étude écologique des Oueds en Algérie afin de maintenir et de transmettre notre biodiversité aux futures générations.

Enfin, cette étude mérite d'être poussée plus loin, dans le but de la biosurveillance de la santé des écosystèmes comme les Oueds et le maintien de la biodiversité qui joue un rôle capital dans l'équilibre écologique.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- A. B. H. 1999. «Agence des Bassins Hydrographiques-Constantinois – Seybouse – Mellegue». *Cahiers de l'Agence (Ministère de l'Aménagement du Territoire)*.

- Adler, P. H. M. Cherairia, S. F. Arigue, B. Samraoui, et B. Belqat. 2015. « Cryptic Biodiversity in the Cytogenome of Bird-Biting Blackflies in North Africa ». *Medical and Veterinary Entomology* 29(3):276-89.

- Al-Obaid, S. B. Samraoui, J. Thomas, H. A. El-Serehy, A. H. Alfarhan, Wolfgang Schneider, et Mark O'Connell. 2017. « An Overview of Wetlands of Saudi Arabia: Values, Threats, and Perspectives ». *Ambio* 46(1):98-108.

- Golam, A. M. Arzu Miah, Hossain M. Anawar, Didarul A. Chowdhury, et Jasim U. Ahmad. 2012. « Influence of Multi-Industrial Activities on Trace Metal Contamination: An Approach towards Surface Water Body in the Vicinity of Dhaka Export Processing Zone (DEPZ) ». *Environmental Monitoring and Assessment* 184(7):4181-90.

- Angelier, E. 2000. « Ecologie des eaux courantes ». *Technique et documentation*. Paris.

- Annani, F. A. H. Alfarhan et B. Samraoui. 2012. «Aquatic Hemiptera of Northeastern Algeria distribution, phenology and conservation». *Revue Ecology Terre et Vie*, 67: 1-13

- Naime, A. Ayik, O. et Sahin, Y. 2010. « Diversity and structure of Chironomidae (Diptera) limnofauna of lake Uluabat, a Ramsar site of Turkey, and their relation to environmental variables ». *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10(3):315-322

- Auber, L. 1999. «Atlas des coléoptères de France». *Boubée*, Paris.

- Ayral, H. 1966. «Collection d'enseignement Agricole .Zoologie Agricole». Volume 2

,. *Bailliere et fils*. Paris.

- Bagnouls, F. et H. Gaussen, . 1957. Les climats biologiques et leurs classifications. *Analyses Géographique France* 355: 193-220
- Barbour, M T. et J. Gerritsen. 1996. « Subsampling of Benthic Samples: A Defense of the Fixed-Count Method ». *Journal of the North American Benthological Society* 15(3):386-91.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B. D. Snyder et J. B. Stribling. 1999. «Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, 2edéd. U.S. Environmental Protection Agency», . *Office of Water, Washington* 2(2):841--99.
- Barnard, P. et Thuiller, W. 2008. « Introduction. Global change and biodiversity: future challenges ». *Biology Letters* 4(5):553-55.
- Battin, T J. 1993. « The Odonate Mating System, Communication, and Sexual Selection: A Review ». *Bolletino Di Zoologia* 60(4):353-60.
- Beaumont, A. et Cassier, P. 1983. Biologie animale, des protozoaires aux métazoaires épithélienneurs. Tome 2. *Dunod Université*.
- Bebbia, N. M. El Alami, S. F. Arigue, et A. Arab. 2015. « Etude mésologique et Biotypologique du peuplement des Ephemeropteres de l'oued Abdi (Algerie) [Mesological and biotypological study of Mayflies populating in Abdi wadi (Algeria)] ». 14.
- Belabed, B-E. A. Meddour, B. Samraoui et H. Chenchouni. 2017. « Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa ». *Environmental monitoring and assessment* 189(6):265.
- Benazzouz, B. Amezian, M. Bensusan, K. Perez, C et Cortes, J. 2009. « Assessment

- and conservation of the dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) at the marshes of Smir ». *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* 31(2):79–84.
- Benchalel, W. S. Merah, Z. Bouslama, M. Ramdani, H. Elmsellem, et Flower, R. 2017. « Odonata as indicators of environmental impacts in rivers, case of wadi El-Kébir-East (northeastern Algeria) ». *Moroccan Journal of Chemistry* 5(4):5–4.
 - Benigno, Gina M. et Ted R. Sommer. 2008. « Just add water: sources of chironomid drift in a large river floodplain ». *Hydrobiologia* 600(1):297–305.
 - Benke, Arthur C. et Susan S. Benke. 1975. « Comparative dynamics and life histories of coexisting dragonfly populations ». *Ecology* 56(2):302–317.
 - Ben Moussa, A. Chahlaoui, A. E H, Rour, et Chahboune, M. 2014. « Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc (Taxonomic diversity and structure of benthic macrofauna of surface water of Khoumane River. Moulay idriss Zerhoun, Morocco) ». *Journal of Materials and Environmental Science* 5 (1):183-198.
 - Benslimane, N. C. Khémisa, D. Haiahem, A. Guelmami, F. Samraoui, et B. Samraoui. 2019. « Anthropogenic stressors are driving a steep decline of hemipteran diversity in dune ponds in north-eastern Algeria ». *Journal of insect conservation* 23(3):475–488.
 - Blot, J. 1993. «Le monde animal». *l'édition de l'école*. Paris.
 - Borisov, S. N. 2006. « Ecological niches of species of the genus *Ischnura* (Odonata, Coenagrionidae) in oases of the Pamir-Alai Mountains ». *Entomological Review* 86(6):623–631.
 - Bouchelouche, D, Kherbouche-Abrous, O. Mebarki, M. Arab, A et Samraoui, B. 2015. « The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution ». *Revue d'écologie (terre et vie)* 70(3) :248-260.

- Bouhala, Z. C. Chakri, J. Márquez-Rodríguez, M. Ferreras-Romero, F. Samraoui et B. Samraoui. 2019. «Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: implications for conservation». *International Journal of Odonatology* 17.
- Bouzidi, A. 1989. « Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc): bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements ». PhD Thesis, Aix-Marseille 3.
- Droogers, P. Immerzeel, W. W. Terink, W. Hoogeveen, J. Bierkens, M. F. P. van Beek, L. P. H., et Debele, B. 2012. « Water resources trends in Middle East and North Africa towards 2050». *Hydrology and Earth System Sciences*, 16:3101–3014.
- Buchwald, R. 1989. « Die Bedeutung der Vegetation für die Habitatbindung einiger Libellenarten der Quellmoore und Fließgewässer ». *Phytocoenologia* 307–448.
- Campos, F. Velasco, T. Sanz, G. Casanueva, P. Albuquerque, M.T.D. et Antunes, I.M.H.R. 2014. « *Ischnura graellsii* (Insecta: Odonata). A water pollution biovulnerability indicator – Probability mapping using spatial uncertainty». *River Research and Applications* 32: 483-489.
- Campos, F. T. Velasco, G. Sanz, P. Casanueva, M. T. D. Albuquerque, et IMHR Antunes. 2016. « *Ischnura Graellsii* (Insecta: Odonata) A water pollution biovulnerability indicator—probability mapping using spatial uncertainty ». *River Research and Applications* 32(3):483–489.
- Chaib, N. B. Samraoui, Marziali, L. et Rossaro, B. 2011. «Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria) ». *studi trentini di scienze naturali*. 88:61-75.
- Chaib, N. A. Fouzari, Z. Bouhala, B. Samraoui, et B. Rossaro. 2013. « Chironomid (Diptera, Chironomidae) species assemblages in northeastern Algerian hydrosystems ». *Journal of Entomological and Acarological Research* 72(2):203–214.

- Chaib, N. Z. Bouhala, A. Fouzari, L. Marziali, B. Samraoui, et B. Rossaro. 2013. « Environmental factors affecting the distribution of Chironomid larvae of the Seybouse wadi, Northeastern Algeria ». *Journal of Entomological and Acrological Research* 45: 2

- Chapman, D. 1992. « Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota ». *Sediments and Water in Environmental Monitoring*.

- Cherairia, M. P. H. Adler, et B. Samraoui. 2014. « Biodiversity and bionomics of the black flies (Diptera: Simuliidae) of northeastern Algeria ». *Zootaxa* 3796(1):166–174.

- Coffman W.P. et Ferringtonjr, L.C. 1984. «Chironomidae. In: Merritt.W., cummins K.W., eds., An introduction to the aquatic insects of North America». 2nd ed. *Kendall Hunt Publishing Co. Dubuque: 551-652*.

- Connell, J. H. 1978. « Diversity in tropical rain forests and coral reefs ». *Science* 199(4335):1302–1310.

- Corbet, P. S. 1999. *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press. Ithaca New York.

- Corbet, P. S. F. Suhling, et D. Soendgerath. 2006. « Voltinism of Odonata: a review ». *International Journal of Odonatology* 9(1):1–44.

- Corbet, P. S. et M. L. May. 2008. « Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal ». *International Journal of Odonatology* 11(2):155–171.

- Córdoba, A. Alejandro et A. Cordero-Rivera. 2005. « Evolution and ecology of Calopterygidae (Zygoptera: Odonata): status of knowledge and research perspectives ». *Neotropical Entomology* 34(6):861–879.

- Crosskey, R. W. 1994. « The Manitoban blackfly fauna with special reference to prospections made in 1983–1985 in central and southern Manitoba (Diptera: Simuliidae) ». *Journal of natural history* 28(1):87–107.
- Crowley, P. H. et Dan M. Johnson. 1982. « Habitat and seasonality as niche axes in an odonate community ». *Ecology* 63(4):1064–1077.
- Curtean-Banaduc, A. H. Olosutean, et D. Banaduc. 2016. « Influence of Environmental Variables on the Structure and Diversity of Ephemeropteran Communities: A Case Study of the Timis River, Romania ». *Acta zoologica bulgarica* 68(2):215–224.
- Dajoz, R. 1985. «Précis d'écologie». 5^{ème} édition. *Dunod*, Paris.
- Dajoz, R. 2006. «Précis d'écologie». *Dunod*, Paris.
- Dakki, M. 1979. «Recherche hydrographique du Bassin versant de l' Oued Regreg (Plateau central marocain)Essai de Biotypologie». Thèse Doctotat 3^{ème} cycle *Université Claud Benrd Lyon*.
- Débièche, H. 2002. «Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle». Doctoral thesis, *University of Franche-Comté*, France.
- Diamond, J. M. 1975. «Assembly of species communities. Ecology and evolution of communities». (Ed. by M.L. Cody and J.M. Diamond). *Belknap Press*. Cambridge, Massachusetts. 342-444
- Dijkstra, K–D et B Lewington, R. 2007. «Guide des libellules de France d'Europe». *Delachaux et Niestlé*. Paris.
- Dijkstra, Klaas-Douwe B. Michael T. Monaghan, et Steffen U. Pauls. 2014.

- « Freshwater biodiversity and aquatic insect diversification ». *Annual review of entomology* 59:143–163.
- Djabri, L. L. Ghorraib, A. Hani, G. Lamouroux, et I. Sharour. 2009. « Contamination des eaux souterraines par les métaux lourds d'une mine de fer abandonnée: Cas de la région de Bekkaria (Tébessa) ». *Revue Francophone d'Ecologie Industrielle* 50:31–35.
- Dommanget, J. L. 1989. « Utilisation des odonates dans le cadre de la gestion des zones humides ». *Utilisation des inventaires d'invertébrés pour l'identification et la surveillance d'espaces de grand intérêt faunistique. Inventaire de faune et de flore, secrétariat de la faune et de la flore* 53:93–110.
- Dommanget, J. L. et M. Mashaal. 2002. « Les libellules d'Outre-mer ». *Insectes* 125(2):8–10.
- Edegbene, A. O. F. O. Arimoro, K. H. Nwaka, G. O. Omovoh, et E. Ogidiaka. 2014. « Macrohabitat Preference and Spatio-temporal Variation of Macroinvertebrates in Atakpo River, Niger Delta, Nigeria ». *Journal of Global Biosciences* 3(4):735–743.
- Engelhardt, W. P. Jürging, J. Pfadenhauer, et K. Rehfeld. 1998. «De la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares: les plantes et les animaux des eaux de chez nous: introduction à la vie des eaux intérieures». *Vigot*.
- Fergani, H. et A. Arab. 2013. « Utilisation des macro-invertébrés benthiques comme bio indicateurs de pollution d'oued El Harrach ». in *USTHB-FBS-4th international Congress of the populations & Animal communities. «CIPCA4» TACHIT (Bechar)-ALGERIA*.
- Ferrarese, U. Rossaro, B. 1981. «Chironomidi, 1 (Diptera, Chironomidae: Generalità, Diamesinae, Prodiamesinae). 12. In: S. Ruffo (ed.), Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane». *Consiglio nazionale delle ricerche. Roma*.

- Ferrarese, U. 1983. « Chironomidi 3 (Diptera Chironomidae: Tanypodinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, 26 ». *Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/204, Verona*.
- Ferreras-Romero, M. et S. Philip, P. Corbet. 1995. « Seasonal patterns of emergence in Odonata of a permanent stream in southwestern Europe ». *Aquatic insects* 17(2):123–127.
- Ferreras-Romero, M. J. Márquez-Rodríguez, et A. Ruiz-García. 2009. « Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system ». *International Journal of Odonatology* 12(2):413–428.
- Findik, Ö. et Aras, S. 2016. «The Chironomid Limnofauna (Diptera, Chironomidae) a part of Kızılırmak River near Nevşehir (Turkey) ». *Acta Biologica Turcica* 29(3)99-103
- Fox, A. D. et S. A. Cham. 1994. « Status, habitat use and conservation of the scarce blue-tailed damselfly *Ischnura pumilio* (Charpentier)(Odonata: Coenagrionidae) in Britain and Ireland ». *Biological conservation* 68(2):115–122.
- Friedrich, G.D. Chapman, A. Beim. 1992. «The use of biological material. Water Quality Assesement, a guide to the use biota, sediments and water in enviromental monotoring», *Chapman & Hall*. Melbourne.
- Froutier, S. Pichod-Viale, D. 1991. «Écosystème, fonctionnement, évolution». *Masson. Paris*.
- IPCC. 2007. «Climate Change 2007: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change», ed. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. vander Linden, C.E. Hanson. Cambridge: *Cambridge University Press*.

- Islam, S. et Susskind, L. 2015. « Understanding the water crisis in Africa and the Middle East: How can science inform policy and practice? » *Bulletin of the Atomic Scientists* 71: 39–49.
- Gay, C. X. Bourrain, B. C. Galvin, et P. Compagnant. 2000. « Indice biologique global normalisé. ». *Guide technique. Agences de l'eau* 90-350.
- Ghachi, A. 1986. « Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie .Le bassin de la seyhouse». *Office des Publications Universitaires 1. place centrale de Ben Aknoun. Alger.* 508 p.
- Gibbons, Leah K. J. Michael Reed, et Frances S. Chew. 2002. « Habitat requirements and local persistence of three damselfly species (Odonata: Coenagrionidae) ». *Journal of Insect Conservation* 6(1):47–55.
- Goffart, P. et M. Dufrêne. 1993. « La surveillance de l'état de l'environnement Wallon par la méthode des bioindicateurs: résultats de quatre années de suivi des odonates ». *Gomphus* 9(3) :59–82.
- Grasse, P. Pière, R. Dounenc, D. 1998. «Zoologie d'invertébré». *Masson. Paris.*
- Gueddah, D. 2003. « Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région de Skikda : impact sur l'écosystème marin côtier ». *Mémoire de magister. Université d'Annaba* 115.
- Haffaressas, B. S. Djellab, F. Samraoui, A. Alfarhan, F. Gilbert, A. Ricarte, B. Samraoui. 2017. «Hoverflies of the Guelma district, with species new to Algeria and North Africa (Diptera: Syrphidae) ». *Annales de la société entomologique de France* 41(200).198-212
- Hafiane, M. D. Hamzaoui, F. Attou, D. Bouchelouche, A. Arab, A. H. Alfarhan, et B. Samraoui. 2016. « Anthropogenic impacts and their influence on the spatial distribution of the Odonata of wadi El Harrach (North-Central Algeria) ». *Revue*

d'écologie.

- Hamzaoui, D. M. Hafiane, M. Mebarki, A. Arab, A. H. Alfarhan, et B. Samraoui. 2015. « The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata) ». *International Journal of Odonatology* 18(3):175-91.
- Hare, L et F. Shooner. 1995. « Do aquatic insects avoid cadmium-contaminated sediments? » *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 14(6):1071-1077.
- Heidemann, H. Seidenbusch, R. 2002. «Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse) ». *Société française d'odonatologie*. France .416.
- Heymer, A. 1969. « Fortpflanzungsverhalten und Territorialität bei *Orthetrum coerulescens* (Fabr., 1798) und *O. brunneum* (Fonsc., 1837)(Odonata: Anisoptera) ». *Revue Comportment Animal* 3:1-24.
- Hourdry, J et A. Beaumont. 1985. «Les métamorphoses des amphibiens». *Masson*.
- Jacobsen, R. E. et Sue A. Perry. 2007. « *Polypedilum nubifer*, a chironomid midge (Diptera: Chironomidae) new to Florida that has nuisance potential ». *Florida Entomologist* 90(1):264-267.
- Jurd, D. R. 2000. « L'essentiel en biologie animal ». *Port royale livres*. Paris.
- Kalkman, Vincent J. V. Clausnitzer, Klaas-Douwe, B. Dijkstra, Albert G. Orr, Dennis R. Paulson, et J. van Tol. 2007. « Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater ». P. 351-363 in *Freshwater animal diversity assessment*. Springer.
- Kalyoncu, H et A. Salur. 2018. « Odonata fauna of Alara and Karpuz streams and their relations with physico-chemical variables ». *Fresenius environmental bulletin* 27(1):187-195.

- Khelifa, R. A. Youcefi, A. Kahlerras, A. H. Alfarhan, Klaled AS AL-Rasheid, et B. Samraoui. 2011. « L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb ». *Revue d'écologie*.
- Korbaa, M. M. Ferreras-Romero, A. Ruiz-García, et M. Boumaiza. 2018. « TSOI- a new index based on Odonata populations to assess the conservation relevance of watercourses in Tunisia ». *Odonatologica* 47(1/2):43–72.
- Lamarck, J. 2003. Article « les Mollusques » *nouveau dictionnaire d'histoire de la nature*.
- Langton, P. H. et H. Visser. 2003. «Chironomidae exuviae: a key to pupal exuviae of the West Palaearctic Region». *Expert Center for Taxonomic Identification, University of Amsterdam*.
- Leclercq, M. 1971. « Les mouches nuisibles aux animaux domestiques ». Un problème mondial, *Vander*. Bruxelles.
- Lee Foote, A. et Christine L. Rice Hornung. 2005. « Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands ». *Ecological Entomology* 30(3):273–283.
- Lencioni, V. L. Marziali, et B. Rossaro. 2012a. « Chironomids as bioindicators of environmental quality in mountain springs ». *Freshwater Science* 31(2):525-41.
- Levins, R. 1979. «Coexistence in a variable environment». *The American Naturalist* . 114: 765-783.
- Lounaci, A. 2014. «Diversité de la faune macro_invertébrésbentique d'Algerie». *4^{ème} Congrès Franco_Maghrebin de Zoologie & 5^{ème} Journées Franco_Tunisiennes de Zoologie Korba Tunisie 13_17 Novembre*.
- Maissait, J. Baehr, J.L. Pecaud, J.L. 2005. «Biologie animale : invertébrés». 2^{ème} Edition. *Dunod*.paris.

- Marziali, L. V. Lencioni, et B. Rossaro. 2010. « The chironomids (Diptera: Chironomidae) from 108 Italian Alpine springs ». *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* 30(9):1467–1470.
- Mathieu, R. 1995. Biologie campbell. *PERSON Québec*. Canada.
- MC Gavin, G, 2000. Insectes, Araignées et autres arthropodes terrestres. *Larousse bordas*. Paris. 120.
- McPeck, Mark A. et J. M. Brown. 2000. « Building a regional species pool: diversification of the Enallagma damselflies in eastern North America ». *Ecology* 81(4):904–920.
- Merritt, R. W. et Kenneth W. Cummins. 1996. «An introduction to the aquatic insects of North America». *Kendall Hunt*.
- Miller, P.L. 1983. «The duration of copulation correlates with other aspects of mating behaviour in *Orthetrum chrysostigma* (Burmeister) Anisoptera: Libellulidae) ». *Odonatologica* 12: 227-238.
- Moisan, J et E. Gagnon. 2006. «Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec: surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds». *Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs*.
- Moisan, J. et L. Pelletier. 2008. « Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec–Cours d'eau peu profonds à substrat grossier ». *Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs*.
- Moret, L. 1966. «Manuel de paléontologie animale». *Masson*.
- Morghad, F., F. Samraoui, L. Touati, et B. Samraoui. 2019. « The Times They Are a Changin': Impact of Land-Use Shift and Climate Warming on the Odonate Community of a Mediterranean Stream over a 25-Year Period ». *Vie Milieu* 9.

- Mouthon, J. 1982. « Les mollusques dulcicoles-Données biologiques et écologiques-Clés de détermination des principaux genres de Bivalves et de Gastéropodes de France ». *Bulletin Français de Pisciculture* 1–27.
- Mullen, S. P. et J. A. Andrés. 2007. « Rapid evolution of sexual signals in sympatric Calopteryx damselflies: reinforcement or ‘noisy-neighbour’ ecological character displacement? » *Journal of Evolutionary Biology* 20(4):1637–1648.
- Musy, A. et Higy C, 2004. Hydrologie : «une science de la nature». *Presses Polytechniques et Universitaires romandes*. Italie. 314.
- Odume, O. N. et W. J. Muller. 2011. « Diversity and structure of Chironomidae communities in relation to water quality differences in the Swartkops River ». *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 36(14-15):929–938.
- Ohlemüller, R. B. J. Anderson, Miguel B. Araújo, Stuart H. M. Butchart, Otakar Kudrna, Robert S. Ridgely, et Chris D. Thomas. 2008. « The Coincidence of Climatic and Species Rarity: High Risk to Small-Range Species from Climate Change ». *Biology Letters* 4(5):568-72.
- Ounissi, M et N. Bouchareb. 2013. « Nutrient distribution and fluxes from three Mediterranean coastal rivers (NE Algeria) under large damming ». *Comptes Rendus Geoscience* 345(2):81–92.
- Packer, S. E. Riservato, et C. Aggio. 2009. «The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin». IUCN The *International Union for Conservation of Nature*.
- Parr, M. J. 1983. « Some aspects of territoriality in *Orthetrum coerulescens* (Fabricius) (Anisoptera: Libellulidae) ». *Odonatologica* 12(3):239–257.
- Phillips, David JH. 1977. « The use of biological indicator organisms to monitor trace

- metal pollution in marine and estuarine environments—a review ». *Environmental Pollution* (1970) 13(4):281–317.
- Pillot, HKM. 2009. « Chironomidae Larvae, Vol. 2: Chironomini: Biology and Ecology of the Chironomini». *Brill*.
 - Pinder, LCV. Reissi, F. 1983. « The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region-Keys and diagnoses . Chironomidae of the Holarctic Region. Keys and Diagnoses, 1. Larvae» *Entomol. Scand. Suppl.* 19:149–294.
 - Ramade F. 1994. «Eléments d'écologie : écologie fondamentale». *Dunod*. Paris.
 - Ramade, F. 2003. «Eléments d'écologie: écologie fondamentale». *Dunod*. Paris.
 - Raílly Medeiros, C. L. Ubiratan Hepp, J. Patrício, et J. Molozzi, 2016. «Tropical Estuarine Macrobenthic Communities Are Structured by Turnover Rather than Nestedness». *journal.pone* 1371.
 - Riservato, E. J.P. Boudot, S. Ferreira, M. Jović, V.J. Kalkman, W. Schneider, B. Samraoui, A. Cuttelod. 2009. « The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin». *Gland : IUCN (International Union for Conservation of Nature)*.
 - Robier, J. 1996. «L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 8ème édition». *Dunod*. Paris.
 - Rossaro, B. 1982. « Chironomidi, 2 (Diptera, Chironomidae: Orthocladiinae). 16: In: S. Ruffo (ed.), Guide per il Riconoscimento delle specie animali delle Acque Interne Italiane». *Consiglio nazionale delle ricerche. Roma*.
 - Salur, A. H. Kalyoncu1. 2018. «Odonata fauna of Alara and Karpuz streams and their relations with physicochemical variables». *Fresenius Environmental Bulletin* 27(1): 187-195.

- Samraoui, B. et A. H. Alfarhan. 2015. « Odonata in streams on Mount Edough, Algeria, and in Kroumiria, Tunisia ». *African Entomology* 23(1):172–179.
- Samraoui, B., S. Benyacoub, S. Mecibah, et H. J. Dumont. 1993. « Afrotropical libellulids in the lake district of El Kala, NE Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur)(Anisoptera: Libellulidae) ». *Odonatologica* 22(3):365–372.
- Samraoui, B. et G. De Belair. 1998. « Les zones humides de la Numidie orientale: bilan des connaissances et perspectives de gestion ». *Synthèse* 4:1–90.
- Samraoui, B et P S. Corbet. 2000. « The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria part I status and distribution ». *International Journal of Odonatology* 3(1):11–25.
- Samraoui, B. et P S. Corbet. 2000c. « The Odonata of Numidia, northeastern Algeria Part II Seasonal ecology ». *International Journal of Odonatology* 3(1):27–39.
- Samraoui, B et R. Menai. 1999a. « A contribution to the study of Algerian Odonata ». *International Journal of Odonatology* 2(2):145–165.
- Samraoui, B. J.P. Boudot, S. Ferreira, E. Riservato, M. Jovic, V. J. Kalkman, W. Schneider. 2010. «The status and distribution of dragonflies». In N. Garcia, A. Cuttelod & D. Abdul Malak (Eds), *The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa* (pp. 51–70). Gland, Switzerland: IUCN.
- Samraoui, B. et F. Samraoui. 2013. « An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species ». *Wildfowl* 58(58):71–96.
- Samraoui, F, R. Nedjah, A. Bouchecker, A H. Alfarhan, et B. Samraoui. 2012. « Patterns of resource partitioning by nesting herons and ibis: How are odonata exploited? » *Comptes rendus biologiques* 335(4):310–317.

- Samways, M. J. et S. Taylor. 2004. « Impacts of invasive alien plants on Red-Listed South African dragonflies (Odonata): working for water ». *South African Journal of Science* 100(1):78–80.
- Satha, A. Yalles et B. Samraoui. s. d. « environmental factors influencing Odonata communities of three mediterranean rivers: Kebir-East, Seybouse, and Rhumel Wadis, Northeastern Algeria ». 17.
- Schoener, Thomas W. 1974. « Resource Partitioning in Ecological Communities ». *Science* 185(4145):27–39.
- Sellam, N. A. Viñolas, R. Zougaghe, et R. Moulai. 2017. « L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualite des eaux de quelques Oueds en Algérie ». *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* 47–56.
- Silva Fabio, L. S. Ruiz, G. L. Bochini, et D C. Moreira. 2008. « Functional feeding habits of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in a lotic system from Midwestern region of São Paulo State, Brazil ». *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 135–141.
- Solimini, A .G. Giuliano, A. Tarallo, et G Carchini. 1997. « Life History and Species Composition of the Damselfly Assemblage along the Urban Tract of a River in Central Italy ». 12.
- Suhling, F. G. Sahlén, A. Martens, E. Marais, et C. Schütte. 2006. « Dragonfly Assemblages in Arid Tropical Environments: A Case Study from Western Namibia ». *Biodiversity and Conservation* 15(1):311-32.
- Sternberg, K. 1994. «Niche specialization in dragonflies». *Advances in Odonatology* 6: 177-198.

Références bibliographiques

- Tachet, H. P. Rochoux, M. Bournaud, et P. Ussegloi. 2000. «Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie». *CNRS*, Paris.
- Tachet, H. P. Rochoux, M. Bournaud, et P. Ussegloi. 2006. « Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie». *CNRS 2^{ème} Edition*. Paris.
- Tooth, S. 2000. « Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research ». *Earth-Science Reviews* 51(1):67-107.
- Touchart, L. 2003. «Hydrologie mers, fleuves et lacs .Armand colin. Paris.
- Touzin, D. 2008. «Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec». *Université Laval*. Canada.
- Vallenduuk, H.J. H.K.M Pillot. 2009. «Chironomidae general ecology and Tanypodinae». *KNNV Publ. Zeist*. The Netherlands.
- Verneaux, J. F.M. 1976. « Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes». *Trav. Lab. Hydrobiol. Univ. Besançon et CTGREF* .Roneo.
- Via, S. 2001. « Sympatric Speciation in Animals: The Ugly Duckling Grows Up ». *Trends in Ecology & Evolution* 16(7):381-90.
- Waage, J K. 1975. « Reproductive Isolation and the Potential for Character Displacement in the Damselflies, *Calopteryx Maculata* and *C. Aequabilis* (Odonata: Calopterygidae) ». *Systematic Biology* 24(1):24-36.
- Wallace, J.B. J.R. Webster. 1996. «The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function». *Annual Review of Entomology*, 41: 115-139.

Références bibliographiques

- Wellenreuther, M. et RA. Sánchez-Guillén. 2016. « Nonadaptive Radiation in Damselflies ». *Evolutionary Applications* 9(1):103-18.
- Wiederholm, T. Ed. 1983. « Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1: Larvae ». *Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1: Larvae* (19).
- Wilkinson, D M. 1999. « The Disturbing History of Intermediate Disturbance ». *Oikos* 84(1):145-47.
- Yalles Satha, A. B. Samraoui. 2017. «Environmental factors influencing Odonata communities of three Mediterranean rivers: Kebir-East, Seybouse, And Rhumel Wadis, Northeastern Algeria ». *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 72 (3):314-329.
- Zouggaghe, F. L. Mouni et M. Tafer. 2014. « Qualite biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algerie) ». *LARHYSS Journal* (17) :1112-3680

Résumés

Résumé

Dans la perspective finale d'établir un état de référence de la région de Guelma, nous avons entrepris une recherche sur la faune d'Oued Cheref dont le premier bilan de ce cours d'eau est mis en évidence.

L'étude des macroinvertébrés a été menée sur 22 stations appartenant au cours principal ainsi qu'à ces affluents. Les prélèvements ont été effectués mensuellement sur une période allant de Juillet 2014 à juin 2017. Les résultats de cette étude ont permis de répertorier un total de 21 espèces d'Odonates, appartenant à 13 genres et 7 familles. Quarante-cinq 45 espèces des Chironomidés ont été récoltées pour la période allant de Août 2008 à Février 2011 dans 26 stations de Oued Seybouse.

Cette étude a révélé que les Chironomidés collectés sont constitués de 4 familles. Ce sont : les Orthocladiinae, les Chironominae, les Tanypodinae et les Prodiamesinae dont les Orthocladiinae sont dominants. Les résultats de cette étude montrent que les Simuliidés prédominent la classe des Insectes avec 8380 individus. Numériquement, ils sont suivis des Chironomidés constitués de 3264 individus. Au cours de ce travail, nous avons dénombré 16 espèces d'Hémiptères- Hétéroptères. Cette étude a révélé que la pollution contrôle la distribution spatiale des Odonates, des Chironomidés, des Simuliidés et des Hémiptères.

Mots clés : Les macroinvertébrés, Les Odonates, Les Chironomidés, Oued Seybouse, Oued Cheref.

المخلص

في المنظور الأخير لإقامة حالة مرجعية لمنطقة قالمة ، تم إجراء بحث حول اللافقريات الكبيرة وادي شارف الذي تم تسليط الضوء على تقييمه الأول لهذا الوادي.

وقد أجريت دراسة اللافقريات الكبيرة على 22 محطة تابعة للتيار الرئيسي وكذلك الروافده. تم أخذ العينات شهرياً على مدار فترة من يوليو 2014 إلى يونيو 2017. وقد حددت نتائج هذه الدراسة مجموعه 21 نوعاً من الأودونات مكونة من 13 نوع و 7 عائلات. وقبل ذلك كانت هناك دراسة ممتدة من أغسطس 2008 إلى فبراير 2011 ل 26 محطة تم حصاد خمسة وأربعين نوعاً من كيرونوميدي تتكون من 5 عائلات نذكرهم كالتالي: أوروكلادينايا ، تشيرونوميياي ، تانيبودينايا ، تانيتارسينيس وبروديامسينياي. والتي تهيمن أوروكلاديناينا عليها.

من الناحية العددية تظهر نتائج هذه الدراسة أن سيميليدي تسود فئة الحشرات مع 8380 فرد في منطقة وادي سيبوس يتبعها كيرونوميدي المكون من 3264 فرداً. و تم إحصاء 16 نوع من ايميبتار، كشفت هذه الدراسة أن التلوث يتحكم في التوزيع المكاني لأودونات و كرونوميدي. سيميليدي، ايميبتار.

الكلمات المفتاحية: اللافقريات الكبيرة ، الأودونات، كرونوميدي ، وادي الشارف ، وادي سيبوس .

Absract

The final perspective of establishing a state of reference of the Guelma region, research has been undertaken on the fauna of Oued Cheref whose first assessment of this river is highlighted.

The study of macroinvertebrates was conducted on 22 stations belonging to the main stream as well as to its tributaries. Samples were taken monthly over a period from July 2014 to June 2017. The results of this study have identified a total of 21 species of Odonates, belonging to 13 genera and 7 families. Forty-five (45) species of Chironomids were harvested for the period from August 2008 to February 2011 in 26 Oued Seybousse stations.

This study revealed that Chironomidae consist of 5 families. These are: Orthocladiinae, Chironominae, Tanypodinae, Tanytarsinis and Prodiamesinae, of which Orthocladiinae are dominant. The results of this study show that Simuliidae predominate the class of Insects with 8380 larvae. Numerically, they are followed by Chironomidae consisting of 3264 individuals. During this work, we counted 16 species of Hemiptera-Heteroptera. This study revealed that pollution controls the spatial distribution of Odonata, Chironomidae, Hemiptera and Simuliidae.

Key words: Macroinvertebrates, Odonates, Chironomidae, Oued Seybousse, Oued Cheref.

Annexes

Tableau 1 : températures(c°) moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de Belkheir Guelma (2002_2013)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2002	8,6	10,7	13	15,8	20	25,6	26,9	26,7	19,7	15,5	15,5	11,9
2003	10,1	9,1	12,3	15,6	19	26,6	29,7	29,5	21,2	14,6	14,6	10,1
2004	9,9	11,6	12,8	14,2	16,3	22,5	26,1	27,5	21,2	12,8	12,8	11,1
2005	7,7	7,8	12,4	15,5	20,2	24,7	27,3	25,7	20	14,8	14,8	9,8
2006	8,6	9,9	13,2	17,2	21,6	25,3	27,8	26,2	21,1	15,3	15,3	11,1
2007	10,2	11,6	11,4	15,4	18,9	24	26,9	26,8	19	12,6	12,6	9,7
2008	9,4	10	11,7	15,4	19,8	23	27,7	27,5	19,8	13,7	13,7	10,1
2009	10	9,9	11,8	13,8	19,9	23,9	28,5	27,5	18,2	14,2	14,2	12,8
2010	10,5	11,8	12,6	16,1	18	22,4	27,1	26,6	19,2	15	15	11,8
2011	10	9,6	12,5	16,4	19,1	22,7	26,8	27,3	18,6	15,2	15,2	10,8
2012	9,1	7,2	12,5	15,4	19,2	26,4	28,2	29,1	20,5	16	16	10,9
2013	9,8	9,1	13,9	15,6	18,2	21,9	27	26,2	22,3	14,4	14,4	10

Tableau 2 : Précipitation (mm) moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de Belkheir Guelma (2002_2013)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2002	31,6	66,4	15,3	32,3	12,4	3,6	10,2	45,9	27,1	30,2	120	108,6
2003	238,3	104,6	19,9	187,6	41,9	0	0	0,2	72	48,6	25,1	200,3
2004	86,8	9,7	71,1	82,6	88,2	93,3	0,1	4,1	41,6	20,3	177	129,9
2005	69,8	97,5	64,3	85,7	5,3	19,4	3	5,3	11	17,4	17,1	145,2
2006	140,1	76,7	42,7	14,2	43	1,3	4,5	12,6	12,3	12,8	28,6	89,5
2007	33,5	43,7	215,9	94,4	17,4	28,3	3,5	0,8	63,9	84,2	64,7	72,7
2008	16,6	11,5	91,8	22,3	53,5	14,8	5,9	4,3	29,5	25,4	70,5	35,7
2009	160,4	67,1	98	134,2	88,9	0,3	7,9	49,3	140,3	58,7	22,6	62,6
2010	102,6	27,1	60,7	46,4	53,5	23,5	0,8	10	23,4	69,8	148	48,4
2011	30,3	148,5	78,6	42,1	62	29,5	1,2	1,3	18,6	178,3	40,5	80,1
2012	82,8	141,4	89	51,6	4,7	1,8	1,3	25,1	65,3	38,7	34,9	34,4
2013	90,7	107,9	64,9	42	14,5	1,2	6,2	45,8	54,1	34,2	123	37,5

Tableau 3: code des espèces des odonates

Code	Espèce
Lv	<i>Chalcolestes viridis</i>
Ap	<i>Anax parthenope</i>
Ai	<i>Anax imperator</i>
Ip	<i>Ischnura pumilio</i>
Ig	<i>Ischnura graellsii</i>
Coca	<i>Coenagrion caerulescens</i>
Ct	<i>Ceriagrion tenellum</i>
On	<i>Orthetrum nitidinerve</i>
Oc	<i>Orthetrum coerulescens</i>
Ps	<i>Platycnemis subdilatata</i>
Ce	<i>Calopteryx exul</i>
Ch	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>
Gl	<i>Gomphus lucasii</i>
Onf	<i>Onychogomphus forcipatus</i>
Onc	<i>Onychogomphus costae</i>
Sf	<i>Sympetrum fonscolombii</i>
Sys	<i>Sympetrum striolatum</i>
Sym	<i>Sympetrum meridionale</i>
El	<i>Erythromma lindenii</i>
Cre	<i>Crocothemis erythaea</i>
Com	<i>Coenagrion mercuriale</i>

Tableau 4 : Code Des stations de Oued Seybousse

Code	Stations
SBD	Seybouse à Boudaroua
BHD	Bouhamdane_Hammam Debagh
BMA	Bouhamdane_Medjez Amar
BMR	Bouhamdane_Mermoura
OHL	Oued Hellia
OZM	ourd Zimba
SCH	Seybouse_Chihani
SDR	Seybouse_Dreân
SFJ	Seybouse_El.Fedjoudj
SSS	Seybouse_Salh Salh Salh
OBR	Oued Brâdaa
SZM	Seybouse_Zemzouma
BMK	Barrage Ain Makhlouf
BSD	Barrage Sedrata
CMA	Medjez Amar
CMK	Pont Ain Makhlouf
OAR	Oued Aar
OBM	Ben Mheni
OCH	Oued Cheniour
ODB	Dbabcha
ODH	Oued dehmane
OKR	Oued Krab
OML	Oued EL Melah
ONL	Oued Nil
SHS	Ain Hssainia
SPS	Pont Sedrata

Tableau 4 : Codes Des taxons de Hémiptères

Code	Taxons
L-Not	Larve Notonectidae
L-cor	Larve corixidae
L-Sig	Larve Sigara
L-Ger	Larve Gerris
L-Veli	Larve Veliidae
Pl mi	<i>Plea minutissima</i>
A-Veli	Adulte Veliidae
Sig sp1	<i>Sigara sp1</i>
Sig sp2	<i>Sigara sp2</i>
Sig sp3	<i>Sigara sp3</i>
Cy bar	<i>Cymatia baranus</i>
Ge sp	<i>Gerris sp</i>
Nep cen	<i>Nepa cenerea</i>
Ani sar	<i>Anisops sardea</i>
Cor pen	<i>Corixa ponzeri</i>
Cor af	<i>Corixa affinis</i>
Hes lin	<i>Hesperocorixa linnaie</i>
Not ob	<i>Notonecta obliqua</i>
Not mac	<i>Notonecta maculata</i>
Notvir	<i>Notonecta viridis</i>
Aqu sp	<i>Aquarius sp</i>
Ge th	<i>Gerris thoracicus</i>

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/337617639>

Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: implications for conservation

Article in *International Journal of Odonatology* · November 2019

DOI: 10.1080/13887890.2019.1688199

CITATIONS

0

READS

14

6 authors, including:



Zineb Bouhala

Badji Mokhtar - Annaba University

4 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Joaquín Márquez-Rodríguez

Universidad Pablo de Olavide

51 PUBLICATIONS 120 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Manuel Ferreras-Romero

Universidad Pablo de Olavide

110 PUBLICATIONS 554 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Farrah Samraoui

Université 8 mai 1945 - Guelma

71 PUBLICATIONS 560 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

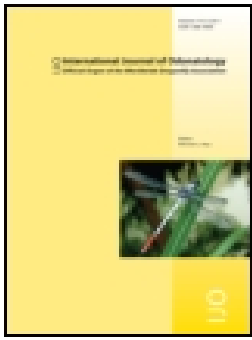
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



ICTEs (Information and Communication Technologies for Education) [View project](#)



Biodiversity of caddisflies in Andalusia (Spain) [View project](#)



Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: implications for conservation

Zineb Bouhala, Chakri Khemissa, Joaquín Márquez-Rodríguez, Manuel Ferreras-Romero, Farrah Samraoui & Boudjéma Samraoui

To cite this article: Zineb Bouhala, Chakri Khemissa, Joaquín Márquez-Rodríguez, Manuel Ferreras-Romero, Farrah Samraoui & Boudjéma Samraoui (2019): Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: implications for conservation, *International Journal of Odonatology*, DOI: [10.1080/13887890.2019.1688199](https://doi.org/10.1080/13887890.2019.1688199)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13887890.2019.1688199>



Published online: 28 Nov 2019.



Submit your article to this journal [↗](#)





View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Ecological correlates of odonate assemblages of a Mediterranean stream, Wadi Cherf, northeastern Algeria: implications for conservation

Zineb Bouhala^{a,b}, Chakri Khemissa^{a,b}, Joaquín Márquez-Rodríguez^c, Manuel Ferreras-Romero^c, Farrah Samraoui ^{a,d} and Boudjéma Samraoui ^{a,b*}

^aLaboratoire de Conservation des Zones Humides, Université 8 Mai 1945 Guelma, Guelma, Algeria; ^bDépartement of Biology, University of Annaba, Annaba, Algeria; ^cDepartment of Physical, Chemical and Natural Systems, University Pablo de Olavide, Seville, Spain; ^dDepartment of Ecology, Université 8 Mai 1945 Guelma, Guelma, Algeria

(Received 17 August 2019; accepted 30 October 2019)

We investigated the odonates of Wadi Cherf, a tributary of Wadi Seybouse, and explored the main environmental factors that may be important drivers of the abundance and diversity of Odonata assemblages. PCA analyses demonstrated a significant altitudinal gradient associated with water flow, temperature, vegetation cover, substrate and adjacent land use. Notably, pollution was a dominant structuring factor and the most widespread species, *Ischnura graellsii* and the North African endemic *Platycnemis subdilatata*, were the most pollution-tolerant species. Similarly, co-inertia analysis indicated that environmental factors could account for 70% of the co-variation in shaping odonate assemblages. Equally important, threatened species were associated with less degraded but vulnerable habitats, most susceptible to anthropogenic impacts. There is thus a need to develop monitoring tools to assess the ecological integrity of North African rivers and implement a management plan that considers both connectivity and heterogeneity to ensure that Wadi Cherf, a sanctuary to three threatened species *Calopteryx exul* (EN), *Coenagrion mercuriale* (EN) and *Gomphus lucasii* (VU), continues to provide critical ecosystem functions.

Keywords: anthropogenic stressors; conservation; distribution; freshwater biodiversity; global change; river; Odonata; dragonfly

Introduction

The complex life cycles of Odonata link aquatic and terrestrial communities (Corbet, 1999; Remsburg & Turner, 2009) and their ecological requirements have made them key indicator species of the quality of freshwater ecosystems and the management of aquatic biodiversity (Bried & Samways 2015; Samways, McGeoch & New, 2010). Knowledge of these ecological requirements has been turned into a useful tool for the evaluation of the overall conservation status of aquatic environments and wetland bio-monitoring (Steward & Downing, 2008).

In the last two decades, considerable attention has been devoted to increasing our knowledge of the distribution of Algerian odonates (Boudot et al., 2009; Samraoui & Corbet, 2000a; Samraoui & Menai, 1999). Yet, despite numerous studies, the size of the Algerian territory has made

*Corresponding author. Email: bsamraoui@gmail.com

it difficult to access many localities, so previous surveys have generally been confined to accessible sites. Such investigations, though useful, are biased and incomplete as relatively pristine habitats may have been left out of such surveys.

This is the case for the River Seybouse where previous studies of the main affluent, Wadi Cherf, have only been carried out in a small number of sites (Khelifa et al., 2011; Yalles-Satha & Samraoui, 2017). Thus, little is known about the odonates of the upper reaches of the River Seybouse. In addition, these past studies now date back about one decade.

Such a gap in our knowledge has implications for conservation, as the Upper Seybouse is the only known sanctuary for the Endangered *Calopteryx exul*, a Maghrebian endemic (Yalles-Satha & Samraoui, 2017). Indeed, following the first global assessment of Odonata (Clausnitzer et al., 2009), great efforts have been devoted to assessing the status of North African (Samraoui et al., 2010) and Mediterranean odonates (Riservato et al., 2009) but, as multiple anthropogenic stressors like land conversion, pollution and climate change are fast affecting the North African riverine landscape (Hafiane et al., 2016; Morghad, Samraoui, Touati, & Samraoui, 2019), there is an urgency to continually update our knowledge.

Understanding how ecological processes shape odonate assemblages by disentangling the relative influence of biotic and abiotic factors may provide insights into how freshwater communities will respond to ongoing and future disturbances like pollution, climate change and invasive species (Hofmann & Mason, 2005; Rahel & Olden, 2008; Weiher & Keddy, 1999). This paper aims to provide a comprehensive account of the composition and distribution of odonate assemblages of Wadi Cherf and explore how environmental (essentially abiotic) factors drive their diversity and abundance. Another objective of the study is to evaluate how threatened species respond to environmental factors and identify potential threats to their habitats.

Materials and methods

Study area

Intermittent rivers and streams are known, throughout North Africa and the Middle East, as wadis. Wadi Cherf, located in the northeastern part of Algeria, occupies a surface of 2905 km². It borders three districts (wilayas): Souk Ahras, Guelma and Oum El Bouaghi (Figure 1) and constitutes the upper course of the River Seybouse. Wadi Cherf originates in the eastern Hauts Plateaux at an altitude that varies from 800 m to 1000 m. The climate is typically Mediterranean, divided into a rainy season from October to May and a dry season from June to September. Rainfall ranges from 350 mm/year upstream to 610 mm/year downstream. Contrary to the downstream part of the River Seybouse, there are no industrial plants in the watershed of Wadi Cherf. However, points of discharge of untreated sewage are often present near agglomerations, and wadis are commonly used as drinking water sources for grazing livestock.

Sampling

Monthly sampling was carried out at 22 localities (S1–S22) over a three-year period from 30 July 2014 to 27 June 2017 and totaling 580 samples. At each locality, adult Odonata were sampled by walking slowly and repeatedly along a 50 m transect. Flying adults, often identified to species on sight, were collected using an insect net. These voucher specimens were identified and kept in the laboratory. Odonata have complex life histories that link aquatic and terrestrial communities (Remsburg & Turner, 2009). Adults and larvae display congruent distributional patterns and



Figure 1. Localization of sampled stations in the catchment area of Wadi Charef.

either stage may provide valuable ecological information (Hawking & New, 1999). However, larval sampling and identification is more challenging.

In addition, the main environmental variables were measured *in situ* using multi-probes at mid-water depth (water temperatures, conductivity, current speed, water depth, bed width, “hydroperiod”, riparian vegetation cover (%), and pollution) (Tables 1 and 2). Both substrate and “hydroperiod” were classified in a dichotomic way: hard/soft and permanent/intermittent (having a dry period), respectively. As a proxy to adjacent land use, pollution was measured on a scale from 1 (no obvious pollution) to 3 (severe pollution), based on the presence of algae, plastic debris, building material waste, and/or sewage. Intermediary stage 2 indicates the presence of waste products but to a much lesser extent than in stage 3. At each locality, macroinvertebrates and fish were also monthly collected using a dipnet. The status of recorded species originates from the Mediterranean and the North African IUCN Red Lists (Riservato et al., 2009; Samraoui

Table 1. List of sampled localities with GPS coordinates. T, temporary habitat; P, permanent habitats.

Code	Name	Hydroperiod	Altitude (m)	Latitude (N)	Longitude (E)
S1	Beldjoudi	T	822	36.2231	7.2144
S2	Ben Mheni	T	667	36.1506	7.2806
S3	O. El Maleh	T	748	36.1481	7.1439
S4	Aïn Arko	T	750	36.1264	7.1547
S5	Oued Dahmane	P	752	36.0531	7.3278
S6	Sedrata dam	P	746	36.0594	7.4553
S7	Sedrata bridge II	T	760	36.0522	7.4661
S8	Sedrata bridge I	P	765	36.0744	7.4942
S9	Oued Krab	P	784	36.1200	7.5461
S10	Krab bridge	T	800	36.1319	7.5711
S11	Tiffech bridge	T	860	36.1411	7.7544
S12	Oued Nil	T	864	36.1397	7.4458
S13	Dbabcha	P	610	36.2167	7.3181
S14	Oued Aar	T	617	36.2261	7.3197
S15	Oued Cheniour	P	602	36.2478	7.3433
S16	Aïn Makhlouf bridge	P	590	36.2397	7.3114
S17	Aazlat Hlima	T	770	36.2697	7.2836
S18	Chaabet Bounab	T	805	36.2847	7.2844
S19	Oued Boufrais	T	612	36.3158	7.2722
S20	Selaoua	T	589	36.3483	7.2672
S21	Medjez Amar	P	249	36.4431	7.3108
S22	Aïn Makhlouf dam	P	643	36.2261	7.2967

et al., 2010). Sampling details and data analyses of macroinvertebrates and fish will be reported elsewhere.

Statistical analysis

Two-way ANOVA tests were used to compare mean differences of species richness and overall species abundance (response variables) in samples from localities with different pollution levels and “hydroperiod” (independent variables). Following the two-way ANOVA tests, we conducted Tukey multiple pairwise comparisons to distinguish between the means differences which were significantly different. Prior to the two-way ANOVA tests, both species richness and abundance were square root transformed and, because of the limited data set, pollution levels 3 and 4 were lumped together. To obtain a typology of odonate assemblages and rank environmental variables according to their importance in driving these assemblages, two principal component analyses (PCAs) were performed based on species abundance and environmental variables, respectively, using the package FactoMineR (Lê, Josse, & Husson, 2008). PCA is an exploratory multivariate analysis and a dimension-reduction technique, most valuable in the presence of highly correlated variables.

In addition, co-inertia analysis (CIA), a two-table ordination method, has been used to ordinate samples by looking for a co-structure between environmental variables and odonates (Dolédéc & Chessel, 1994). The significance of the correlation (RV) between the two sets of coordinates resulting from the CIA was tested by performing 10,000 CIAs of the abiotic variables and the odonate datasets after random permutations of their rows (Dolédéc & Chessel, 1994). The RV coefficient, which has a range of 0 to 1, provides the overall measure of similarity of two data tables using a multivariate extension of the Pearson correlation coefficient. A high RV suggests a high degree of co-structure. All means are shown \pm standard deviation, unless stated otherwise and all statistical tests were performed using R software (R Development Core Team, 2018).

Table 2. Physical and chemical data of sampled localities.

Code	Locality	Temperature (°C)	Conductivity ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	Water depth (cm)	Bedwidth (m)	Current speed (m s^{-1})	Pollution	Veg. Cover (%)
S1	Beldjoudi	14.9 ± 5.2	1016.2 ± 430.4	15.2 ± 5.1	2.1 ± 1.0	0.1 ± 0.1	3	40
S2	Ben Mheni	11.8 ± 7.2	884.8 ± 620.0	13.7 ± 3.8	7.0 ± 4.6	0.2 ± 0.1	1	10
S3	O. El Maleh	10.8 ± 4.1	1332.1 ± 354.8	14.7 ± 4.9	5.6 ± 1.8	0.2 ± 0.1	2	90
S4	Ain Arko	14.8 ± 6.2	1085.4 ± 292.6	12.1 ± 4.3	0.9 ± 0.5	0.2 ± 0.1	1	80
S5	O. Dehmane	18.1 ± 5.8	474.7 ± 511.3	18.8 ± 6.2	29.8 ± 56.9	0.1 ± 0.1	3	70
S6	Sedrata dam	17.3 ± 6.5	705.0 ± 692.6	18.2 ± 7.3	107.0 ± 45.2	0.1 ± 0.1	2	70
S7	Sedrata bridge 1	16.9 ± 5.9	929.6 ± 770.6	43.1 ± 28.1	6.1 ± 1.3	0.1 ± 0.1	2	20
S8	Sedrata bridge 2	13.9 ± 5.7	486.3 ± 628.4	16.9 ± 6.5	6.8 ± 3.6	0.2 ± 0.1	1	80
S9	O. Krab	18.4 ± 6.1	1125.1 ± 505.4	32.1 ± 16.6	10.8 ± 4.1	0.2 ± 0.1	2	20
S10	Krab bridge	17.9 ± 6.6	967.6 ± 423.7	19.9 ± 11.8	2.7 ± 1.7	0.1 ± 0.1	3	70
S11	Tiffech bridge	15.2 ± 6.1	612.2 ± 201.3	25.7 ± 11.9	5.0 ± 1.5	0.2 ± 0.3	1	70
S12	O. Nil	16.6 ± 5.0	1094.2 ± 642.7	17.6 ± 6.4	2.6 ± 1.0	0.3 ± 0.2	1	10
S13	Dbebcha	19.1 ± 7.0	688.2 ± 684.7	20.5 ± 7.0	14.7 ± 7.7	0.3 ± 0.1	2	10
S14	O. El Aar	18.6 ± 8.1	626.3 ± 266.2	14.2 ± 5.0	2.9 ± 1.6	0.4 ± 0.3	1	10
S15	O. Cheniour	18.1 ± 4.7	512.7 ± 152.7	18.2 ± 6.7	2.0 ± 1.2	0.3 ± 0.2	1	20
S16	Ain Makhlouf bridge	18.8 ± 6.6	756.5 ± 618.3	30.0 ± 16.6	9.3 ± 5.6	0.3 ± 0.2	3	20
S17	Azlet Hlima	11.4 ± 4.4	580.7 ± 137.1	15.0 ± 5.1	1.1 ± 0.4	0.3 ± 0.3	1	20
S18	Chabet Bounab	15.1 ± 7.2	474.5 ± 289.6	12.2 ± 8.6	7.6 ± 4.5	0.3 ± 0.2	1	70
S19	O. Boufrais	13.9 ± 4.6	1000.9 ± 332.5	13.8 ± 4.8	3.0 ± 1.4	0.2 ± 0.1	1	60
S20	Selaoua	17.3 ± 4.8	664.2 ± 143.5	20.0 ± 6.5	3.5 ± 1.3	0.1 ± 0.1	1	10
S21	Medjez Amar	20.3 ± 6.9	925.5 ± 645.3	27.6 ± 12.4	19.1 ± 12.1	0.4 ± 0.3	3	10
S22	Ain Makhlouf dam	16.6 ± 5.1	786.0 ± 249.2	17.5 ± 5.9	1.9 ± 0.7	0.2 ± 0.2	2	70

Table 3. Checklist of recorded odonates at Wadi Cherf with list of localities.

Num	Family	Species	Localities
1	Calopterygidae	<i>Calopteryx exul</i> Selys, 1853	S10, S13, S15
2		<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (Vander Linden, 1825)	S1, S9, S10, S13, S15, S21, S22
3	Lestidae	<i>Chalcolestes viridis</i> (Vander Linden, 1825)	S13, S22
4	Coenagrionidae	<i>Ischnura graellsii</i> (Rambur, 1842)	S1, S3-10, S13, S14, S16, S17, S19, S21, S22
5		<i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)	S3, S4, S8, S22
6		<i>Coenagrion caeruleum</i> (Fonscolombe, 1838)	S4-6, S8-11, S16, S19, S21
7		<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)	S1, S4, S5, S7-10, S22
8		<i>Erythromma lindenii</i> (Selys, 1840)	S1, S4, S8, S9, S16, S21, S22
9		<i>Ceriagrion tenellum</i> (de Villers, 1789)	S1, S10
10	Platycnemididae	<i>Platycnemis subdilatata</i> Selys in Lucas, 1849	S1, S4-12, S14, S16-18, S22, S23
11	Aeshnidae	<i>Anax imperator</i> Leach in Brewster, 1815	S7, S11, S20
12		<i>Anax parthenope</i> (Selys, 1839)	S6
13	Gomphidae	<i>Gomphus lucasii</i> Selys in Lucas, 1849	S13, S16, S22
14		<i>Onychogomphus costae</i> Selys, 1885	S14, S16
15		<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i> (Vander Linden, 1820)	S14
16	Libellulidae	<i>Orthetrum coerulescens anceps</i> (Schneider, 1845)	S10, S11
17		<i>Orthetrum nitidinerve</i> (Selys, 1841)	S5, S9, S10, S17
18		<i>Crocothemis erythraea</i> (Brullé, 1832)	S8, S22
19		<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Selys, 1840)	S1, S10, S11, S16, S22
20		<i>Sympetrum meridionale</i> (Selys, 1841)	S10
21		<i>Sympetrum striolatum</i> (Charpentier, 1840)	S1, S4, S11, S21

Results

We collected 537 adults with a biased sex-ratio of 326 males to 211 females. A total of 21 species belonging to 13 genera and seven families were identified (Table 3). Two zygopterans, *Ischnura graellsii* and the Maghrebic endemic *Platycnemis subdilatata*, were the most abundant and most widespread, being found at 16 of the 22 sampled stations (Figure 2). Two more species, *C. exul* (EN) and *Gomphus lucasii* (EN), are considered threatened on both the Mediterranean and the North African IUCN Red Lists. In addition, *Coenagrion mercuriale* (EN) is considered threatened on the North African Red List while being assessed as NT on the Mediterranean Red List. Another species, *Onychogomphus costae*, figures as NT on both IUCN Red Lists.

The flight period stretched between April and November with adults' abundance and species richness peaking in June. Species richness varied markedly along the watercourse stations from 0 (S2, S12 and S18) to 11 (S10) (Figure 3). Once our null hypothesis of an absence of interaction between pollution and hydroperiod was corroborated for species richness (two-way ANOVA: $F_{2,16} = 3.57$, $p = 0.052$) and abundance (two-way ANOVA: $F_{2,16} = 2.52$, $p = 0.112$), we fitted an additive model which indicated that both pollution (two-way ANOVA: $F_{2,18} = 3.94$, $p = 0.038$) and hydroperiod (two-way ANOVA: $F_{1,18} = 5.42$, $p = 0.032$) had a marginal influence on species richness. Tukey multiple pairwise-comparisons indicated a marginal difference in mean species richness between unpolluted sites (1) and polluted sites (3) ($p = 0.055$) (Figure 4a). In addition, Odonates' abundance was also significantly influenced by pollution (two-way ANOVA: $F_{2,18} = 7.44$, $p = 0.004$) while hydroperiod had no effect ($F_{1,18} = 3.40$, $p = 0.082$). Tukey multiple pairwise-comparisons indicated a highly significant difference between unpolluted sites (1) and polluted sites (3) ($p = 0.007$) (Figure 4b).

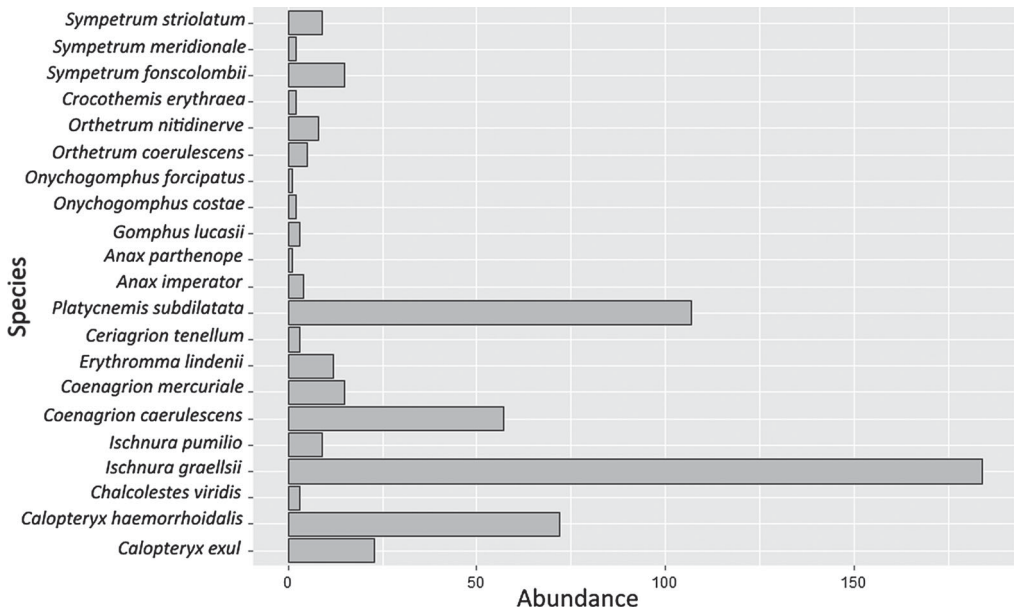


Figure 2. Barplot of species' abundance at Wadi Cherf.

PCA of the measured descriptors indicated a substantial variation of the physico-chemical properties among the sampling sites (Figure 5). The first four components represented 77.3% of the total variance. The first component (30.3% of the inertia) was associated with the altitudinal gradient and the vegetation cover that opposed lower temperature, upstream habitats with a dense vegetation (S1, S3, S4) to warmer, sparsely vegetated downstream sites (S13, S15, S16, S21). The second component (23.6% of the total inertia) separated fast-flowing, intermittent, narrow streams with relatively clean waters and hard substrates (S2, S17) to slow-flowing, permanent wider stretches of the watercourse with polluted waters and clay and sand-dominated substrates (S5, S6). The third component (14.4% of the total inertia) isolated sites with high conductivity and water depth (S7) from sites with comparatively low conductivity and water level (S6, S8). Similarly, the fourth and most minor component (8.8% of the inertia) opposed downstream sites with relatively high conductivity (S3, S21) to upstream sites with low conductivity (S7, S11). The results indicated some degree of collinearity between a number of environmental factors (e.g. vegetation cover and altitude).

The first three components of the PCA based on the odonate matrix totaled 48.8% of the total variance (Figure 6). The first component (18.5%) separated species-rich sites such as S9 and S10 inhabited by *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Ceriagrion tenellum*, and *Orthetrum chrysostigma* from species-poor sites (S2, S12, S18). The second component (17.0% of the inertia) set apart a site (S22) adjacent to a reservoir and characterized by lentic species (*Sympetrum fonscolombii*, *Crocothemis erythraea*) found along lotic species (*Coenagrion mercuriale* and *Erythromma lindenii*). The third component (13.3% of the inertia) segregated nutrient-rich sites dominated by helophytes inhabited by *Ischnura pumilio* and *Coenagrion caerulescens* from less-polluted sites with riparian vegetation dominated by *C. exul*, *G. lucasii* and *Chalcolestes viridis*.

CIA coupled the fauna and descriptors matrices and organized the odonate assemblages of Wadi Cherf along the first axis (70.4% of the total inertia) that segregated polluted sites with high water temperatures and soft substrates occupied by *I. graellsii* and *P. subdilatata* from cleaner sites with fast-flowing current and hard substrate (Figure 7a). The second axis (17.6% of the total inertia) expressed an altitudinal gradient which opposed high altitude intermittent

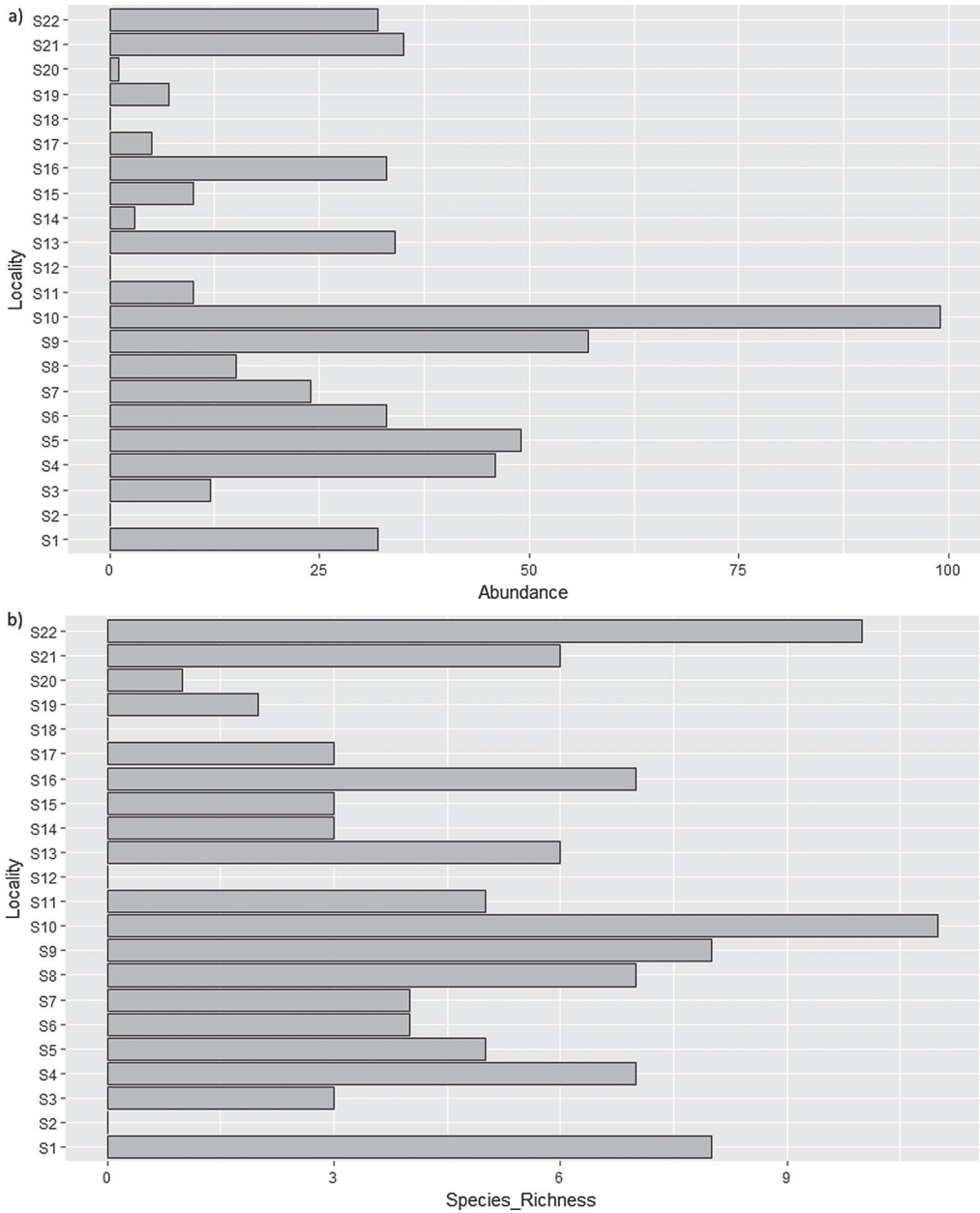


Figure 3. (a) Total abundance and (b) species richness of odonates at sampled localities of Wadi Cherf.

sites with dense vegetation, dominated by *C. haemorrhoidalis* and *C. caerulescens*, to downstream fast-flowing permanent sites with high water depth dominated by *P. subdilatata*. The RV-coefficient, an index of the strength of the relationship between the two tables, was 0.26. A potential co-structure was tested using a permutation test which, however, indicated an only marginally significant relationship ($p = 0.12$) (Figure 7b).

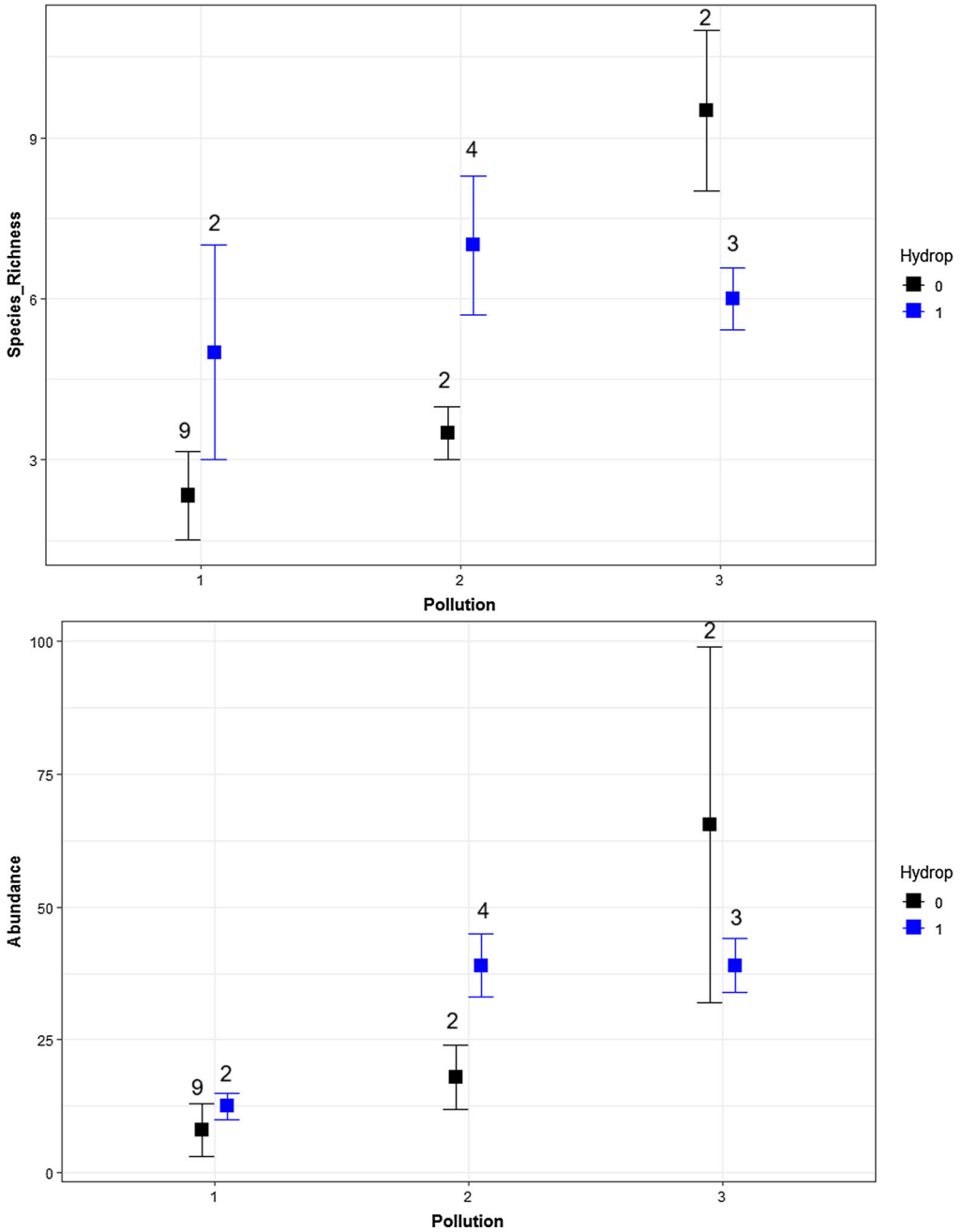


Figure 4. Interaction plot of pollution and hydroperiod for a two-way ANOVA of (a) species richness and (b) abundance. Square points represent means, and error bars indicate standard errors of the mean.

Discussion

Noteworthy is the finding of two new localities for the Endangered Maghrebian endemic *C. exul* (Figure 8a) which is recorded to be locally abundant in one of these two sites. Over the last three decades and despite extensive efforts across Algeria, *C. exul* has never been found outside the

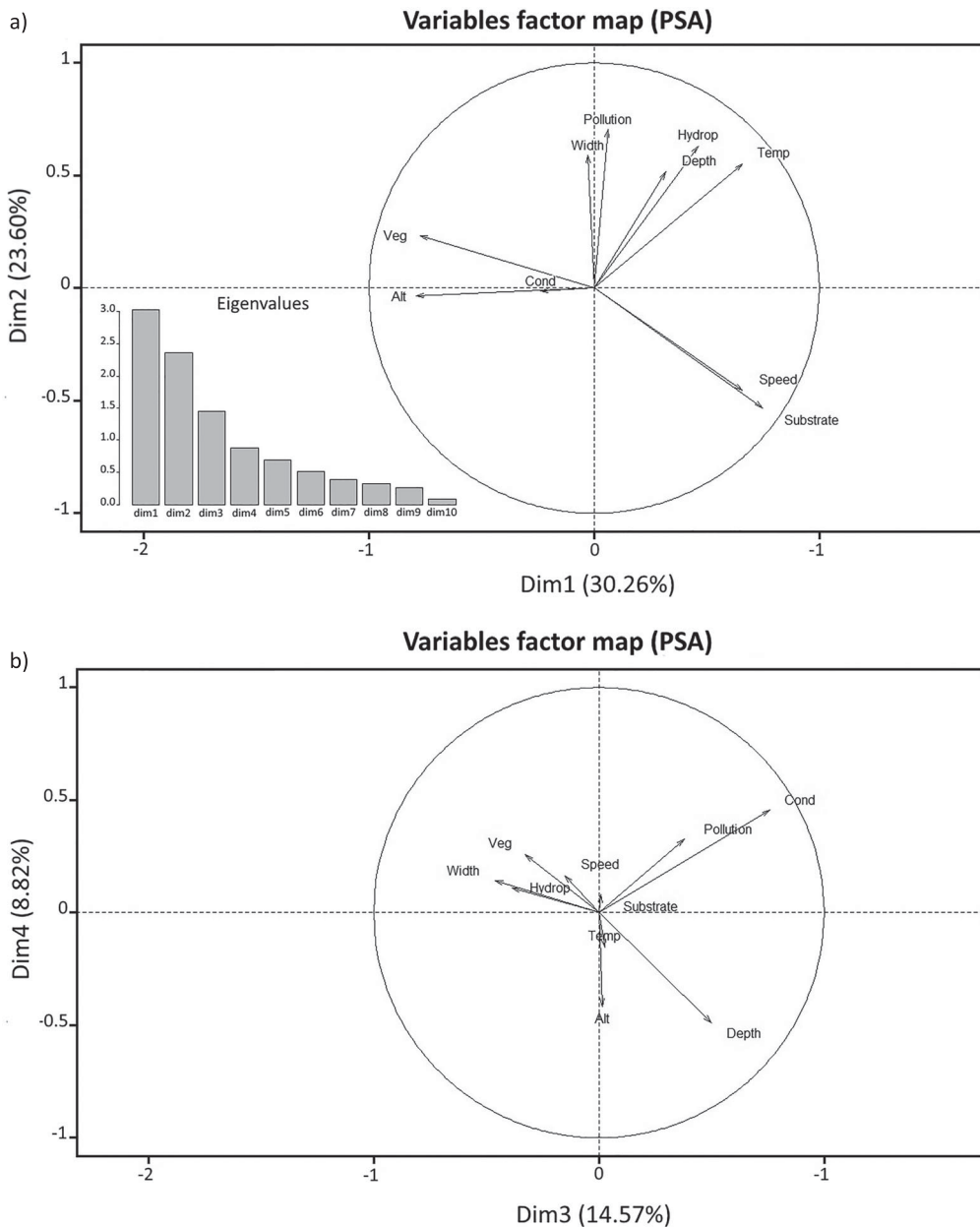


Figure 5. Descriptors factor map of principal component analysis with scree plot (inset). (a) First two components and (b) components three and four.

River Seybouse and its affluents which can be considered as a hotspot for Mediterranean fresh-water biodiversity (Riservato et al., 2009). Wadi Cherf is also a sanctuary for another Vulnerable Maghrebien endemic, *G. lucasii* (Figure 8b), and the Endangered *C. mercuriale*.

This study also indicated that while the flight period stretched between April and October for the majority of recorded species, some species, e.g. *C. viridis*, were observed flying up to November, as shown by previous studies (Agüero-Pelegrín, Ferreras-Romero & Corbet, 1999; Ferreras-Romero & Márquez-Rodríguez, 2014; Samraoui, 2009). Temporal abundance and

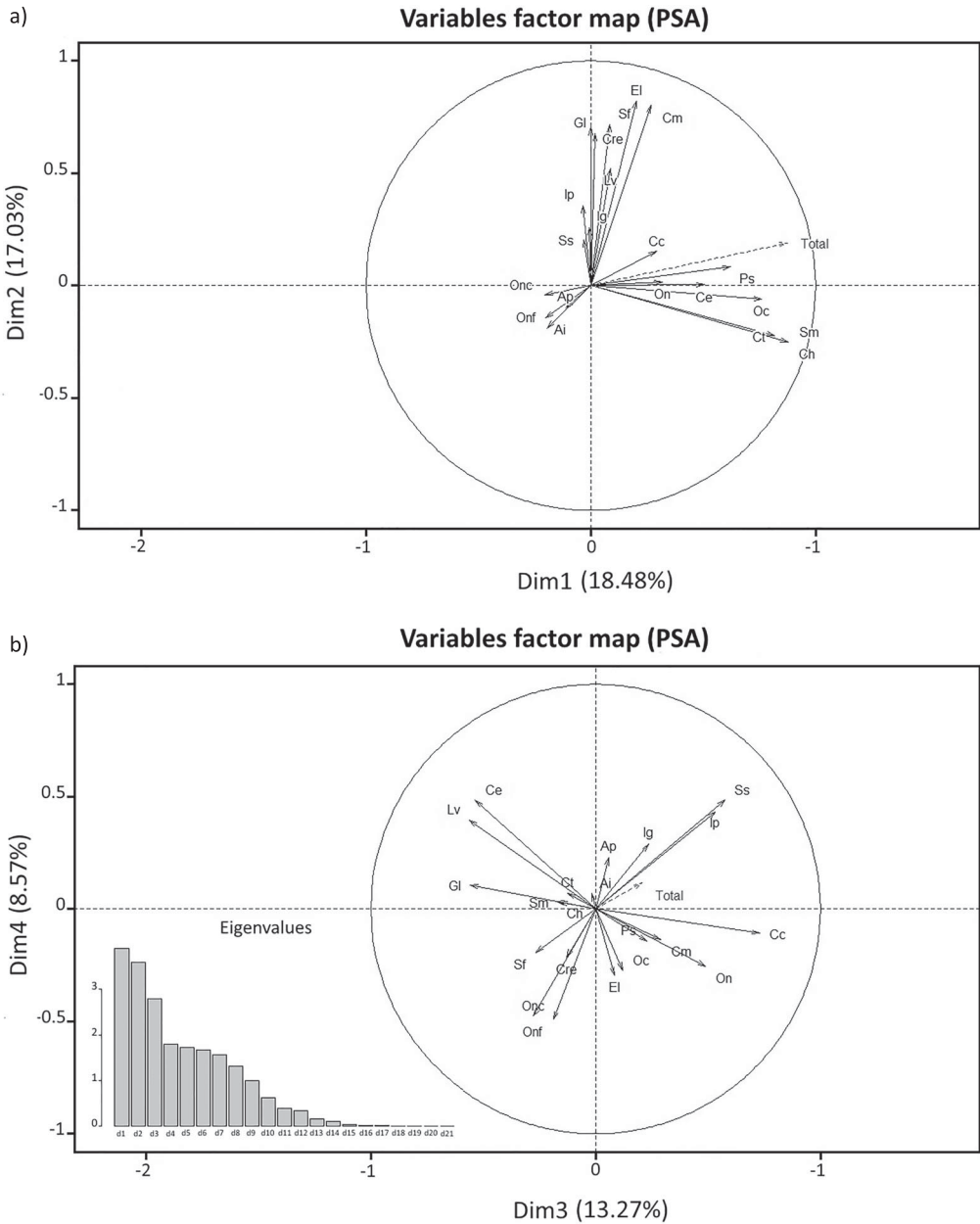


Figure 6. Species factor map of principal component analysis with scree plot (inset). (a) First two components and (b) components three and four.

species richness were highest in June, a result congruent with a previous study in northeastern Algeria (Samraoui & Corbet, 2000b).

Four localities, S1, S9, S10, and S22, had the highest species richness and were the most abundant. A strong association was found between the odonate assemblages and the pollution status of the habitat. Interestingly, all four richest localities were subjected to moderate water abstraction and agricultural runoff.

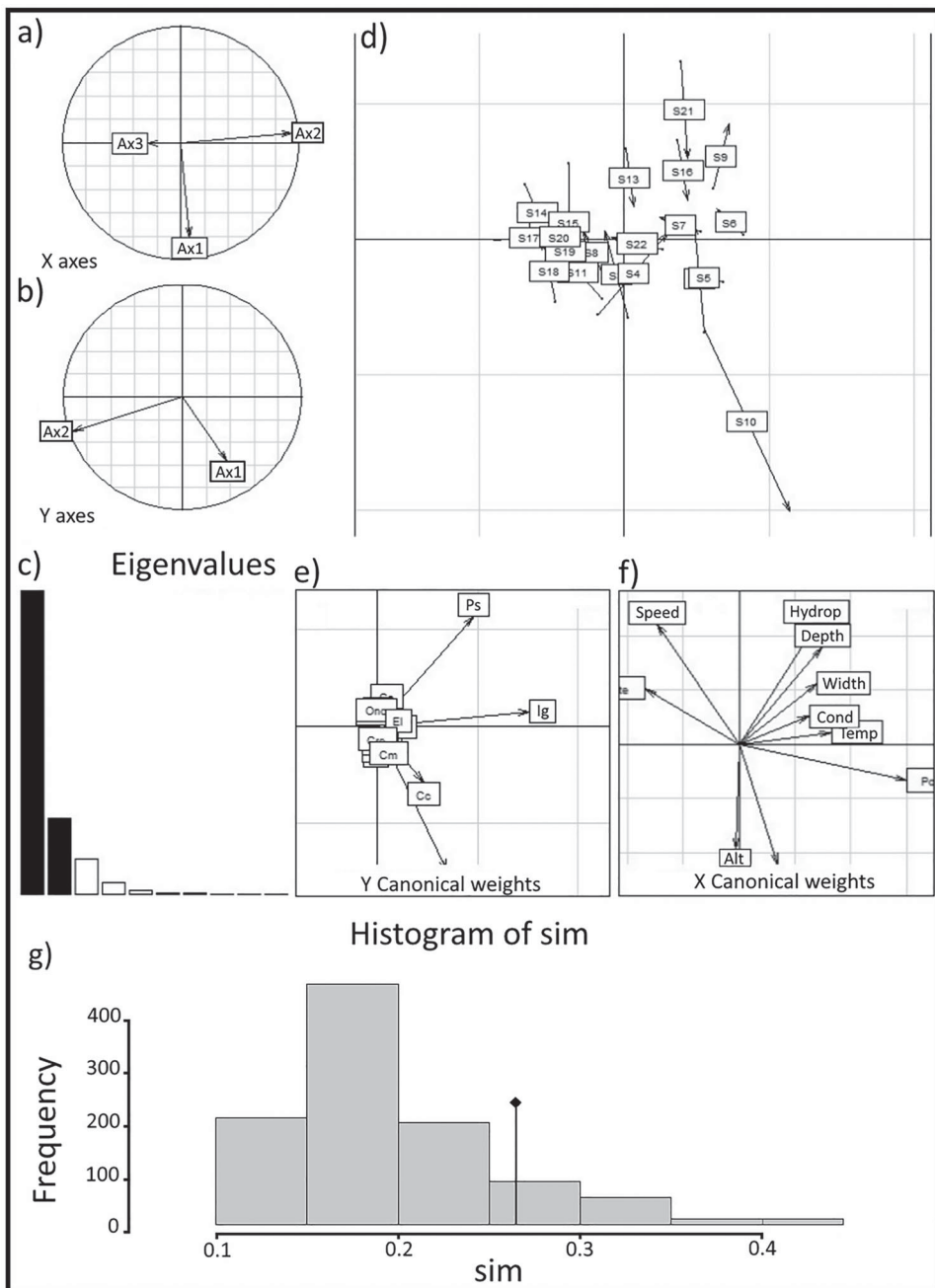


Figure 7. Results of the co-inertia analysis (CIA) using recorded Odonata abundance and measures of environmental descriptors at Wadi Cherf. (a) Components of the standardized principal component analysis of the environmental dataset projected onto the co-inertia axes; and (b) components of the centered principal component analysis of the odonatological data set projected onto the co-inertia axes. (c) Distribution of eigenvalues of CIA. (d) $F1 \times F2$ factorial plane of CIA with arrows linking localities according to physico-chemical descriptors (base of arrows) and Odonata (end of arrows). (e) Distribution of species on the $F1 \times F2$ factorial plane of CIA. (f) Distribution of environmental descriptors on the $F1 \times F2$ factorial plane of CIA. (g) Results of the permutation test to measure the strength of the relationship between the two tables (species/descriptors).

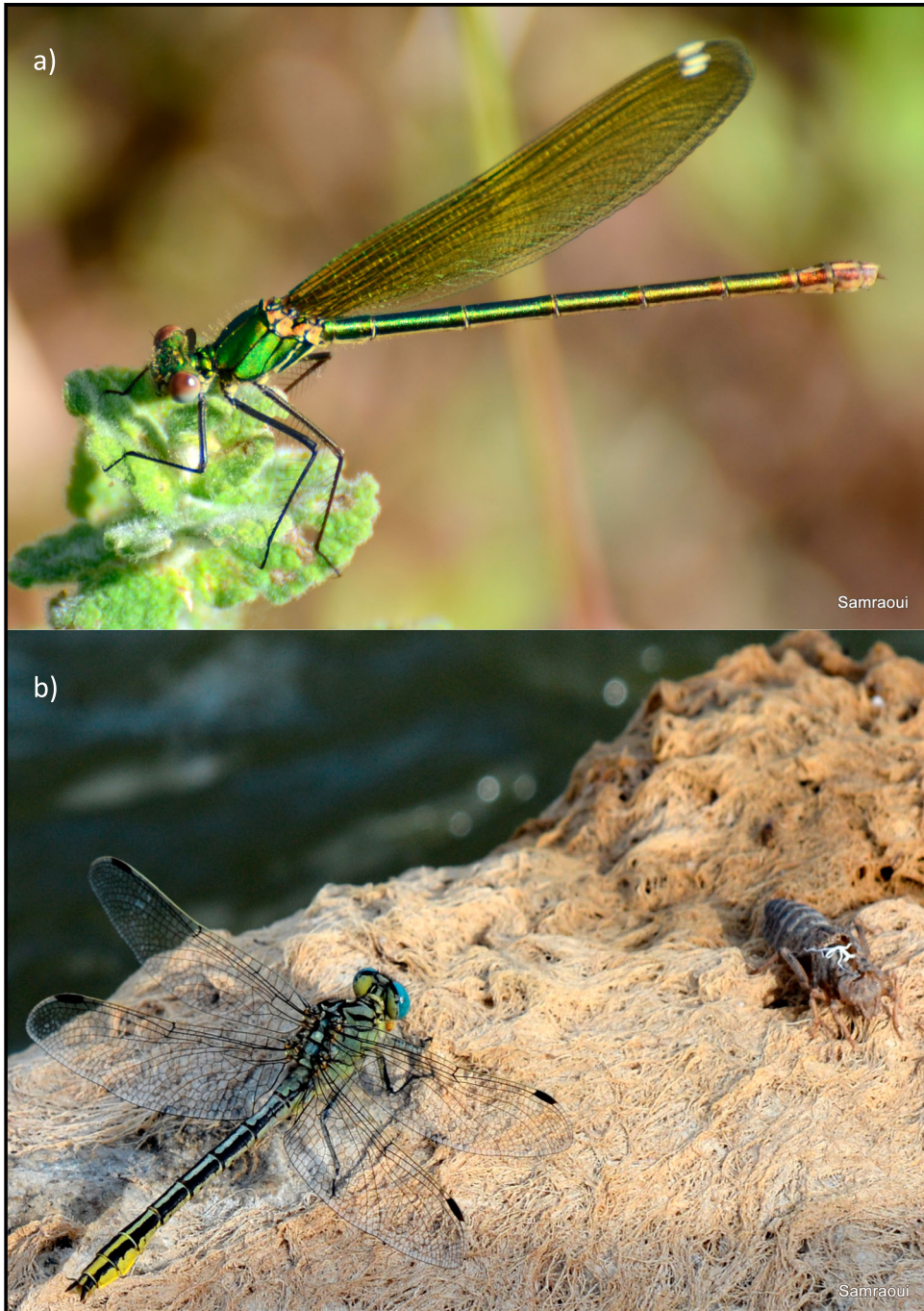


Figure 8. Close-up views of the threatened Maghrebian endemics (a) *Calopteryx exul* and (b) *Gomphus lucasii*.

A quadratic effect of disturbance has been shown in other Algerian wadis (Bouchelouche, Kherbouche-Abrous, Mebarki, Arab & Samraoui, 2015; Hafiane et al., 2016), but the underlying processes are not clear. Whether pollution may favor species richness at intermediate levels (Connell, 1978; Wilkinson, 1999) is still a contentious issue (Fox, 2013) and nonsignificant,

unimodal and monotonic relationships between diversity and one of many characteristics of ecological communities (productivity, disturbance, spatial and temporal heterogeneities, predation, etc.) may occur with similar frequencies (Gillman & Wright, 2006).

Equally important, our results indicated congruence between both *P. subdilatata* and *I. graellsii* and polluted sites. Some odonates, like *Ischnura* spp., are well known for their capacity to withstand pollution (Campos et al., 2014; Ferreras-Romero, Márquez-Rodríguez, & Ruiz-García, 2009; Solimini, Tarallo & Carchini, 1997; Yalles-Satha & Samraoui, 2017). This finding provides support to the reliability of our pollution index at detecting water quality deterioration.

At the same time, our results indicated an association between intermittent/permanent habitat and odonate community structure. Permanent sites which were unpolluted or had low levels of pollution had a higher abundance of adults and a higher species richness than equivalent intermittent sites, suggesting that drought may affect local Odonata assemblages. Drought is recognized as an important stressor of Mediterranean hydrosystems which are exposed to a seasonal sequence of extreme flooding and drying, driven by a wide range of natural and anthropogenic disturbances (Bond, Lake & Arthington, 2008; Gasith & Resh, 1999; Hershkovitz & Gasith, 2013). Thus, it is expected that Mediterranean odonates' life history traits would be shaped by habitat and disturbances (Ferreras-Romero & García-Rojas, 1995; Samraoui, Bouzid, Boulahbal & Corbet, 1998; Schridde & Suhling, 1994; Statzner, Doledec & Hugueny, 2004) and their assemblages might reflect these selective pressures.

Because of increased demands of fresh water for human welfare, water abstraction for agriculture is widespread in North Africa and the presence of large dams and small impoundments alters flow regime, decreases ecosystem connectivity and exacerbates the impact of pollution (Karaouzias, Theodoropoulos, Vardakas, Kalogianni & Skoulikidis, 2018) with severe impact on macroinvertebrate communities (Bredenhand & Samways, 2009).

The PCA results suggested that pollution was collinear to both bed width and water conductivity. High values of electrical conductivity often indicate the presence of pollutants affecting water quality (Ding et al., 2015; Loock, Beukes & van Zyl, 2015). The results also showed that both environmental factors and odonates exhibited a significant altitudinal gradient, a result shown previously in the Middle and Lower Seybouse (Yalles-Satha & Samraoui 2017). As found in other studies (Allan, 1975; Culp & Davies, 2011; Hawking & New, 1999; Suhling, 2001; Ward & Voelz, 1998), this longitudinal zonation was associated with factors such as water flow, temperature, conductivity, substrate, pollution, bed width, vegetation cover, and biotic interactions. As a result, pollution-tolerant species like *I. graellsii* or *P. subdilatata* could be found in degraded habitats, whereas threatened and endemic species like *C. exul* and *G. lucasii* were confined to relatively well-preserved habitats with relatively clean water and well-preserved riverine vegetation. The CIA confirmed the presence of a longitudinal gradient but the co-structure between the fauna and the environmental descriptors could not be statistically demonstrated, possibly because of the limited number of sampling stations. Alternatively, other unmeasured factors could influence the distribution of odonates along Wadi Cherf.

Equally important are interspecific interactions to understand species co-occurrence (Schoener, 1982; Suhling, 1999) which may inform us on mechanisms by which species are distributed and whether they may coexist (Chesson, 2000; McPeck & Brown, 2000; Suhling, 1996). For example, the resilience of stressed macroinvertebrate communities is frequently tested by the colonization of degraded habitats by opportunistic, thermophilic, and highly dispersive species (Hafiane et al., 2016). The steady invasion of stressed North African wadis by thermophilic species (*Paragomphus genei*, *Brachythemis impartita*, *Diplacodes lefebvreii*, *Trithemis arteriosa* and *T. kirbyi*) and the concomitant extinction of threatened species has been well documented in the region (Morghad et al., 2019; Yalles-Satha & Samraoui, 2017).

Conservation

If considerable efforts over the last decades have been directed towards the protection of freshwater habitats, these efforts have been mainly focused on lentic habitats like freshwater lakes, salt lakes and ponds, and their vertebrate (mainly birds) communities (Samraoui & Samraoui, 2008). An indication of the neglected and sorry state of North African freshwater habitats is the proportion of threatened species in the region, which is higher, at 24.4%, than the 10% assessed worldwide (Clausnitzer et al., 2009; Samraoui et al., 2010).

Our results indicate that the upstream region of Wadi Cherf is still able to host threatened species confined to upstream habitats, relatively well preserved. Therefore, conservation efforts need to prioritize these habitats for protection. Unfortunately, neither wadis nor invertebrates figure prominently in Algeria's conservation strategy and unless urgent steps are taken to mitigate the current rate of habitat degradation and biodiversity loss of rivers and streams in North Africa, the ongoing anthropogenic pressures will disrupt the functioning of lotic ecosystems with ineluctable adverse consequences for human livelihoods in an already water-stressed region (Droogers et al., 2012; Islam & Susskind, 2015).

Acknowledgements

We are most grateful to an anonymous reviewer for valuable comments on our manuscript. This study was supported by the Algerian Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (M.E.S.R.S.).

ORCID

Farrah Samraoui  <http://orcid.org/0000-0003-2407-3004>

Boudjéma Samraoui  <http://orcid.org/0000-0002-0608-9021>

References

- Agüero-Pelegrín, M., Ferreras-Romero, M., & Corbet, P. S. (1999). The life cycle of *Lestes viridis* (Odonata: Lestidae) in two seasonal streams of the Sierra Morena Mountains (southern Spain). *Aquatic Insects*, *21*, 187–196. doi:10.1076/aqin.21.3.187.4522
- Allan, J. D. (1975). The distributional ecology and diversity of benthic insects in Cement Creek, Colorado. *Ecology*, *56*, 1040–1053. doi:10.2307/1936145
- Bond, N. R., Lake, P. S., & Arthington, A. H. (2008). The impacts of drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective. *Hydrobiologia*, *600*, 3–16. doi:10.1007/s10750-008-9326-z
- Bouchelouche, D., Kherbouche-Abrous, O., Mebarki, M., Arab, A., & Samraoui, B. (2015). Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Ecologie (Terre & Vie)*, *70*, 248–260.
- Boudot, J.-P., Kalkman, V. J., Azpilicueta Amorín, M., Bogdanović, T., Cordero Rivera, A., Degabriele, G., ... Schneider, W. (2009). Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North Africa. *Libellula Supplement*, *9*, 1–256.
- Bredenhand, E., & Samways, M. J. (2009). Impact of a dam on benthic macroinvertebrates in a small river in a biodiversity hotspot: Cape Floristic Region, South Africa. *Journal of Insect Conservation*, *13*, 297–307. doi:10.1007/s10841-008-9173-2
- Bried, J. T., & Samways, M. J. (2015). A review of odonatology in freshwater applied ecology and conservation science. *Freshwater Science*, *34*, 1023–1031. doi:10.1086/682174
- 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 biovulnerability indicator – Probability mapping using spatial uncertainty. *River Research and Applications*, *32*, 483–489. doi:10.1002/rra.2839
- Chesson, P. (2000). Mechanism of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *31*, 343–366. doi:10.1146/annurev.ecolsys.31.1.343
- Clausnitzer, V., Kalkman, V. J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J. E. M., Bedjanic, M., ... Wilson, K. (2009). Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, *142*, 1864–1869. doi:10.1016/j.biocon.2009.03.028
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, *199*, 1302–1310. doi:10.1126/science.199.4335.1302

- Corbet, P. S. (1999). *Dragonflies: Behavior and ecology of Odonata*. Ithaca: Cornell University Press. doi:10.1076/aqin.23.1.83.4929
- Culp, J. M., & Davies, R. (2011). Analysis of longitudinal zonation and the river continuum concept in the Oldman-South Saskatchewan River system. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39, 1258–1266. doi:10.1139/f82-167
- Ding, J., Jiang, Y., Fu, L., Liu, Q., Peng, Q., & Kang, M. (2015). Impacts of land use on surface water quality in a subtropical river basin: a case study of the Dongjiang River Basin, southeastern China. *Water SA*, 7, 4427–4445. doi:10.3390/w7084427
- Dolédec, S. & Chessel, D. (1994). Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology*, 31, 277–294. doi:10.1111/j.1365-2427.1994.tb01741.x
- Droogers, P., Immerzeel, W. W., Terink, W., Hoogeveen, J., Bierkens, M. F. P., van Beek, L. P. H., & Debele, B. (2012). Water resources trends in Middle East and North Africa towards 2050. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 3101–3014. doi:10.5194/hess-16-3101-2012
- Ferreras-Romero, M., & García-Rojas, A. M. (1995). Life-history patterns and spatial separation exhibited by the odonates from a Mediterranean inland catchment in southern Spain. *Vie et Milieu*, 45, 157–166. doi:10.1007/978-94-009-2397-3_44
- Ferreras-Romero, M., & Márquez-Rodríguez, J. (2014). Odonatos asociados a cursos estacionales de Sierra Morena (sur de España). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 38, 173–184.
- Ferreras-Romero, M., Márquez-Rodríguez, J., & Ruiz-García, A. (2009). Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *International Journal of Odonatology*, 12, 413–428. doi:10.1080/13887890.2009.9748354
- Fox, J. W. (2013). The intermediate disturbance hypothesis should be abandoned. *Trends in Ecology & Evolution*, 28, 86–92. doi:10.1016/j.tree.2012.08.014
- Gasith, A. & Resh, V. H. (1999). Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30, 51–81.
- Gillman, L. N., & Wright, S. D. (2006). The influence of productivity on the species richness of plants: a critical assessment. *Ecology*, 87, 1234–1243. doi:10.1890/0012-9658(2006)87[1234:tiopot]2.0.co;2
- 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). *Revue d'Ecologie (Terre & Vie)*, 71, 239–249.
- Hawking, J. H., & New, T. R. (1999). The distribution patterns of dragonflies (Insecta: Odonata) along the Kiewa River, Australia, and their relevance in conservation assessment. *Hydrobiologia*, 392, 249–260. doi:10.1023/a:1003510514937
- Hershkovitz, Y., & Gasith, A. (2013). Resistance, resilience, and community dynamics in mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia*, 719, 59–75. doi:10.1007/s10750-012-1387-3
- Hofmann, T. A., & Mason, C. F. (2005). Habitat characteristics and the distribution of Odonata in a lowland river catchment in eastern England. *Hydrobiologia*, 539, 137–147. doi:10.1007/s10750-004-3916-1
- Islam, S., & Susskind, L. (2015). Understanding the water crisis in Africa and the Middle East: How can science inform policy and practice? *Bulletin of the Atomic Scientists*, 71, 39–49. doi:10.1177/0096340215571906
- Karaouzas, I., Theodoropoulos, C., Vardakas, L., Kalogianni, E., & Skoulikidis, N. Th. (2018). A review of the effects of pollution and water scarcity on the stream biota of an intermittent Mediterranean basin. *River Research and Applications*, 34, 291–299. doi:10.1002/rra.3254
- Khelifa, R., Youcefi, A., Kahleras, 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. *Revue d'Ecologie (Terre & Vie)*, 66, 55–66.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25, 1–18. doi:10.18637/jss.v025.i01
- Loock, M. M., Beukes, J. P., & van Zyl, P. G. (2015). Conductivity as an indicator of surface water quality in the proximity of ferrochrome smelters in South Africa. *Water SA*, 41, 705–711. doi:10.4314/wsa.v41i5.14
- Morghad, F., Samraoui, F., Touati, L., & Samraoui, B. (2019). The times they are a changin': impact of land-use shift and climate warming on the odonate community of a Mediterranean stream over a 25-year period. *Vie et Milieu*, 69, 25–33.
- McPeck, M. A., & Brown, J. M. (2000). Building regional species pool: diversification of the *Enallagma* damselflies in Eastern North America. *Ecology*, 81, 904–920. doi:10.2307/177166
- Rahel, F. J., & Olden, J. D. (2008). Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation Biology*, 22, 521–533. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.00950.x
- R Development Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.
- Remsburg, A. J., & Turner, M. G. (2009). Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *Journal of North American Benthological Society*, 28, 44–56. doi:10.1899/08-004.1
- Riservato, E., Boudot, J.-P., Ferreira, S., Jović, M., Kalkman, V. J., Schneider, W., Samraoui, B., & Cuttelod, A. (2009). *The status and distribution of dragonflies of the Mediterranean Basin*. Gland, Switzerland: IUCN. doi:10.2305/iucn.ch.2009.18.en
- Samraoui, B. (2009). Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). *International Journal of Odonatology*, 12, 383–394. doi:10.1080/13887890.2009.9748352

- Samraoui, B., Boudot, J.-P., Ferreira, S., Riservato, E., Jovic, M., Kalkman, V. J., & Schneider, W. (2010). The status and distribution of dragonflies. In N. Garcia, A. Cuttelod, & D. Abdul Malak (Eds.), *The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa* (pp. 51–70). Gland, Switzerland: IUCN.
- 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. doi:10.1080/13887890.1998.9748100
- Samraoui, B., & Corbet, P.S. (2000a). The Odonata of Numidia. Part I: Status and distribution. *International Journal of Odonatology*, *3*, 11–25. doi:10.1080/13887890.2000.9748133
- Samraoui, B., & Corbet, P.S. (2000b). The Odonata of Numidia. Part II: Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, *3*, 27–39. doi:10.1080/13887890.2000.9748134
- Samraoui, B., & Menai, R. (1999). A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, *2*, 145–165. doi:10.1080/13887890.1999.9748126
- Samraoui, B., & Samraoui, F. (2008). An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, *58*, 71–98.
- Samways, M. J., McGeoch, M. A., & New, T. R. (2010). *Insect conservation: a handbook of approaches and methods*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Schoener, T. W. (1982). The controversy over interspecific competition. *American Scientist*, *70*, 586–590.
- Schridde, P., & Suhling, F. (1994). Larval dragonfly communities in different habitats of a Mediterranean running water system. *Advances in Odonatology*, *6*, 89–100.
- Solimini, A. G., Tarallo, G. A., & Carchini, G. (1997). Life history and species composition of the damselfly assemblage along the urban tract of a river in central Italy. *Hydrobiologia*, *356*, 21–32. doi:10.1023/a:1003123129478
- Statzner, B., Doledec, S., & Hugueny, B. (2004). Biological trait composition of European streams invertebrate communities: assessing the effects of various trait filter types. *Ecography*, *27*, 470–488. doi:10.1111/j.0906-7590.2004.03836.x
- Steward, T. W., & Downing, J. A. (2008). Macroinvertebrate communities and environmental conditions in recently constructed wetlands. *Wetlands*, *28*, 141–150. doi:10.1672/06-130.1
- Suhling, F. (1996). Interspecific competition and habitat selection by the riverine dragonfly *Onychogomphus uncutus*. *Freshwater Biology*, *35*, 209–217. doi:10.1046/j.1365-2427.1996.00491.x
- Suhling, F. (1999). Effects of fish on the microdistribution of different larval size groups of *Onychogomphus uncutus* (Odonata: Gomphidae). *Archiv für Hydrobiologie*, *144*, 229–244. doi:10.1127/archiv-hydrobiol/144/1999/229
- Suhling, F. (2001). Intraguild predation, activity patterns, growth and longitudinal distribution in running water odonate larvae. *Archiv für Hydrobiologie*, *151*, 1–15. doi:10.1127/archiv-hydrobiol/151/2001/1
- Ward, J. V., & Voelz, N. J. (1998). Altitudinal distribution patterns of surface water and groundwater faunas. In G. Bretschko, & J. Helešic (Eds.), *Advances in River Bottom Ecology* (pp. 135–142). Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers.
- Weiherr, E., & Keddy, P. A. (1999). *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi:10.1017/cbo9780511542237
- Wilkinson, D. M. (1999). The disturbing history of intermediate disturbance. *Oikos*, *84*, 145–147. doi:10.2307/3546874
- Yalles-Satha, A., & Samraoui, B. (2017). Environmental factors influencing Odonata communities of three Mediterranean rivers: Kebir-East, Seybouse and Rhumel Wadis, Northeastern Algeria. *Revue d'Ecologie (Terre & Vie)*, *72*, 314–329.