

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE ET BIOLOGIE VEGETALE**



**THESE DE DOCTORAT 3^{ème} CYCLE EN SCIENCES BIOLOGIQUES
Spécialité : Ecologie Animale et Environnement**

Présentée par :

LAMINE SMAIL

Sujet :

**Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des
Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères
Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau de la Kabylie du
Djurdjura.**

Soutenue publiquement le : 03/02 / 2021 Devant le jury d'examen composé de :

Président : Mr KELLOUCHE Abdellah Professeur UMMTO

Directeur de thèse : Mr LOUNACI Abdelkader Professeur UMMTO

Examineurs :

Mme SADOUDI-ALI AHMED Djamila Professeur UMMTO

Mr ARAB Abdeslam Professeur USTHB. Alger

Mr MOULAI Riadh Professeur UAM. Béjaia

Mr ZOUGGAGHE Fatah Professeur UAMO. Bouira

Laboratoire des Ressources Naturelles - FSBSA/ UMMTO

Remerciement

Le présent travail s'inscrit dans le cadre des thèmes de recherches du laboratoire « **Ressources Naturelles** ». Il a été mené sous la direction de Monsieur **LOUNACI ABDELKADER**, Professeur à la faculté des Sciences biologiques et sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ;

Je voudrais témoigner ma plus vive gratitude à Monsieur le Professeur **LOUNACI ABDELKADER**, qui m'a proposé ce sujet et qui a assuré d'une façon continue et avec beaucoup de bienveillance l'encadrement de ce travail auquel il a largement contribué. Sa grande expérience, ses remarques et ses conseils ont été la source de riches discussions et ont grandement facilité ce travail.

J'exprime toute ma profonde gratitude au Professeur **KELLOUCHE ABDELLAH**, pour avoir accepté de présider le Jury de mon doctorat.

Mes vifs remerciements vont aux Professeurs **ARAB Abdeslam**, **MOULAI Riadh**, **SADOUDI-ALI AHMED Djamila** et **ZOUGGAGHE Fatah** d'avoir accepté d'être membre du jury de cette thèse.

Mes sincères remerciements et reconnaissance vont à Mme **NARD Bennis et Mme Majida EL ALAMI EL MOUTAOUAKIL**, Professeurs à l'Université Abdelmalek Essaâdi faculté des Sciences de Tétouan (Maroc). Elles m'ont accueillie au sein de leur équipe de recherche et ont contribué à l'identification de nombreux spécimens d'invertébrés aquatiques (coléoptères Elmidae et Hydraenidae et Ephemeroptères). Elles n'ont jamais ménagé leur temps et s'arrangeaient toujours pour être disponible à chaque fois que je leur demandais conseil malgré leurs innombrables occupations.

Je souhaiterais exprimer ma reconnaissance à **Mme LOUNACI-DAOUDI Dhya**, **Mme SEKHI Samira**, **Mme HAOUCHINE Sabrina**, **Mme YASRI-CHEBOUBI Nabila**, **Melle Kechemir-Lina Hanane** et **Mr BAIKACHE Lyas** pour le grand intérêt qu'ils ont porté à ce travail, les suggestions qu'elles m'ont prodigué lors de sa rédaction et leur aide efficace. Leur contribution était primordiale tout au long de ce travail. Je les remercie très sincèrement de leur aide morale et scientifique dans les moments difficiles de cette thèse.

J'adresse mes vifs remerciements :

A mon cher papa, **Mokrane LAMINE**. Ce travail te fait honneur et est le fruit d'énormes sacrifices consentis. Tu m'as toujours soutenu même dans les moments de

découragements où j'ai été sur de ne rien valoir. Trouve ici l'expression de ma profonde gratitude et mon amour. Que Dieu te protège et te donne longue vie.

A ma chère maman **Baya Messoudi**. Mes mots me manquent pour exprimer ce que je ressens, combien sont grands les sacrifices que tu as consentis ? Quels sont leur prix ? Certainement ils sont hors de ma portée, car je ne pourrai même en toute une vie, en payer ne serait ce que le millième. Mon vœu le plus cher est que tu trouves dans cette thèse l'accomplissement de tous tes rêves, de tes sacrifices et de tes prières. Que Dieu te protège et te donne longue vie.

A mes chers amis et collègues, Djaffar OURAHMOUNE, Mohamed SELAH, Khaled CHAGHARE, Yacine MESSOUDENE. Les mots me manquent pour vos remercier. Vous avez été présents au moment où il fallait. Plus que des amis vous avez été des frères pour moi et vous m'avez aidé à surmonter les obstacles. Merci pour votre sympathie et votre affection. Trouvez ici mon immense et ma profonde gratitude. Sachons toujours garder notre amitié franche et sincère.

Je ne serais dressé la liste complète de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse, mais à tous je dis merci !!!

Dédicaces

Afin d'être reconnaissant envers ceux qui m'ont appuyé et encouragé à réaliser ce travail de recherche, je dédie ce mémoire :

A mon père, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour les immenses sacrifices, qu'il n'a cessé de consentir à ma formation et mon bien être.

A ma mère, pour son affection, son amour et son soutien moral. Qu'elle trouve ici l'expression de ma grande reconnaissance, mon grand attachement et mes sentiments les plus sincères.

A ma chère Hayat, qui a été toujours à mes côtés dans les moments difficiles. Qu'elle trouve ici l'expression de mon grand amour et de ma reconnaissance pour son soutien et sa contribution dans la réalisation de ce travail

A mes sœurs et mes frères

Et à tous ceux qui ont contribué de loin et de près à la réalisation de ce travail.

Résumé

Résumé

Les résultats d'une étude de quatre ordres d'insectes aquatiques Ephemeroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae (EPTC) dans les cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura (Algérie du Nord) sont exposés.

La recherche a été menée sur 30 stations (entre 140 et 1680 m d'altitude) regroupant une grande variété d'eau courantes, depuis les ruisseaux de sources jusqu'aux grands cours d'eau de plaine. Les échantillonnages ont été effectués de mars 2014 à juin 2016 à raison de cinq récoltes en moyenne par année. 79 taxa ont été dénombrés : Ephemeroptères 19, Plécoptères 23, Trichoptères 19 et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae 18. *Marthamea bayae* est nouvellement décrite, le genre *Marthamea* est nouveau pour l'Afrique du Nord et six autres espèces sont de nouvelles citations pour l'Algérie et/ou la Kabylie (*Protonemura algirica bejaiana*, *Leuctra khroumiriensis*, *Hydraena (Hydraena) leprieuri*, *Limnebius pilicauda*, *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* et *Limnius intermedius*).

Comparés aux peuplements benthiques des réseaux hydrographiques des autres régions du Maghreb, la richesse spécifique des cours d'eau étudiés paraît ici relativement moins diversifiée. Beaucoup d'espèces sont communes avec la faune de l'Europe méditerranéenne. La faune EPTC de Kabylie est nettement paléarctique, dominée par des éléments à distribution ouest-méditerranéenne. Les endémiques sont nombreux.

L'abondance, la richesse spécifique et la distribution longitudinale ont été étudiées le long des cours d'eau. La richesse spécifique des différentes stations n'évolue pas en fonction de l'altitude. Les stations riches en taxons se situent aussi bien en altitude qu'en plaine, et la composition des peuplements d'EPTC diffère d'une station à une autre avec une évolution des communautés d'un cours d'eau à un autre. Dans les stations de piémont et de basse altitude, ce sont les Ephemeroptères qui dominent. Les Plécoptères sont plus diversifiés dans les habitats à eau fraîche. Certains sites renferment plus de Coléoptères Elmidae et Hydraenidae, alors que les Trichoptères sont plus inféodés aux stations bordées de feuillus à substrat mixte et riche en débris végétaux.

Mots clés : Cours d'eau, Ephemeroptères, Plécoptères, Trichoptères, Coléoptères Elmidae et Hydraenidae, distribution, écologie, biogéographie, Kabylie du Djurdjura, Algérie.

Abstract

Abstract

The current study deals with four orders of aquatic insects Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera and Coleoptera Elmidae and Hydraenidae (EPTC) in the watercourse of Kabylia of Djurdjura (northern Algeria).

The investigation was carried out at 30 sites, along an altitudinal gradient, ranging from 140 to 1680 m, including a large variety of flowing waters, from stream sources to the major valley river. Five sampling campaigns per year were carried out from March 2014 to June 2016. Seventy-nine taxa were identified: Ephemeroptera 19, Plecoptera 23, Trichoptera 19 and Coleoptera Elmidae and Hydraenidae 18. *Marthamea bayae* has been newly described. The genus *Marthamea* is a new identification in North Africa. In addition, six other species are new citations for Algeria and/or the region of Kabylia (*Protonemura algirica bejaiana*, *Leuctra khroumiriensis*, *Hydraena (Hydraena) leprieuri*, *Limnebius pilicauda*, *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* and *Limnius intermedius*).

The specific richness of our study area is lower than those reported in the benthic populations of other water systems of the Maghreb region. Moreover, many of our identified species are common with the Mediterranean Europe fauna. The EPTC fauna of Kabylia is Palearctic, dominated by western Mediterranean distribution elements, and marked by numerous endemics.

The specific richness, the abundance and the longitudinal distribution were analyzed alongside the watercourse. The results did not show any relationship between the specific richness and the elevation. The richest sites in taxa are located both at high elevations and in the valley area, and the EPTC population composition differs from a site to another with an evolution of the communities from a stream to another. Ephemeroptera dominated in sites of low elevations and in those at the foothills of the mountains. Plecoptera were the most diversified within cold water habitats. Some sites contained more Coleoptera Elmidae and Hydraenidae, whereas Trichoptera species are more specific to sites bordered by leafy trees with a mixed substratum rich in plant residues.

Key words: Watercourse, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera Elmidae and Hydraenidae, distribution, ecology, biogeography, Kabylia of Djurdjura, Algeria.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

1.- Situation et cadre géographique de la région d'étude	5
1.1.- La chaîne du Djurdjura	5
1.2.- Le bassin du Sébaou	6
2.- Contexte géologique	6
3.- Réseau hydrographique	8
4.- Climatologie	10
4.1.- Les précipitations.....	11
4.1.1.- Précipitations annuelles	11
4.1.2.- Précipitations mensuelles.....	12
4.1.3.- Neige	13
4.2.- Les températures.....	14
5.- Le couvert végétal	15
6.- Perturbations anthropiques	18
7.- Protection de l'environnement	20

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

1.- Démarche générale	22
2.- Description d'ensemble des cours d'eau étudiés et emplacement des stations	22
2.1.- Cours d'eau et stations d'étude.....	23
2.1.1.- Oued Sébaou	25
2.1.2.- Le sous-bassin de l'oued Boubhir.....	26
2.1.2.1.- Assif Oussardoune	26
2.1.2.2.- Assif Sahel	27
2.1.2.3.- Oued Boubhir.....	28
2.1.3.- Le sous-bassin de l'oued Aissi.....	32
2.1.3.1.- Assif Djemâa.....	32
2.1.3.2.- Assif Harzoune	32
2.1.3.3.- Assif Larbâa.....	33
2.1.3.4.- Assif Ouadhias.....	36
2.1.4.- Le sous-bassin de l'oued Bougdoura	39
2.1.4.1.- Assif Chemlili	39
2.1.4.2.- Assif Nechebel.....	40

3.- Paramètres environnementaux	43
3.1.- Profils topographiques des cours d'eau	44
3.2.- Débit et écoulement de l'eau	45
3.3.- Vitesse du courant	45
3.4.- Profondeur, largeur et section mouillée.....	46
3.5.- Substrat	46
3.6.- Végétation bordante.....	47
3.7.- Températures de l'eau	47
3.8.- Activités humaines	48
4.- Méthodes d'étude	49
4.1.- Techniques d'échantillonnage	50
4.1.1.- Chasse d'adulte (Capture d'imagos).....	50
4.2.- Conservation des échantillons	51
4.3.- Tri et identification de la faune.....	51

Chapitre III : La faune- Analyse globale

1.- Analyse globale de la faune	52
1.1.- Richesse stationnelle.....	55
1.- Les Ephéméroptères	58
1.1.- Analyse du peuplement	62
1.1.1.- Faunistique.....	62
1.1.2.- Richesse spécifique.....	62
1.1.3.- Abondance et occurrence des espèces	64
1.2.- Distribution altitudinale des espèces	65
1.3.- Ecologie des espèces inventoriées.....	67
1.4.- Biogéographie des Ephéméroptères	78
1.5.- Discussion des résultats	78
Conclusion	81
2.- Les Plécoptères	83
2.1.- Analyse du peuplement	84
2.1.1.- Faunistique.....	84
2.1.2.- Richesse spécifique.....	86
2.1.3.- Abondance et occurrence des espèces inventoriées.....	87
2.2.- Répartition altitudinale des espèces.....	89
2.3.- Ecologie des espèces recensées	91
2.4.- Biogéographie des espèces maghrébines.....	106
2.4.1.- Analyse du peuplement plécoptérologique.....	110

2.4.2.- Aire de répartition des espèces	112
2.5.- Discussion.....	114
Conclusion	116
3.- Les Trichoptères	117
3.1.- Analyse du peuplement	117
3.1.1.- Faunistique.....	117
3.1.2.- Richesse spécifique.....	120
3.1.3.- Abondance et occurrence des espèces recensées	121
3.2.- Limites altitudinales des espèces	122
3.3.- Ecologie des espèces inventoriées.....	124
3.4.- Données biogéographiques du peuplement	134
3.5.- Discussion.....	135
Conclusion	138
4.- Les Coléoptères	139
4.1.- Analyse du peuplement	140
4.1.1.- Faunistique.....	140
4.1.2.- Richesse spécifique.....	142
4.1.3.- Abondance et occurrence des espèces recensées	143
4.2.- Limites altitudinales des espèces	144
4.3.- Ecologie des espèces recensées	146
4.3.1.- Famille des Hydraenidae	146
4.3.2.- Famille des Elmidae.....	150
4.4.- Considérations biogéographiques.....	155
4.5.- Analyse comparative des communautés avec les régions avoisinantes	156
4.6.- Analyse biogéographique des espèces maghrébines	159
4.6.1.- Résultats.....	163
4.6.1.1.- Groupe d'espèces à large distribution.....	163
4.6.1.2.- Groupe d'espèces à distribution Paléarctique.....	163
4.6.1.3.- Groupe d'espèces à distribution Méditerranéenne.....	164
4.7.- Discussion.....	168
Conclusion	170
Conclusion générale	172
Références bibliographiques	175
Annexes	206

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 1	Situation géographique de la zone d'étude	7
Figure 2	Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (Flandrin, 1952)	9
Figure 3	Chevelu hydrographique du bassin versant du Sébaou	10
Figure 4	Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités du Djurdjura	13
Figure 5	Précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans quelques localités de la vallée du Sébaou	13
Figure 6	Températures moyennes mensuelles extrapolées à Thala-Guilef (alt. 1650 m) à partir d'Ait-Ouabane (alt. 1000 m), période : 1990-2009 (données de Krouchi, 2010)	15
Figure 7	Températures moyennes mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou (alt. 190 m) période : 1995-2015 (données ANRH de Tizi-Ouzou)	15
Figure 8	Localisation des cours d'eau étudiés et emplacement des 30 stations étudiées	24
Figure 9	Variation des débits moyens mensuels de l'oued Boubhir- période : 2007-2015	45
Figure 10	Amplitudes thermiques enregistrées dans les stations étudiées	48
Figure 11	Distribution des stations le long d'un gradient de diversité décroissant	56
Figure 12	Evolution de la richesse spécifique des Ephéméroptères recensés en fonction de l'altitude aux stations étudiées	63
Figure 13	Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées	65
Figure 14	Variation de la richesse spécifique des Plécoptères recensés en fonction de l'altitude aux stations étudiées	87
Figure 15	Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées	88
Figure 16	Evolution de la richesse spécifique des Trichoptères recensés en fonction de l'altitude dans les 30 stations étudiées	119
Figure 17	Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées	122

Liste des figures (suite)

Figures	Titre	Page
Figure 18	Evolution de la richesse spécifique des Coléoptères Elmidae, Hydraenidae recensés en fonction de l'altitude aux stations étudiées	142
Figure 19	Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées	144
Figure 20	Richesse spécifique des Coléoptères aquatiques d'Elmidae et d'Hydraenidae dans différentes régions du Maghreb	158
Figure 21	Composition chorologique des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae du Maghreb	167
Figure 22	Composition du chorotype "Large distribution" des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae du Maghreb	167
Figure 23	Composition du chorotype "Paléarctique" des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae du Maghreb	167
Figure 24	Composition du chorotype "Méditerranéen" des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae du Maghreb	167

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau 1	Altitude, pente à la station et pente moyenne des cours d'eau étudiés	43
Tableau 2	Inventaire faunistique	53
Tableau 3	Richesse spécifique dans quelques réseaux hydrographiques du bassin méditerranéen	54
Tableau 4	Richesse taxonomique aux stations étudiées	55
Tableau 5	Répartition des stations les plus diversifiées selon un gradient altitudinal et composition du peuplement hébergé dans chaque station	57
Tableau 6	Répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1 m ²)	61
Tableau 7	Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Ephéméroptères recensés en fonction de l'altitude	66
Tableau 8	Répartition des Plécoptères aux stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1m ²)	85
Tableau 9	Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Plécoptères recensés en fonction de l'altitude	90
Tableau 10	Liste des espèces de Plécoptères connues du Maghreb	108-109
Tableau 11	Nombre d'espèces de Plécoptères communes aux différentes régions du Maghreb	112
Tableau 12	Répartition des Trichoptères aux stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1m ²)	119
Tableau 13	Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Trichoptères recensés en fonction de l'altitude	124
Tableau 14	Répartition des Coléoptères aquatiques (Elmidae, Hydraenidae) dans les stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1m ²)	141
Tableau 15	Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Coléoptères aquatiques Elmidae, Hydraenidae recensés en fonction de l'altitude	145
Tableau 16	Nombre d'espèces communes des Coléoptères aquatiques (Elmidae, Hydraenidae) aux différentes régions du Maghreb	159
Tableau 17	Comparaison du nombre de genres (Nb. G), d'espèces (Nb. Esp), de micro-endémiques (EN) et d'endémiques maghrébines (E Mag) et % d'endémisme (% End) des Coléoptères Elmidae et Hydraenidae d'Algérie, du Maroc et de la Tunisie	161

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Le monde est aujourd'hui confronté à une véritable crise générale de la biodiversité (MARTON-LEFÈVRE, 2010 ; HOOPER et *al.*, 2012 ; MENDENHALL et *al.*, 2012), elle est l'un des principaux défis auxquels l'humanité fait face actuellement (PURVIS & HECTOR, 2000). Cette érosion massive est due à l'accélération croissante du taux d'extinction des espèces suite à l'activité anthropique (MYERS & KNOLL, 2001 ; HE & HUBBELL, 2011 ; CAFARO & PRIMACK, 2014), provoquant ainsi une perte irréversible de l'information biologique avec des conséquences imprédictible (KERR & CURRIE, 1995 ; PURVIS & HECTOR, 2000 ; RANDS et *al.*, 2010). De ce fait, la conservation de la biodiversité est devenue une préoccupation mondiale et un objectif de priorité. Elle requiert entre autre, des mesures concrètes de protection axées sur les espèces et les espaces les abritant. Toutefois et pour pouvoir atteindre les objectifs de la conservation de la biodiversité, il est nécessaire de connaître la distribution et le statut de conservation de la biodiversité avec le plus de précision possible.

D'une manière générale, lorsqu'on parle de la biodiversité, il est inévitable de faire référence à la diversité biologique des écosystèmes aquatiques continentaux qui est disproportionnellement élevée par rapport à celle des autres écosystèmes. Les habitats d'eau douce couvrent moins de 1 % de la surface terrestre et ils abritent pourtant plus de 25 % de tous les vertébrés décrits, plus de 126000 espèces animales et près de 2600 plantes macrophytes (DARWALL et *al.*, 2008). Ils sont pourtant reconnus par la communauté scientifique comme étant gravement menacés au niveau global (REVENGA & KURA, 2003 ; LÉVÊQUE et *al.*, 2005 ; DUDJEAN et *al.*, 2006).

La croissance de la population humaine, ainsi que le développement industriel et agricole, exercent une pression massive sur tous les écosystèmes d'eau douce. Les prélèvements d'eau, la pollution, le drainage des zones humides, la canalisation des cours d'eau, la déforestation entraînant une sédimentation, l'introduction d'espèces envahissantes et la surexploitation, ont des impacts majeurs sur la biodiversité des eaux continentales. De plus, les changements climatiques et la raréfaction croissante de l'eau douce ne feront probablement qu'empirer l'état de cette diversité aquatique. Pour certains auteurs, la perte de la biodiversité au sein de ces écosystèmes serait beaucoup plus importante que dans les autres écosystèmes (ALLAN & FLECKER, 1993 ; MASTER et *al.*, 1998 ; RICCIARDI & RASMUSSEN, 1999), si on tient compte du manque d'information pour de nombreux groupes, notamment les invertébrés (LÉVÊQUE et *al.*, 2005). Ces derniers et malgré qu'ils constituent une composante essentielle des écosystèmes aquatiques, et malgré le rôle qu'ils jouent dans le maintien de l'intégrité et de l'équilibre de ces écosystèmes, continuent de susciter peu de priorité dans les initiatives de conservation, menées par des organismes nationaux et internationaux (BALMFORD et *al.*, 2002 ; SAUNDERS et *al.*, 2002). Ceci est dû, selon certains auteurs, au fait que les données sur la présence et la distribution de la plupart des invertébrés en général et des arthropodes en particulier sont très incomplètes

Introduction générale

(LOMOLINO, 2004). Cette limitation est presque générale dans pratiquement tout le monde et pour la plupart des arthropodes, à l'exception de certaines espèces emblématiques et protégées en Amérique du Nord et en Europe (MILLÁN *et al.*, 2014).

Nonobstant, depuis quelques décennies, les études hydrobiologiques ont connu un intérêt particulier et un développement spectaculaire. La répétition d'études descriptives et synthétiques et l'introduction de méthodes analytiques et statistiques ont permis d'améliorer la connaissance de l'écologie des peuplements aquatiques et le fonctionnement des systèmes limniques.

Les cours d'eau sont considérés parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (DYNESIUS & NILSSON, 1994). Ils jouent un rôle dans la conservation de la biodiversité, dans le fonctionnement des organismes, et dans le cycle de matière organique.

En Algérie du Nord, la complexité des hydrosystèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux, se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés benthiques avec une perte de diversité et/ou de déséquilibres démographiques.

En s'appuyant sur les études faunistiques (répartition spatio-temporelle et structure des communautés benthiques), il sera possible de comprendre le fonctionnement des cours d'eau méditerranéens et de mettre au point, pour leur gestion, des outils d'évaluations de leur état de santé écologique (bioindicateurs).

L'étude de la macrofaune benthique des cours d'eau du Nord de l'Algérie a été entreprise ces dernières décennies afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie (facteurs de répartition des espèces, distribution spatiale ...) ainsi que la biogéographie.

Un certain nombre de travaux sur cette région ont déjà été exposés par différents auteurs, auxquels viennent s'ajouter des essais faunistiques réalisés récemment. Les premiers travaux sur la limnologie datent de la fin du XIX^{ème} siècle et ils sont consacrés principalement à la description d'espèces, leur écologie n'étant que sommairement abordée : MORTON (1896), BEDEL (1895, 1925), EATON (1899), PEYERIMHOFF (1905, 1925, 1931), PIC (1905), SEURAT (1922, 1934), EDWARDS (1923), LESTAGE (1925), PURI (1925), NAVAS (1929), POISSON (1957, 1961).

Des études étalées dans le temps sont rares. Seules deux études hydrobiologiques (entre 1920 et 1960) ont été réalisées : GAUTHIER (1928) sur la faune des eaux continentales d'Algérie et de Tunisie, et VAILLANT (1955) sur la faune macroléontine d'Afrique du Nord.

Après 1980, des programmes d'études hydrobiologiques furent lancés par les laboratoires de l'Université de Tizi-Ouzou, de Tlemcen et de l'USTHB. Les principaux travaux connus sont

Introduction générale

ceux de GAGNEUR *et al.* (1986) sur les Oligochètes d'Algérie, KADDOURI (1986) sur les Coléoptères *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de Tunisie, LOUNACI (1987) sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande-Kabylie), MALICKY & LOUNACI (1987) sur les Trichoptères de Tunisie, d'Algérie et du Maroc, AÏT MOULOUD (1988) sur la dérive des macroinvertébrés dans l'oued Aïssi (faunistique, écologie et biogéographie), GAGNEUR & CLERGUE-GAZEAU (1988) sur les Diptères Simuliidae d'Algérie, GAGNEUR & THOMAS (1988) sur les Ephéméroptères d'Algérie, GAGNEUR & ALIANE (1991) sur les Plécoptères du bassin de la Tafna, MOUBAYED *et al.* (1992) sur les Diptères Chironomidés d'Algérie, SAMRAOUI *et al.* (1993) sur les Odonates d'El Kala, LOUNACI- DAOUDI (1996) sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes du réseau hydrographique du Sébaou, THOMAS (1998) sur les Ephéméroptères d'Algérie, du Maroc et de la Tunisie, SAMRAOUI & MENAÏ (1999) sur les Odonates d'Algérie, LOUNACI *et al.* (2000a, 2000b) sur les macroinvertébrés benthiques du bassin de l'oued Sébaou, SAMRAOUI & CORBET (2000a, 2000b) sur les Odonates de la Numidie, MEBARKI (2001) sur les milieux lotiques montagnards du Djurdjura, ARAB *et al.* (2004) sur les peuplements aquatiques des oueds Chéelif, Mouzaïa et de la Chiffa, LOUNACI (2005) sur les macroinvertébrés benthiques de la Kabylie du Djurdjura, MOUBAYED-BREIL *et al.* (2007) sur les Diptères Chironomidés de Kabylie, ZERGUINE *et al.* (2009) sur les Chironomidés du Nord-est de l'Algérie, ZOUGGAGHE & MOALI (2009) sur les macroinvertébrés de la région de Béjaïa.

Plus récemment encore, les travaux réalisés ont porté sur les : Chironomidés du Nord-est de l'Algérie (CHAIB *et al.*, 2011, 2013), Hétéroptères de la Numidie (ANNANI *et al.*, 2012), Plécoptères d'Algérie (YASRI *et al.*, 2013 ; YASRI-CHEBOUBI *et al.*, 2013 ; YASRI-CHEBOUBI *et al.*, 2016), Diptères Simuliidae du bassin versant de la Tafna (CHAOUI-BOUDGHANE-BENDIOUIS *et al.*, 2014), Trichoptères de Grande-Kabylie (SEKHI *et al.*, 2016), Ephéméroptères de l'oued Abdi (BEBBA *et al.*, 2015), Ephéméroptères des cours d'eau du Nord de l'Algérie (MEBARKI *et al.*, 2017).

Le présent travail consiste en une étude hydrobiologique globale des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Il s'inscrit dans le cadre d'une meilleure connaissance des écosystèmes lotiques d'Algérie en particulier et d'Afrique du Nord en général. Il est axé principalement sur l'étude de données faunistiques et se fixe pour objectif d'une part, de rassembler les données bibliographiques sur les groupes systématiques considérés (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae) et d'autre part, de dresser une liste faunistique de référence de ces mêmes groupes, et d'autre part encore, de préciser la distribution spatiale et l'écologie des espèces.

Les résultats que nous présentons complètent, en altitude, ceux de nos prédécesseurs. Ils seront analysés et confrontés aux données de la littérature concernant l'écologie des eaux courantes de la zone méditerranéenne. De cette comparaison, nous essayerons de dégager les

Introduction générale

particularités des écosystèmes lotiques de cette région d'Algérie, qui subissent l'influence des contrastes climatiques et hydrologiques aggravés par les actions anthropiques.

Sur le plan biogéographique, elle vise à compléter et approfondir les connaissances sur les relations qui peuvent exister entre la faune régionale (locale) et celles des régions voisines. La faune d'Algérie présente un intérêt évident à cause de la situation géographique, à l'ouest du bassin méditerranéen entre le Sud-ouest de l'Europe et la région africaine.

L'ensemble de ce travail se compose de trois chapitres :

- le premier est consacré à l'étude des principales caractéristiques physiques et environnementales de la région d'étude (géographie, géologie, climatologie, végétation, impact humain) ;

- le second chapitre traite des sites d'étude, des techniques d'échantillonnage et des paramètres environnementaux ;

- le troisième qui représente la majeure partie de ce travail est consacré à l'étude de la faune recensée : analyse faunistique, écologique et biogéographique des groupes zoologiques considérés (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae). Selon l'état d'avancement des connaissances, certains de ceux-ci ont fait l'objet d'un bref commentaire ou, par contre, ont pu être comparés à ceux des régions voisines. L'étude écologique porte le plus souvent sur les facteurs de répartition des espèces et sur leur distribution longitudinale.

Certains passages de ce chapitre sont élaborés à partir d'articles publiés et sont intégrés in extenso dans cette thèse, ce qui explique que ces passages sont rédigés en langue anglaise et puisse présenter quelques redondances avec la partie relative à l'autoécologie des espèces et répartition.

Chapitre I :
Description générale du milieu d'étude

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

Pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, et compte tenu des particularités propres de l'Algérie du Nord et particulièrement en Kabylie qui constitue notre zone d'étude, il est nécessaire d'aborder les différents aspects : structure géographique, géologie, climatologie et hydrologie. Nous en donnerons les traits caractéristiques principaux en relation avec notre étude ; ils se limitent à une synthèse générale établie à partir de plusieurs ouvrages ou études réalisées par des auteurs ayant travaillé sur ce pays: (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; DERRIDJ, 1990 ; ABDESSELAM, 1995 ; YAKOUB, 1996, 2005 ; LOUNACI, 2005).

1.- Situation et cadre géographique de la région d'étude

La Kabylie du Djurdjura constitue notre région d'étude. Elle est située dans le centre Nord de l'Algérie, à 100 km à l'Est d'Alger et à moins de 50 km au Sud du littoral méditerranéen (fig. 1). Comprise entre 3°35' et 5°05' de longitude Est, et entre 36°22' et 36°55' de latitude Nord, elle s'étend d'Ouest en Est, de Thenia à Bejaia et du Sud au Nord, depuis les massifs montagneux du Djurdjura jusqu'à la vallée du Sébaou (Tizi-Ouzou). Dans l'impossibilité d'étudier l'ensemble des cours d'eau s'étendant sur une superficie de 4000 km², il nous a paru intéressant de retenir l'oued Sébaou, principale cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura, et ses principaux affluents : l'oued Boubhir qui draine les écoulements en provenance de la dorsale orientale du Djurdjura et du massif de l'Akfadou, l'oued Aïssi qui collecte les écoulements de la dorsale médiane du Djurdjura et l'oued Bougdoura qui draine les écoulements de la dorsale occidentale du Djurdjura.

1.1.- La chaîne du Djurdjura

C'est la plus importante chaîne de tout le Tell algéro-tunisien, elle représente une incontestable entité géographique. C'est le noyau autour duquel se rattache tout le système montagneux de la région (MEDDOUR, 2010).

Elle s'étend sur 60 km, de Tizi Djaboub (1185 m) à l'Ouest, jusqu'à Tizi n'Chria (1231m) à l'Est avec une largeur n'excédant pas 10 km. Elle est, en réalité, composée de deux chaînes unies, formant une crête continue en forme d'arc ouvert vers le Nord, dont les dépressions se maintiennent au-dessus de 1600 mètres d'altitude, à l'exception de sa partie orientale (Chellata) qui ne présente pas de tel type de dépression. Au Nord, ces crêtes hardies s'abaissent brusquement sur les contreforts du massif Kabyle ou s'échelonnent par des gradins escarpés sur la grande dépression de Draâ-El-Mizan, à l'Ouest. Au Sud, un enchaînement de contreforts importants, surtout dans la partie centrale, s'abaissent à la vallée de l'oued Sahel, dont l'altitude ne dépasse pas 450 mètres (FICHEUR, 1890). A l'Est, la chaîne s'infléchit dans sa partie moyenne vers le Nord-Est, et s'achève brusquement vers la côte, non loin de l'embouchure de l'oued Soummam.

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

Le Djurdjura échelonne une dizaine de crêtes rocheuses dépassant l'altitude de 2000 m. Les cols, souvent situés au pied des pics les plus élevés, font la jonction entre le Djurdjura et la vallée de l'oued Sahel.

1.2.- Le bassin du Sébaou

Le principal cours d'eau du réseau hydrographique de la Kabylie du Djurdjura est le Sébaou. Il est formé par la réunion de plusieurs affluents torrentueux, lesquels prennent naissances sur le versant Nord du massif du Djurdjura (oued Sahel, oued Boubhir, oued Aissi, oued Bougdoura), ou sur les pentes Sud de la chaîne littorale qui lui parallèle (oued Diss, oued Tamda, oued Stita). Il coule entre la région des contreforts et la chaîne littorale et se jette un peu plus à l'Ouest de Dellys.

Le Sébaou serpente dans une zone assez large d'alluvions et traverse une grande vallée intérieure (vallée du Sébaou), parfois resserrée sur son parcours (cas du lieu dit pont de Bougie), parfois aussi beaucoup plus large comme à Tamda, partout cultivée ou recouverte de pâturage. Le bassin du Sébaou se développe sous l'aspect de «mamelons» argileux dénudés, d'une altitude moyenne de 100 – 200 m. Il domine vers le Nord, la chaîne côtière où les pentes sont ravinées, dominées par quelques chaînons aux parois découpées, dont le principal est le rocher d'Abizar, vers le Sud par la chaîne du Djurdjura, vers l'Est par le massif d'Akfadou, enfin vers l'Ouest le bassin bifurque pour entourer les massifs de Sidi Ali Bounab et Djebel Bouberak.

2.- Contexte géologique

La géologie des terrains influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement des surfaces. Dans ce dernier cas, l'étude géologique d'un bassin versant, dans le cadre d'un projet hydrologique, a surtout pour objet de déterminer la perméabilité des formations lithologiques. Celle-ci intervient sur la vitesse de montée des crues, sur leur volume, ainsi que sur l'aggravation du phénomène d'inondation (BELAGOUNE, 2012).

Notre région d'étude, la Kabylie du Djurdjura, fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas Tellien, zone plissée Alpine de l'Afrique du Nord, caractérisée par sa complexité lithologique et structurale. Sa description géologique se résume dans sa globalité aux études stratigraphiques, tectoniques et orogènes (FLANDRIN, 1952 ; THIEBAULT, 1952 ; RAYMOND, 1976 ; GELARD, 1979 ; DAGORNE & MAHROUR, 1984 ; YAKOUB, 1996). Les cartes géologiques de cette région décrivent une lithologie variée et une structure complexe. Les massifs de Kabylie appartiennent à cet ensemble du Tell algérien où se montrent les terrains les plus anciens et les plus variés.

Du point de vue géomorphologique (fig. 2), on distingue une série de compartiments assez distincts composée par la chaîne calcaire du Djurdjura, le massif cristalophilien de la Grande Kabylie, la vallée de l'oued Sébaou et enfin la chaîne littorale.

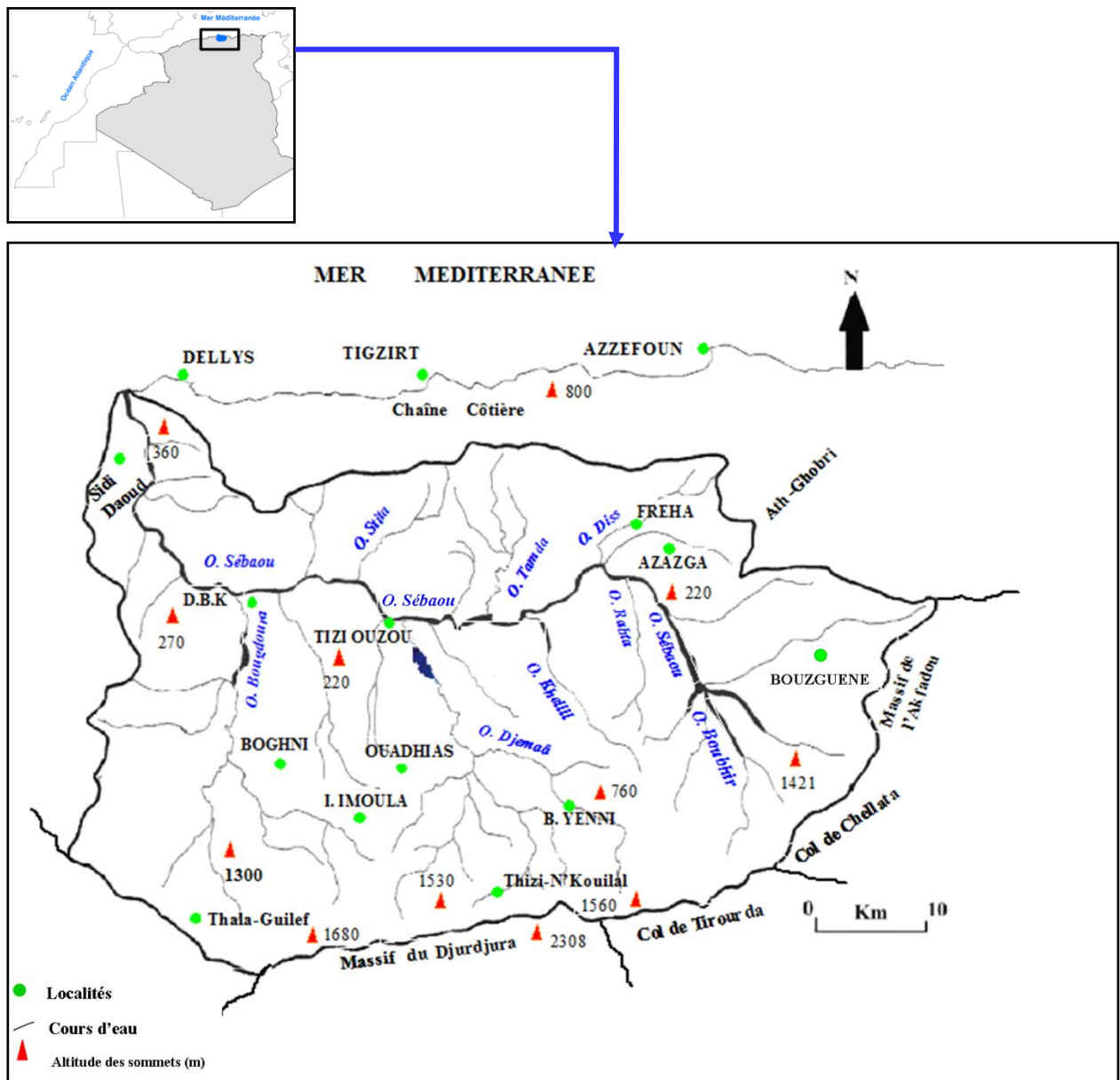


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Le Djurdjura fait partie de la dorsale Kabyle, qui correspond à une couverture sédimentaire Mésozoïque, composée de calcaires du Lias et de l'Eocène, de dolomies du Trias au Lias inférieur, de schiste primaires, de grès permien, et de détritiques nummulitiques (DURAND-DELGA, 1969). Cette chaîne calcaire grâce à sa structure complexe, a amené différents auteurs à distinguer autant d'unités du Sud au Nord : unité de Tamgout de Lalla Khedidja (Dorsale externe), unité de Tikjda et unité de Haïzer-Ras Timdouine (Dorsale médiane), unité de Pic 1865 m et unité de Kouriets (Dorsale interne) (FLANDRIN, 1952). La nature calcaire de cette formation, affectée de nombreuses fractures qui favorisent une infiltration des eaux de pluies, explique la formation d'un important réseau karstique en profondeur. Selon YAKOUB (2005), ce

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

massif libère des sources dont les débits ne sont pas négligeables comme dans le cas d'Aït-Ouabane, Tinzert etc.

Le socle cristallin Kabyle, est formé de terrains métamorphiques ou non, d'âge Protérozoïque à Paléozoïque, constituant le substratum de la dorsale Kabyle. Le socle Kabyle est subdivisé en trois ensembles :

- ◆ Le cristallophillien inférieur, essentiellement gneissique avec des intercalations de marbre et d'amphiboles ; le tout recoupé par des filons de quartz et de tourmaline.
- ◆ Le cristallophillien supérieur, composé de schistes satines à quartz alternant avec des grès.
- ◆ La couverture sédimentaire Paléozoïque à formation gréseuse et carbonatée peu ou pas métamorphique, discordante des phyllades.

Les terrains conglomératiques, gréseux et marneux du Néogène post-nappes, occupent l'essentiel de la vallée de l'oued Sébaou et constituent le substratum des terrains du Quaternaire

Quant à la chaîne littorale, elle est définie comme étant un vaste anticlinal où les mouvements tangentiels ont provoqué la succession de grandes nappes de charriages durant le tertiaire. Il a été observé dans la partie Ouest de la région et de bas en haut : l'oligo-miocène Kabyle, les flyschs de l'unité d'Afir et l'unité Tellienne de Dellys.

3.- Réseau hydrographique

Le bassin versant du Sébaou est constitué de plusieurs massifs découpés profondément par des ravins à pente abrupte, parcourus par des torrents et des oueds dont les principaux coulent généralement du Sud vers le Nord (Bougoura, Aïssi, Rabta, Boubhir, Khellil, etc) (fig.3).

Le cours d'eau principal (oued Sébaou), coincé dans une vallée étroite entre les massifs littoraux et les massifs méridionaux, occupe une direction sensiblement Est-Ouest jusqu'à Tadmait où il bifurque vers le Nord pour rejoindre la côte méditerranéenne.

Ce réseau hydrographique, très dense, est caractérisé dans sa partie majeure par des écoulements dont les débits sont très faibles et souvent secs durant une longue période de l'année. Durant la saison estivale, les débits d'étiages observés sont libérés par la restitution des eaux souterraines de la nappe alluviale du Sébaou en certains endroits et par les principales sources localisées dans le Djurdjura (Main du Juif ; Aït Ouabane ; Tinzert).

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

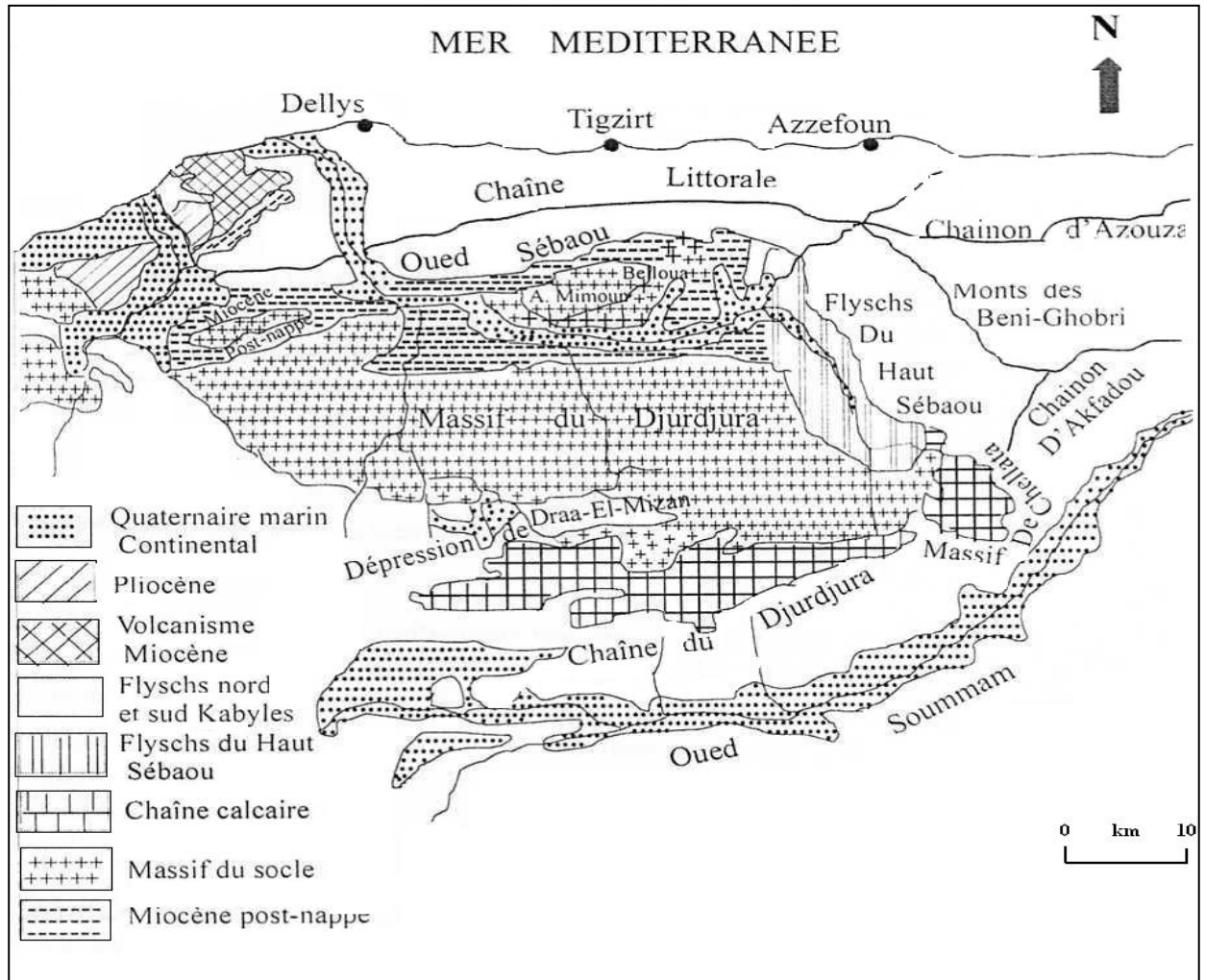


Figure 2 : Les grandes unités morphostructurales de la Grande Kabylie (Flandrin, 1952)

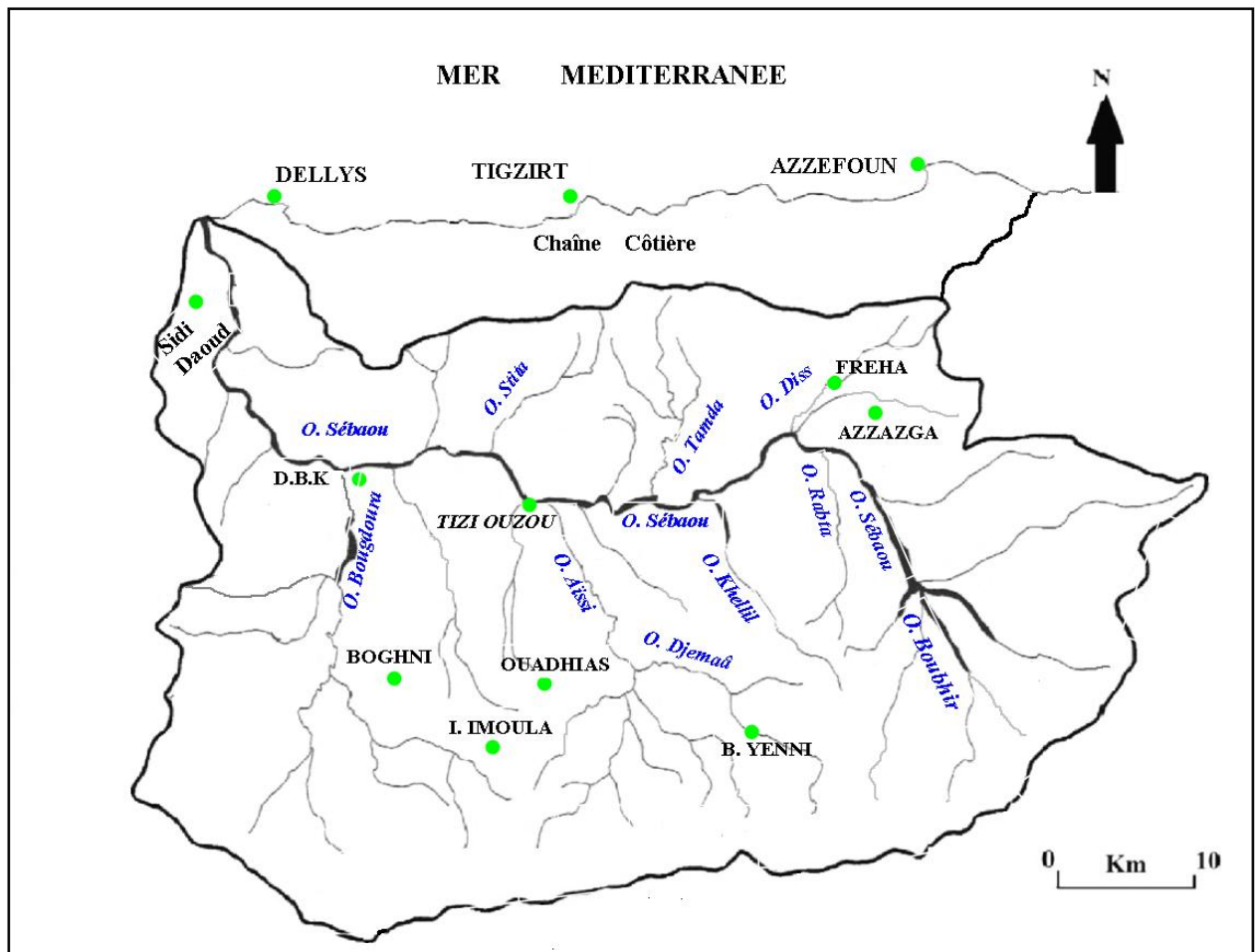


Figure 3 : Chevelu hydrographique du bassin versant du Sébaou.

4.- Climatologie

Le climat est un facteur capital dans l'étude de la dynamique des populations. Il intervient sur la physiologie des végétaux, réglant la phénologie des plantes, ce qui pourrait avoir une influence sur le comportement des animaux.

Le climat de l'Algérie a fait l'objet de nombreuses études notamment par SELTZER (1946), BAGNOULS & GAUSSEN (1953), EMBERGER (1954), CHAUMONT & PAQUIN (1971), STEWART (1975), BOTTFNER (1981), LE-HOUEROU (1995). Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen. Celui-ci se caractérise par une grande diversité de tendances climatiques relatives au relief, l'altitude, l'orientation des versants et l'éloignement par rapport à la mer.

La position géographique de notre région d'étude, qui se situe tout près de la méditerranée mais pas loin des régions désertiques, joue un rôle important dans la détermination de son climat. La Kabylie s'ouvre aux influences maritimes par une série de trouées et de vallées ce qui permet

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

un adoucissement des températures en hiver et l'atténuation de l'effet de l'altitude. Les précipitations sont abondantes pour la même saison. Les masses d'air qui arrivent du Nord dominant et déterminent une saison hivernale froide et humide qui s'étale du mois de décembre jusqu'au mois de février.

La présence de la chaîne montagneuse de l'Atlas Tellien sur le flanc Sud, la protège de la remontée des masses d'air chaud et sec. Durant les autres mois de l'année, les masses d'air tropical remontent progressivement et entraînent chaleur et sécheresse. En effet, l'été est chaud, sec et long. Le temps variable, fréquent sur la région, est créé par des fronts discontinus dus à la circulation zonale (d'Ouest en Est) de l'air. Les vents pluvieux du NW pénètrent jusqu'au cœur du massif ancien par la trouée du Sébaou et jusqu'au Djurdjura par la vallée inférieure de l'Isser.

4.1.- Les précipitations

L'origine des pluies en Algérie est plutôt orographique (SELTZER, 1946). En effet, les paramètres climatiques varient en fonction de l'altitude, de l'orientation des chaînes de montagnes et de l'exposition. La hauteur pluviométrique est donc déterminée par direction des axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides (CÔTE, 1974 ; KADIK, 1987). En Algérie, ce sont les versants Nord, Nord-Ouest et leurs sommets qui reçoivent les précipitations les plus fortes ; celles-ci diminuent vers le Sud au fur et à mesure que les vents s'épuisent.

Le Djurdjura est l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie. Selon CHAUMONT & PAQUIN (1971), la hauteur des précipitations annuelles peut dépasser les 2000 mm sur les pics les plus élevés. D'après TOUAZI & LABORDE (2004), le massif reçoit un total pluviométrique annuel de l'ordre de 1500 à 2000 mm en versant Nord. DERRIDJ (1990), ABDESSELAM (1995), MESSOUDENE *et al.* (2004) et MEDDI & TOUMI (2013), avancent, quant à eux, une tranche pluviométrique annuelle varie entre 1200 et 2000 mm.

En raison de manque de données climatiques pour certaines localités d'altitude (cas de Thala-Guilef), dû à l'absence d'un réseau météorologique dans cette région sur une période suffisante pour une étude fiable, nous avons fait appel aux données enregistrées au niveau du village d'Ait-Ouabane à 1000 m d'altitude pour la période 1990-2009, soit 20 ans, et celles fournies par l'agence nationale de la ressource hydrique (A.N.R.H). L'extrapolation des données (précipitations, températures) d'Ait-Ouabane (1000 m), a été faite pour la région de Thala-Guilef à 1650 m (données de Krouchi, 2010).

4.1.1.- Précipitations annuelles

En Kabylie du Djurdjura, la distribution de la pluviométrie annuelle épouse parfaitement les variations des modèles orographiques : l'augmentation de la pluviométrie est observée avec chaque élévation de l'altitude (Chaîne littorale, versant Nord du Djurdjura...) ; la diminution est par contre sensible dans les dépressions de Tizi-Ouzou (vallée du Sébaou...).

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

En effet, dans les régions de Thala-Guilef et celle d'Ait-Ouabane d'altitude ≥ 1000 m, les précipitations sont élevées (supérieures à 1000 mm/an), alors qu'à Larbaâ-Nath-Irathen (alt. 950m) et Ath-Yeni (alt. 760 m), elles sont de l'ordre de 900 mm.

Durant la période 1995-2015, la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée dans la vallée du Sébaou est de l'ordre de 700-800 mm/an. En altitude, au-dessus de 1000 m, la pluviométrie atteint rapidement plus de 1000 mm/an alors qu'en piémont et en plaine, les moyennes annuelles oscillent autour de 900 mm. Les deux caractéristiques fondamentales des précipitations sont leur quantité et leur variabilité spatio-temporelle (annexes 1 et 2). L'importance des taux pluviométriques dans la chaîne du Djurdjura est liée d'une part, à l'effet d'altitude, et d'autre part, à la position perpendiculaire de cette chaîne aux vents chargés d'humidité et qui joue un rôle de condensateur.

4.1.2.- Précipitations mensuelles

L'observation des courbes des précipitations mensuelles retenues (fig. 4 et 5) montre que ces dernières présentent dans l'ensemble, un même profil pluviométrique malgré l'importance de leur variation d'un mois à l'autre. Nous pouvons noter globalement, l'apparition de deux périodes distinctes :

- ◆ Une période pluvieuse qui s'étend d'octobre à mai.
- ◆ Une période sèche comprise entre juin et septembre.

Au niveau de la zone montagneuse du Djurdjura (fig. 4), les mois les plus pluvieux se concentrent entre novembre et mai, 80 % du total annuel, avec deux pics, en novembre, décembre et janvier et au printemps (mars et avril). Tous les mois de la saison humide enregistrent plus de 100 mm en moyenne (annexe 1).

Au niveau de la vallée du Sébaou (fig. 5 et annexe 2), les précipitations les plus élevées ont été observées d'octobre à avril (plus de 85 % du total annuel) avec un maximum en novembre, décembre et janvier : précipitations moyennes mensuelles supérieures à 100 mm.

Pareillement dans le Djurdjura que dans la vallée du Sébaou, la saison sèche se concentre entre juin et septembre avec juillet et août comme les mois les plus secs caractérisés par un déficit pluviométrique. Il est à noter que les précipitations des mois d'août et de septembre sont orageuses marquant la fin de la saison chaude.

Entre les deux saisons suscitées s'intercalent des périodes de transition caractérisées par une grande variabilité du régime mensuel. Il s'agit des mois de mai, de juin et d'octobre.

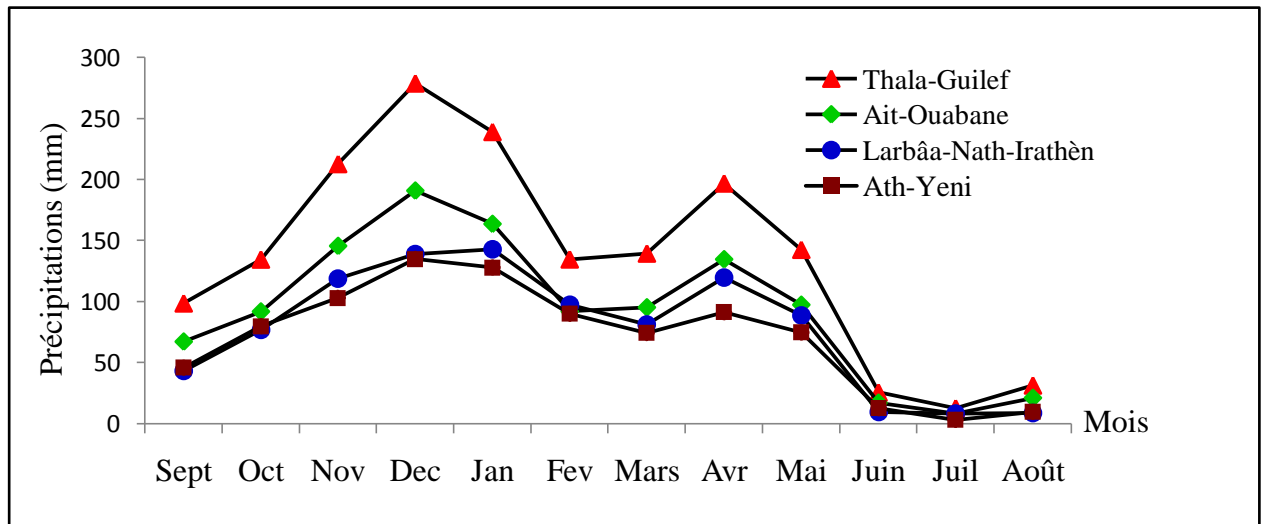


Figure 4 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à certaines localités du Djurdjura (Période : 1991-2014 ; données de l'A.N.R.H. de Tizi-Ouzou).

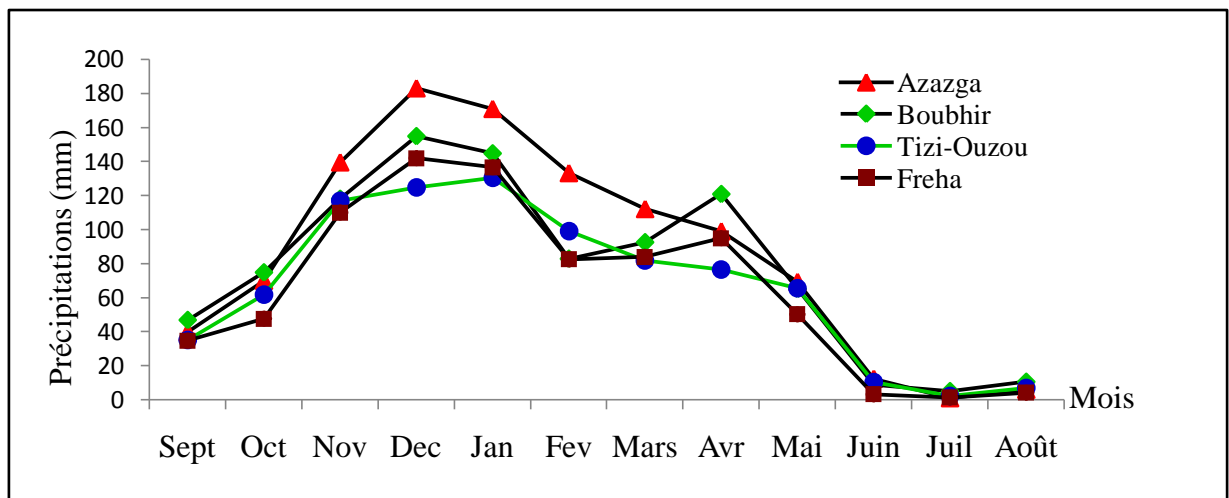


Figure 5 : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans quelques localités de la vallée du Sébaou (données de l'A.N.R.H. de Tizi-Ouzou).

4.1.3.- Neige

Avec l'élévation de l'altitude et la baisse des températures, les précipitations se présentent sous forme solide. La neige constitue aussi un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Elle exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique. La couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes, contribue d'une part, à protéger efficacement du froid la végétation et les animaux qui s'enfouissent sous cette couverture et d'autre part, d'assurer un apport régulier en eau lors de la fonte du manteau neigeux, qui permet ainsi l'alimentation des cours d'eau (RAMADE, 2009).

Selon BELIN (1947), le Djurdjura reçoit des précipitations neigeuses de novembre à mars, et cet enneigement bien qu'assez irrégulier, est considérable. SELTZER (1946), rapporte

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

une moyenne d'enneigement de 28 jours par an à seulement 1100 m d'altitude. BENMOUFFOK (1994), signale 15 à 20 jours de neige par an, sur une épaisseur de 0,2 à 2 m dans les sites élevés et de congères. Par ailleurs, ABDESSELAM (1995), rapporte que la neige tombe sur le massif du Djurdjura d'octobre à mai, avec une moyenne de 32 jours de chute par an, et elle persiste sur les sommets durant quatre mois.

En altitude, la neige commence à apparaître dès le mois d'octobre. Les précipitations neigeuses sont concentrées entre novembre et avril. En moyenne, janvier est le mois le plus neigeux et où l'enneigement est le plus durable, suivi des mois de février et décembre. Les autres mois se classent dans l'ordre suivant : mars, novembre et avril. En moyenne altitude, la neige est extrêmement rare aux mois d'octobre et mai (ABDESSELAM, 1995).

Au niveau des moyennes montagnes et en piémont, la couverture neigeuse dure beaucoup moins longtemps que celle observée en hautes montagnes.

4.2.- Les températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance, étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent. Elle caractérise avec l'humidité de l'air et le sol, le microclimat du biotope (TURMEL & TURMEL, 1977). Ce facteur agit directement sur les activités biologiques et écologiques des êtres vivants, il contrôle leur croissance, leur répartition et leur activité locomotrice.

Dans ce chapitre, nous présentons uniquement les données thermiques de l'air. Concernant le régime thermique des cours d'eau, qui dépend en partie de la température du milieu ambiant, il fera l'objet d'une analyse détaillée au chapitre II.

Les températures moyennes annuelles de l'air sont variables d'une année à l'autre. Dans la région d'étude, la moyenne interannuelle des températures varie de 12,1 °C (Thala-Guilef, alt. 1650 m) à 18,5 °C (Tizi-Ouzou, alt. 200 m). L'amplitude thermique annuelle au niveau de Thala-Guilef est de 21,3 °C contre 17,48 °C au niveau de la région de Tizi-Ouzou.

Les températures moyennes maximales sont notées aux mois de juillet et août avec respectivement 26,1 °C et 25,2 °C au niveau de Thala-Guilef contre 35,7 °C et 35,35 °C au niveau de la région de Tizi-Ouzou.

Les températures les plus basses surviennent aux mois de janvier, février et décembre avec respectivement 2,4 °C ; 3,1 °C et 3,7 °C au niveau de Thala-Guilef contre 10,44 °C ; 10,75°C et 11,68 °C au niveau de la région de Tizi-Ouzou (fig. 6 et 7).

Une des caractéristiques thermiques de la région d'étude est l'écart élevé entre les moyennes des minima (m) du mois le plus froid (janvier) et des maxima (M) du mois le plus chaud (août) (annexes 5 et 6). Les minima et les maxima enregistrés sont :

- à Thala-Guilef $m = 1,8\text{ °C}$, $M = 26,1\text{ °C}$; - à Tizi-Ouzou $m = 6,64\text{ °C}$, $M = 35,7\text{ °C}$.

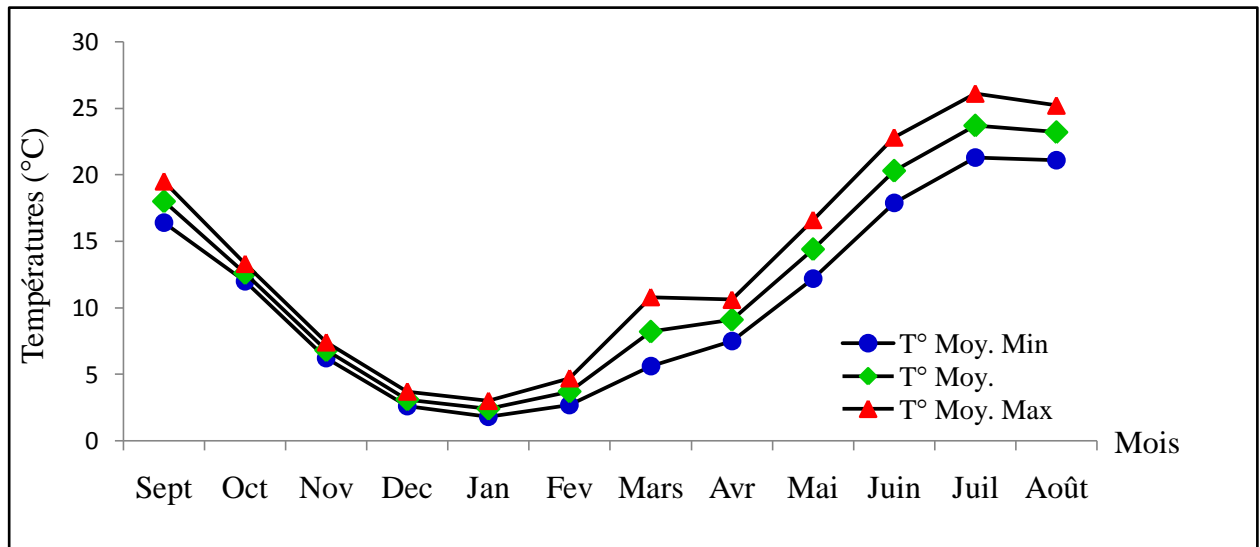


Figure 6 : Températures moyennes mensuelles extrapolées à Thala-Guilef (alt. 1650 m) à partir d'Ait-Ouabane (alt. 1000 m), période : 1990-2009 (données de Krouchi, 2010).

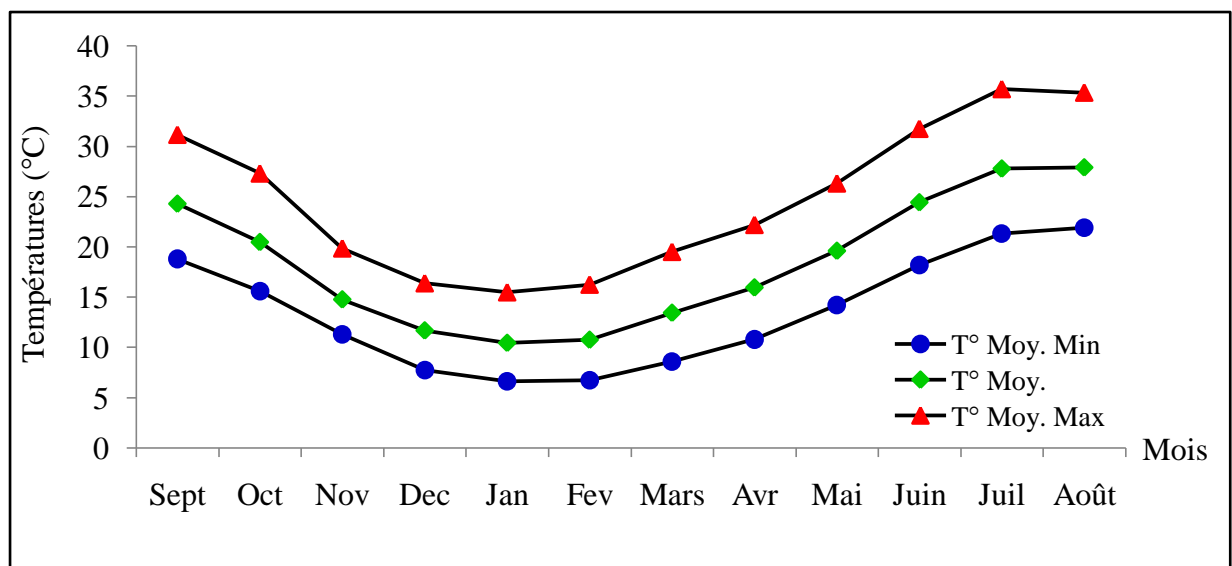


Figure 7 : Températures moyennes mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou (alt. 190 m) période 1995-2015 (données ANRH de Tizi-Ouzou).

5.- Le couvert végétal

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évapotranspiration et de la capacité de rétention du bassin. Donc la végétation va jouer le rôle de « régulateur » dans le régime d'écoulement. De plus, selon RACHMAN et *al.* (2003), la couverture végétale arrive à réduire plus de 50 % de l'énergie cinétique de la pluviométrie, et à atténuer 75 % de la puissance du ruissellement.

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

En Kabylie du Djurdjura, l'hétérogénéité topographique et une forte action anthropique ont imprimé au paysage un caractère très morcelé, lequel se présente sous forme d'une mosaïque de formations végétales dégradées (KHIDAS, 1993).

Proche des rivières, les formations végétales arborées constituent une source de matière organique allochtone (feuilles, tiges, débris ligneux grossiers...) et des structures de rétention nutritionnelle permettant le stockage, le recyclage et le relargage vers l'aval, des éléments nutritifs. Elles contrôlent également le régime thermique qui est proportionnel à la surface exposée aux radiations et à l'énergie solaire entrante, modifie ainsi les communautés benthiques en agissant directement sur le cycle vital des organismes (QUINN *et al.*, 1992).

Au niveau des zones de piémont et de plaine, les surfaces agricoles constituent des zones où peut avoir lieu une dégradation des écosystèmes aquatiques. L'irrigation, le labourage des sols, l'emploi des engrais et d'insecticides, produisent dans ce type de zones les effets les plus néfastes sur les milieux aquatiques, à savoir une forte réduction des débits et même un assèchement prolongé de plusieurs cours d'eau.

En plus des études anciennes (LAPIE, 1909 ; QUEZEL, 1957), un certain nombre de travaux relativement récents consacrés à la végétation du Djurdjura, ont permis de distinguer différentes formations végétales. En effet, d'après MESSAOUDENE *et al.* (2004), les principales formations sylvatiques du massif du Djurdjura sont des cédraies pures (40 %), des cédraies-chênaies vertes (30 %) et des chênaies vertes (13 %), le reste de la surface est constitué par des formations asylvatiques.

Les forêts

Dans la Kabylie du Djurdjura, les principales formations sylvatiques rencontrées sont : le cèdre (*Cedrus atlantica*), le chêne vert (*Quercus rotundifolia*) et le chêne liège (*Quercus suber*).

♦ **Le cèdre** : au Djurdjura, le cèdre débute à 1400 m sur le versant Nord et à 1600 m sur le versant Sud (DERRIDJ, 1990), regroupant la cédraie de Thala-Guilef sur le flanc Nord-Ouest, celle des Ait-Ouabane sur le flanc Nord-Est qui se rencontre sous forme d'une cédraie mixte avec le chêne vert, et enfin celle de Tikjda qui se trouve sur le versant Sud.

♦ **Le chêne vert** : cette essence forestière existe très rarement en peuplement pur. Il se présente en mélange avec le chêne liège, le chêne zéen et le cèdre entre 800 et 1700 m d'altitude. D'après MAIRE (1926), lorsque son association est typique elle se présente sous forme de futaies basses, denses, à couvert épais, clairs lorsque le sol est trop argileux ou trop rocheux.

♦ **Le chêne liège** : en Kabylie du Djurdjura, la futaie pure de cette essence est surtout répandue au-dessous de 1000 m, car *Quercus suber* est mal adapté aux régions où la neige est abondante (LAPIE, 1909). Cependant, entre 900 et 1100 m environ, principalement sur les crêtes,

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

la subéraie constitue encore quelques îlots dans l'aire de la chênaie verte, sur les contreforts septentrionaux du Djurdjura, comme à Bni-Kouffi près de Thala-Guilef (MEDDOUR, 2010).

Les pelouses écorchées à xérophytes épineux

Les pelouses sommitales ou écorchées à xérophytes épineux, sont issues pour la plupart de la dégradation de la cédraie en altitude (MAIRE, 1926 ; QUEZEL, 1957). Au-dessus de 1500 m d'altitude, le couvert végétal se fait rare, les sols sont peu développés ou totalement absents sur la plupart des reliefs. Les sommets sont dénudés ou recouverts dans quelques endroits, par des formations asylvatiques. Elles se rencontrent à Tikjda à partir de 1600 m (MENARD & VALLET, 1988), alors que la pelouse de Haïzer s'étage entre 1350 et 2000 m en versant Nord. Ces formations caractérisent la végétation des hautes montagnes d'Afrique du Nord et du Djurdjura en particulier, et occupent les escarpements rocheux à Thala-Guilef entre 1650 et 2000 m d'altitude.

De nombreuses espèces ligneuses et sous-ligneuses sont présentes dans cette pelouse : *Berberis hispanica* ; *Juniperus communis hemisphaerica* ; *Crataegus laciniata* ; *Rosa sicula* ; *Prunus prostrata* et les xérophytes épineux *Astragalus armatus* et *Astragalus numidicus* ; *Bupleurum spinosum*, originaires de la dégradation de la cédraie en altitude.

Les oliveraies

Dans notre zone d'étude, l'olivier (*Olea europea*) représente l'espèce arboricole la plus importante, elle occupe la première place en superficie par rapport aux autres cultures fruitières. Sa culture fut souvent avec celle du figuier (*Ficus carica*) qui constituent l'essentiel du patrimoine arboricole de type traditionnel extensif, et avec beaucoup d'autres arbres tels que le frêne (*Fraxinus sp*), le merisier (*Cerasus avium*) et le grenadier (*Punica granatum*).

Les terrains cultivés

La répartition des zones agro-écologiques, montre que les plaines agricoles se limitent à la vallée du Sébaou et à la dépression de Draâ-El-Mizan, qui ne représente que 20 % du territoire de la wilaya (sans tenir compte de la petite plaine d'Azeffoun). L'agriculture pratiquée est caractérisée par une polyculture à dominance oléicole et élevage. Les autres cultures sont représentées par les cultures fourragères (30,46 %), le maraichage (5,8 %), les légumes secs (0,77%) et la viticulture (1,52 %). Ces cultures, constituent l'une des conséquences directes de la régression des formations végétales naturelles de la région considérée (Direction des Services Agricoles de Tizi-Ouzou : DSA, 2010).

Les ripisylves

Les formations végétales arborées riveraines des cours d'eau qui occupent naturellement le lit majeur des rivières, sont en étroite interaction avec le milieu aquatique environnant. Elles exercent également un rôle fondamental dans le contrôle de l'ensemble des conditions physiques de l'environnement aquatique. De ce fait, nous avons tenu à donner une brève description de la végétation bordante des cours d'eau de la région considérée, en se basant sur les données de (LOUNACI, 2005).

Les principales formations végétales riveraines observées le long des cours d'eau considérés sont :

- ◆ en altitude supérieure à 1100 m, une végétation bordante constituée d'une strate herbacée et d'épineux (ronces et genêts) ;

- ◆ en moyenne altitude (1100 – 400 m), une ripisylve représentée essentiellement par l'aulne (*Alnus glutinosa*), dont les individus atteignent une hauteur de 15 à 20 m, le saule (*Salix pedicellata*), le merisier (*Cerasus avium*), et de nombreuses lianes ayant comme support les strates arborescentes.

- ◆ au niveau des zones de piémont et de plaine, la végétation bordante est constituée principalement par le peuplier noir (*Populus nigra*), le peuplier blanc (*Populus alba*), l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), l'alaterne (*Rhamnus alaternus*), le laurier rose (*Nerium oleander*), le tamaris (*Tamaris sp.*) et (*Eucalyptus sp.*).

La végétation aquatique

La végétation aquatique est constituée essentiellement par des algues (*Oedogonae*, *Spirogyra*, *Zygnema*, *Ulothrix*), des Bryophytes et des macrophytes (LOUNACI, 2005).

6.- Perturbations anthropiques

D'après ANGELIER (2000), le déséquilibre de l'écosystème aquatique est essentiellement dû à la pollution qui est un terme réservé habituellement aux dégradations causées par l'homme. Le développement socio-économique y est le premier facteur.

En Kabylie du Djurdjura, l'urbanisation en liaison avec l'accroissement démographique, l'essor industriel et le développement de l'agriculture engendrent à travers les activités humaines, un impact certain sur la qualité de la ressources en eau de surface et souterraine. Les activités humaines, qu'elles soient industrielles, agricoles ou domestiques, ont depuis plusieurs décennies anthropisés tout les milieux environnementaux, et notamment les milieux aquatiques, qui se trouvent être les réceptacles de nombreuses substances polluantes.

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

◆ **Pollution industrielle** : l'activité industrielle située le long du Sébaou constitue l'une des plus importantes sources de pollution des eaux de surface et souterraines. Elle se traduit par le rejet d'effluents, liquides, gazeux et solides souvent sans traitement préalable.

Les effluents liquides et gazeux de nombreuses industries (chimiques, textiles, galvanoplastie, huileries, etc.) sont réputés pour leur toxicité vis-à-vis du milieu naturel en raison des sels métalliques, de métaux lourds et de substances organiques de synthèse qu'ils peuvent renfermer.

Ce type de pollution à caractéristiques qualitatives et/ou quantitatives qui proviennent des différentes activités industrielles, commerciales, artisanale, fabrication et de transformation, ne peuvent pas être assimilées aux eaux usées domestiques ou aux eaux pluviales, car chacune d'elles utilise un certain nombre de produits chimiques essentiels dans son processus de fabrication. Ces unités industrielles sont :

- Le complexe ENIEM à oued Aïssi, spécialisé dans le domaine de l'électroménager (cuisinières, réfrigérateurs, congélateurs et climatiseurs),
- L'unité SPA Electro-Industriel (Ex ENEL) implantée à Fréha assurant la production de moteurs, alternateurs, transformateurs et groupes électrogènes,
- L'unité cotonnière S/PA complexe textile de Draâ-Ben-Khedda pour la fabrication de tissus,
- L'unité de meubles de Taboukert (Commune de Tizi-Rached),
- La laiterie de Draâ-Ben-Khedda.

On note également plusieurs autres unités de production spécialisées notamment dans l'agro-alimentaire, l'industrie chimique et pharmaceutique. A ces unités sus citées s'ajoutent les petites unités industrielles du bas Sébaou telles que :

- Entreprise de buses à Baghlia,
- Entreprise de carrelages de Takdempt et de Sidi Daoud,
- Usine de parpaings à Baghlia.

◆ **Pollution urbaine** : dans un premier temps, les impacts de l'urbanisation ont été principalement associés à des sources de pollution directe ponctuelle, à cause des déversements des eaux usées traitées ou non modifiant les processus biogéochimiques (apport de matière organique, de matière en suspension, de substances dangereuses...).

Dans notre région d'étude, les types de pollution provoquée par la vie des hommes et leurs activités sont multiples. La majorité des villes installées le long des cours d'eau, engendrent inéluctablement une pollution par le rejet des eaux usées menaçant directement la qualité de l'eau et l'intégrité des écosystèmes aquatiques. L'absence de stations d'épuration à l'aval de certaines villes contribue pour une part déterminante à la dégradation de la qualité de l'eau par les villes et industries raccordées. Le rendement des stations d'épuration est également un facteur explicatif de la faiblesse de la pollution éliminée.

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

◆ **Pollution par l'agriculture** : la pollution liée à l'agriculture est assurée par l'utilisation des engrais, pesticides et à moindres degrés par l'élevage et l'activité humaine.

L'épandage des engrais utilisés en agricultures apporte, en effet, des nitrates, nitrites, phosphates, sulfates voir chlorure qui peuvent parvenir dans les eaux et les polluer.

De même, pour les produits phytosanitaires, leur fixation est normalement assurée par le couvert végétal et l'activité biologique qui favorisent leur dégradation, mais il peut y avoir accumulation de produits dans le sol et infiltration dans les nappes.

L'irrigation, dans certaines circonstances avec des eaux chargées en sels, peut être à l'origine indirecte de pollution souterraine. En effet, la minéralisation des eaux souterraines va s'élever à la suite de l'infiltration de ces eaux chargées.

De plus les volumes prélevés pour l'irrigation dans les eaux de surface ou les nappes alluviales pendant les basses eaux diminuent les débits disponibles pour la dilution des rejets et accentuent ainsi la pollution.

◆ **Pollution d'origine mécanique** : le Sébaou, rivière constituant la principale source d'alimentation en eau de la population de Tizi-Ouzou, est dans un état de dégradation très avancé. L'activité intense de l'extraction illicite et effrénée de sable et de gravier dans le lit de ce fleuve, constitue la première cause de cette dégradation.

Les dégâts causés par cette extraction sont énormes et touchent plusieurs secteurs et principalement celui de l'écosystème aquatique : des dégradations des équipements hydrauliques et électriques, formations des cratères de plus de 20 mètres de profondeur, déstabilisation et l'élargissement du lit de l'oued aux dépens des terres agricoles, la disparition de la couche protectrice de la nappe phréatique, destruction des gabions et d'arbres de fixation des berges le long des oueds, l'abaissement du niveau des nappes alluviales qui se traduit par une réduction en eau disponible en période d'étiage.

7.- Protection de l'environnement

Les agglomérations abondantes et les différents secteurs d'activité, cités ci-dessus, constituent des sources de pollution potentielle, aux sols et aux réseaux hydrographiques de la région, notamment ceux qui sont proches de l'oued Sébaou ou de l'un de ses affluents et qui ne sont pas équipés ou raccordés à une unité de traitement. Parmi les infrastructures de traitement des eaux usées, en exploitation dans la wilaya de Tizi-Ouzou, on dénombre 4 STEP (STation d'ÉPuration des eaux usées) d'une capacité globale de 172000 eq / hab :

- STEP Est Tizi-Ouzou Pont de Bougie d'une capacité de 120000 eq/hab,
- STEP Ouest Tizi-Ouzou Boukhalfa d'une capacité de 25000 eq/hab,
- STEP Tadmait d'une capacité de 13500 eq/hab,
- STEP Boghni d'une capacité de 13500 eq/hab,

Chapitre I : Description générale du milieu d'étude

On note également, 4 STEP en cours de réalisation :

- Extension de la STEP de Tizirt de 5000 eq/hab vers 15000 eq/hab,
- Extension de la STEP d'Azeffoune de 5000 eq/hab vers 20000 eq/hab,
- Extension de la STEP de Draâ-Ben-Khedda de 25000 eq/hab,
- STEP de Draâ-El-Mizan de 30000 eq/hab.

En plus de ces STEP, il existe 24 bassins de décantation et 210 bassins de filtration. La longueur du réseau d'assainissement est de 3042 km, avec un taux de raccordement estimé à 86%.

Les déchets ménagers générés dans la région de Tizi-Ouzou sont estimés à 400000 tonnes/an qui ne dispose que de 3 centres d'enfouissement techniques (CET) opérationnels depuis 2009 : celui de oued falli à Tizi-Ouzou qui prend en charge les déchets de 10 communes, de Draâ-El-Mizan (6 communes) et de Ouacif (5 communes). L'ensemble de ces CET traite l'équivalent de 130000 tonnes /an, ce qui ne représentent que 33 % de la totalité des déchets rejetés annuellement dans la région de Tizi-Ouzou (Direction de l'Environnement).

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

Ce chapitre aborde la méthodologie adoptée pour l'étude des cours d'eau, les différents sites d'échantillonnage avec une description générale du contexte environnemental et les différentes méthodes de récolte employées.

1.- Démarche générale

L'objectif principal de cette présente étude était d'établir des listes faunistiques d'invertébrés benthiques et de rechercher des tendances générales entre les caractéristiques du milieu et sa faune.

Notre démarche a été d'échantillonner les habitats représentatifs des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura sur la base d'un protocole élaboré après une étude bibliographique. Ainsi, nous nous sommes intéressés au réseau hydrographique de l'oued Sébaou dont la faune est peu étudiée.

Afin d'atteindre les objectifs susmentionnés, il était nécessaire d'avoir un nombre de stations de prélèvement suffisamment élevé pour mieux contribuer à la connaissance de la biodiversité, l'écologie et la distribution des espèces appartenant aux quatre ordres d'invertébrés aquatiques les mieux connus: Epheméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères (EPTC), sous l'effet des variations des caractéristiques du milieu. Cependant, des contraintes matérielles et logistiques (temps de travail, accessibilité des sites) ont influencé la périodicité des prélèvements, le choix et l'emplacement des stations d'étude. Ainsi, nous nous sommes parfois limités, la plupart du temps à une période sélective pour la faune : printemps et début de l'été, période la plus propice au développement de la faune benthique et à la maturité des espèces conditionnant leur détermination, afin de dresser des listes d'invertébrés les plus exhaustives possibles.

2.-Description d'ensemble des cours d'eau étudiés et emplacement des stations

Le choix des stations a été dicté par la volonté de couvrir un large panel de situation mésologique. Il s'agissait aussi, pour répondre aux objectifs fixés, de réaliser des récoltes sur tout type de support, en faciès lotique et lentique.

Le choix des stations retenues pour ce travail a été réalisé en tenant compte de certains paramètres tel que l'altitude, la pente, la diversité des biotopes, l'amont et l'aval des agglomérations afin d'estimer l'importance de l'impact humain, et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition des stations le long des cours d'eau. Ce choix est aussi conditionné par l'accessibilité aux stations.

Le matériel biologique examiné, composé de larves, de nymphes et d'adultes, provient de cours d'eau de trois sous-bassins versant de la Kabylie du Djurdjura (sous-bassin de l'oued Boubhir, sous-bassin de l'oued Aïssi et sous-bassin de l'oued Bougdoura) et de l'oued Sébaou (s.s). Une cinquantaine de stations ont été prospectées et seules 30 ont été retenues dans le cadre de ce travail. Certaines d'entre elles présentent un écoulement permanent, d'autres subissent un

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

assèchement plus ou moins long pendant les étés secs et d'autres coulent juste au moment de la fonte des neiges.

Les stations retenues pour la présente étude se répartissent comme suit :

Sous-bassin de l'oued Boubhir 11 sites :

- 2 sur Assif Iguersefene;
- 3 sur Assif Sahel;
- 1 sur thassifth n' Ath Atsou;
- 1 sur thassifth Iilten;
- 1 sur Assif El Khemis (s.s.);
- 2 sur thassifth Tirourda;
- 1 sur Assif Boubhir (s.s.).

Sous-bassin de l'oued Aïssi 14 sites :

- 1 sur Assif Djemâa;
- 2 sur Assif Harzoune
- 5 sur Assif Larbâa;
- 2 sur Assif Tamdha ;
- 3 sur Assif Aghalladh ;
- 1 sur Assif Ouadhias (s.s.);

Sous-bassin de l'oued Bougdoura 4 sites :

- 2 sur Assif Chemlili;
- 2 sur Assif Nechbel ;

L'oued Sébaou (s.s.) 1 site.

2.1.-Cours d'eau et stations d'étude

Cette étude hydrobiologique porte sur un ensemble de cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. La couverture cartographique au 1/50000^{ème} permet de décrire un chevelu hydrographique très dense et hiérarchisé avec un drainage important.

Notre intérêt s'est porté sur le Haut Sébaou (oued Sébaou s.s.) et les cours d'eau des sous bassins de l'oued Boubhir, l'oued Aïssi et l'oued Bougdoura, principaux affluents de l'oued Sébaou qui drainent les écoulements du flanc nord du Djurdjura.

Les stations retenues sont indiquées par des carrés sur la figure 8. Elles sont représentées par des abréviations portant la dénomination du cours d'eau sur lequel elles se trouvent.

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

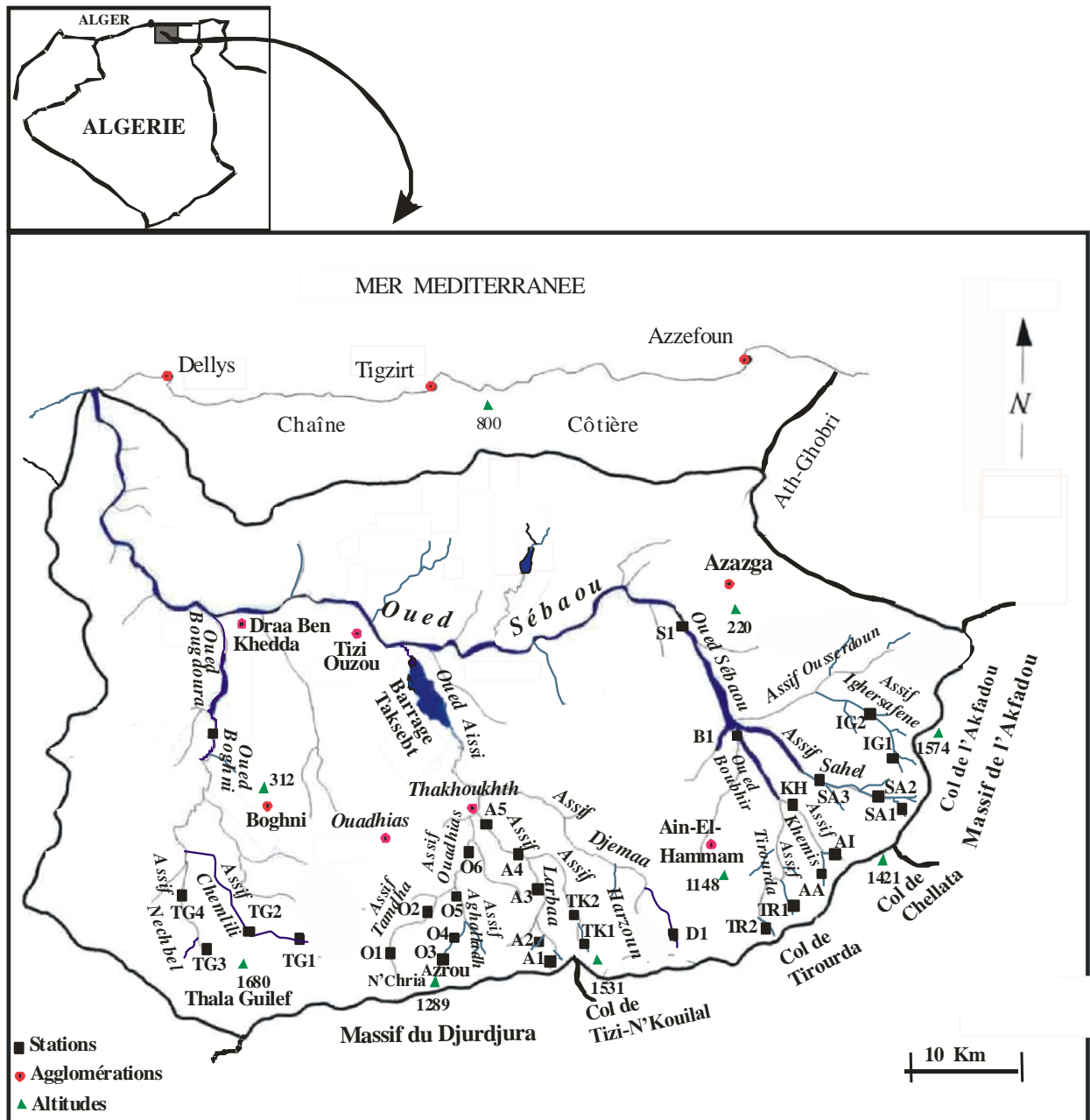


Figure 8 : Localisation des cours d'eau étudiés et emplacement des 30 stations étudiées.

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

Pour chaque station, nous indiquons :

- la localité la plus proche ;
- l'altitude ;
- la latitude ;
- la longitude ;
- la pente à la station ;
- la largeur moyenne du lit mineur ;
- la profondeur moyenne de la lame d'eau ;
- la vitesse du courant selon la classification de Berg ;
- la nature du substrat ;
- la végétation bordante et aquatique lorsqu'il y en a ;
- la durée de l'assèchement ;
- les influences anthropiques lorsqu'il y en a.

2.1.1.- Oued Sébaou

L'oued Sébaou est le principal cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. Il reçoit l'ensemble des écoulements provenant des bassins versants : flanc méridional de la chaîne côtière (Oued Diss et Oued Stita) et versant septentrional du Djurdjura (Oued Boubhir, Oued Rabta, Oued Aïssi et Oued Bougdoura). Il prend naissance à 25 km au sud-ouest d'Azazga au lieu dit 'pont de Boubhir', point de confluence des assifs Oussardoune, Sahel et Boubhir. Sa partie amont, connue sous le nom de 'Haut Sébaou', de pente moyenne de l'ordre de 1,3 %, coule du sud au nord sur une distance de 25 km, entre 200 m et 160 m d'altitude. Ses parties moyenne (moyen Sébaou) et aval (bas Sébaou), avec un lit relativement plat (pente moyenne de l'ordre de 0,3 %) et large (environ 20 m) coule sur une distance de 50 km d'est en ouest puis du sud au nord sur une vingtaine de km avant de se jeter dans la mer Méditerranée.

Sur son parcours se trouvent d'importantes sablières induisant, par des extractions de granulats, d'importantes perturbations du milieu. Le cours d'eau reçoit également des rejets urbains, principalement des villes d'Azazga, Tamda, Tizi-Ouzou et Draâ-Ben-Khedda et industriels tels que ENEL (Entreprise Nationale des Industries Electrotechniques), SNLB (Société Nationale des Lièges et Bois), ENIEM (Entreprise Nationale des Industries Electroménagères), Cotitex (Cotonnière Industrielle et Textile), Orlac (Office Régional de Lait Centre), etc...

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : S1

Station S1

C'est une station de plaine localisée sur le haut Sébaou à 2 km environ de Fréha.

- Altitude : 160 m ;
- Latitude : 36° 39.138' N ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Longitude : 4° 22.705' E;
- Pente à la station : 1,2 % ;
- Largeur du lit mineur : 5-10 m, mais pouvant atteindre en période de crues hivernales une vingtaine de mètres ;
- Profondeur : 20-40 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, graviers, sable, limons et détritiques organiques ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive assez fournie mais éloignée des rives ;
- Végétation aquatique : algues et macrophytes ;
- Durée de l'assèchement : de juillet à la mi-octobre ;
- Action anthropique : rejets domestiques et extraction artisanale de sable.

2.1.2.-Le sous-bassin de l'oued Boubhir

Les cours d'eau du sous-bassin versant de l'oued Boubhir ont fait l'objet de notre étude. Ils drainent l'ensemble des écoulements du flanc nord-est de la Kabylie du Djurdjura. Le réseau hydrographique étudié prend naissance depuis les cours d'eau de montagne qui drainent les pentes septentrionales du massif d'Akfadou (col de l'Akfadou) et la partie orientale du Djurdjura (col de Chellata et col de Tirourda).

Trois secteurs hydrographiques s'échelonnant entre 1400 m et 190 m d'altitude ont retenu notre attention : assif Oussardoune, assif Sahel et oued Boubhir.

2.1.2.1.- Assif Oussardoune

Le réseau hydrographique d'assif Oussardoune est très développé avec un drainage très dense. Il prend naissance dans le massif d'Akfadou (col de l'Akfadou) à 1400 m d'altitude.

Assif Iguersefene, principal affluent d'assif Oussardoune, a été choisi ici, d'une part, pour des raisons essentiellement sécuritaires et d'autre part, pour sa facilité d'accès.

C'est un cours d'eau de montagne qui prend naissance à 1400 m d'altitude sur le versant septentrional du massif de l'Akfadou. Il coule en orientation sud-nord sur une distance d'environ 15 km, entre 1400 m et 460 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 6 % et la largeur de son lit peut atteindre 5 m par endroit.

Deux stations ont été retenues sur ce cours d'eau : IG1 et IG2.

Station IG1

Station localisée à environ 1,5 km en aval de la source d'Adrar Djarban.

- Altitude : 1000 m ;
- Latitude : 36° 36.298' N ;
- Longitude : 4° 32.436' E ;
- Pente à la station : 16 % ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Largeur du lit mineur : 1 m ;
- Profondeur : 15-30 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : dalles, blocs et gros galets ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie ;
- Végétation aquatique : algues et mousses.

Station IG2

Cette station est localisée à environ 1 km en aval de IG1.

- Altitude : 870 m ;
- Latitude : 36° 38.303' N ;
- Longitude : 4° 31.322' E ;
- Pente à la station : 4 % ;
- Largeur du lit mineur : 1-2 m ;
- Profondeur : 20-40 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : dalles, blocs, gros galets, sable et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborescente ;
- Végétation aquatique : mousses et végétation enracinée.

2.1.2.2.- Assif Sahel

Assif Sahel, cours d'eau de montagne, prend naissance à partir des sources localisées dans les cols de Chellata et de l'Akfadou. Il coule en orientation Est-Ouest sur une distance d'environ 15 km, entre 1300 m et 250 m d'altitude avant de se jeter dans le haut Sébaou. Sa pente moyenne est de l'ordre de 10 %, laquelle lui confère en période de hautes eaux un régime hydrologique de type torrentiel.

Trois stations sont retenues sur ce parcours : SA1, SA2 et SA3.

Station SA1

Cette station se trouve sur un torrent de montagne, elle est localisée à environ 1,5 km en aval de la source Addardar, près du village Ath Zekki.

- Altitude : 1170 m ;
- Latitude : 36° 32.712' N ;
- Longitude : 4° 29.575' E ;
- Pente à la station : 15 % ;
- Largeur du lit mineur : 1,5 m ;
- Profondeur : 20 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : blocs, gros galets ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Végétation bordante : strate arborescente et herbacée ;
- Végétation aquatique : mousses;
- Action anthropique : pompage de l'eau pour l'irrigation et pâturage modeste.

Station SA2

Elle est localisée à environ 2 km en aval de la source Addardar

- Altitude : 1140 m ;
- Latitude : 36 ° 32.782' N ;
- Longitude : 4° 29.557' E ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Largeur du lit mineur : 1,5 m ;
- Profondeur : 20-30 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : gros galets, graviers et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arbustive et arborescente;
- Végétation aquatique : algues;
- Action anthropique : pompage de l'eau pour l'irrigation.

Station SA3

Elle est située sur une rivière, à proximité du village Sahel (commune de Bouzeguène), à environ 6 km en aval de la source.

- Altitude : 430 m ;
- Latitude : 36° 35.368' N ;
- Longitude : 4° 27.572' E ;
- Pente à la station : 5 % ;
- Largeur du lit mineur : 2 m ;
- Profondeur : 30 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : dalles, blocs, gros galets et sable ;
- Végétation bordante : strates herbacée et arbustive ;
- Végétation aquatique : algues et mousses ;
- Action anthropique : rejets d'ordures ménagères sur les rives, réseau d'assainissement et pompage de l'eau pour l'irrigation.

2.1.2.3.- Oued Boubhir

L'oued Boubhir draine les écoulements du flanc nord de la dorsale orientale du Djurdjura. Il prend naissance à 25 km au sud-ouest d'Azazga. L'importance de son débit est due aux écoulements des assifs El-Khemis et Tirourda (écoulement en provenance des cols de Chellata et du col de Tirourda) qui s'ajoutent à l'apport de nombreux petits écoulements qui drainent le

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

massif d'Ain El Hammam et de Larbaâ-N'ath-Irathen. Trois parcours s'échelonnant entre 1400 m et 190 m, ont retenu notre attention : assif El Khemis, assif Tirourda et oued Boubhir (s.s.).

- **Assif El Khemis**

Ce cours d'eau prend naissance à 1400 m d'altitude, à partir des sources et des ruisselets localisés dans le col de Chellata. Doté d'une pente moyenne de l'ordre de 5 %, il coule en direction SSE-NNW sur une distance d'environ 12 km, collectant l'ensemble des écoulements en provenance des petits ruisseaux de montagne et autres ruisselets de sources avant de se jeter dans l'oued Boubhir. Assif El-Khemis reçoit sur sa rive droite thassifh Ililten et sur sa rive gauche, thassifh n'Ath Atsou.

Trois stations sont retenues sur ce parcours : station AA sur thassifh n'Ath Atsou, station AI sur thassifh Ililten et KH sur assif El-Khemis (s.s.).

Station AA

Ce site se situe sur thassifh n'Ath Atsou, cours d'eau de montagne, qui prend naissance à partir des sources localisées au pied du lieu dit 'Azrou n'Thour' à 1400 m d'altitude. Ce petit cours d'eau, de pente moyenne de l'ordre de 9 %, coule sur une distance de 6 km entre 1400 m et 900 m d'altitude. Il borde le village Ath Atsou avant de rejoindre assif El-Khemis.

La station AA est située à 500 m en amont du village d'Ath Atsou.

- Altitude : 1080 m ;
- Latitude : 36° 29.710' N ;
- Longitude : 4° 22.382' E ;
- Pente à la station : 20 % ;
- Largeur du lit mineur : 1 m ;
- Profondeur : 20 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : dalles, rochers, galets et sable ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie et épineux ;
- Végétation aquatique : quelques mousses sur les dalles et rochers.

Station AI

Cette station est située sur un ruisseau de montagne de dimensions réduites (thassifh Ililten), alimentée par des sources et petits ruisseaux du col de Tirourda. Doté d'une pente de l'ordre de 11 %, il coule en orientation sud-nord sur une distance de 3,5 km, entre 1400 m et 1000 m d'altitude, avant de se jeter dans assif El-Khemis.

La station AI se localise à environ 3 km en amont du chef lieu de la commune d'Ililten.

- Altitude : 1010 m ;
- Latitude : 36° 30.412' N ;
- Longitude : 4° 24.075' E ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Pente à la station : 16 % ;
- Largeur du lit mineur : 1 m ;
- Profondeur : 15-20 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : rochers, galets, graviers ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie et épineux ;
- Végétation aquatique : algues ;
- Action anthropique : rejets domestiques des villages de la commune Ililten.

Station KH

Station localisée sur assif El Khemis (s.s.), à 2 km en aval du lieu dit 'Karrouche'.

- Altitude : 370 m ;
- Latitude : 36° 34.660' N ;
- Longitude : 4° 25.214' E ;
- Pente à la station : 3 % ;
- Largeur du lit mineur : 2-3 m ;
- Profondeur : 20-40 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : gros galets, sable, limons et matière organique ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie ;
- Végétation aquatique : algues et mousses ;
- Action anthropique : rejets d'eaux usées des villages avoisinants.

• Assif Tirourda

Cours d'eau de montagne de dimensions réduites, il prend naissance au pied du col de Tirourda. En période de hautes eaux, il cascade sur un long parcours de près de 5 km dans les creux des montagnes. Doté d'une forte pente (10 %), il coule en orientation sud-nord, entre 1400m et 900 m d'altitude avant de se jeter dans l'assif Boubhir.

Deux stations sont retenues sur ce parcours : TR1 et TR2.

Station TR1

Station située à 1 km en aval du col de Tirourda sur un torrent à grand débit.

- Altitude : 1120 m ;
- Latitude : 36° 29.4305' N ;
- Longitude : 4° 21.693' E ;
- Pente à la station : 14,8 % ;
- Largeur du lit mineur : 1-1,5 m ;
- Profondeur : 30-50 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Substrat : dalles, galets, graviers et sable ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie ;
- Végétation aquatique : présence de quelques mousses sur les dalles.

Station TR2

Cette station est située à environ 0,5 km en amont du village de Tirourda. Elle est localisée sur un ruisseau de faibles dimensions, au milieu d'un environnement rocailleux.

- Altitude : 1045 m ;
- Latitude : 36° 29.430' N ;
- Longitude : 4° 21.534' E ;
- Pente à la station : 13,6 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5-1 m ;
- Profondeur : 15-20 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne ;
- Substrat : galets, graviers et limons ;
- Végétation bordante : strate arborescente, arbustive et épineux.

- **Oued Boubhir (s.s.)**

L'oued Boubhir, prend naissance au point de confluence des assifs El-Khemis et Tirourda. Il coule en orientation sud-nord sur une distance d'une dizaine de km, entre 300 m et 180 m d'altitude avant de se jeter dans l'oued Sébaou (haut Sébaou). Sa pente moyenne est de l'ordre de 1,4 % et la largeur de son lit mineur peut atteindre par endroit plus de 10 m.

Une seule station est retenue sur ce parcours : B1

Station B1

Station dite 'pont de Boubhir', elle est située à une vingtaine de km au sud-ouest d'Azazga et se trouve à 200 m en amont du pont de Boubhir.

- Altitude : 200 m ;
- Latitude : 36° 38.413' N ;
- Longitude : 4° 23.197' E ;
- Pente à la station : 2 % ;
- Largeur du lit mineur : 3-5 m ;
- Profondeur : 20-30 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, sable, limon et matière organique ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive éloignées des rives ;
- Végétation aquatique : algues et macrophytes ;
- Action anthropique : rejets domestiques, extraction artisanale de sable, pompage de l'eau pour l'irrigation.

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

2.1.3.-Sous-bassin de l'oued Aïssi

L'oued Aïssi est l'un des principaux affluents de l'oued Sébaou. Il draine les écoulements du flanc nord de la dorsale médiane du Djurdjura. L'importance de son débit est due aux écoulements de l'assif Djemâa (écoulements en provenance du col de Tirourda, d'Ath Allaoua et d'Ath Ouabane), de l'assif Harzoun (écoulements en provenance du col de Tizi-n'Kouilal), de l'assif Larbâa (écoulements en provenance de la Main du Juif, et de l'assif Ouadhias (collectant les écoulements en provenance d'Azrou n'Chria).

Le chevelu hydrographique du bassin versant drainé par l'oued Aïssi est très dense. Quatre secteurs hydrographiques, s'échelonnant entre 1400 m et 200 m d'altitude, ont retenu notre attention : assif Djemâa, assif Harzoun, assif Larbâa et assif Ouadhias.

2.1.3.1.-Assif Djemâa

Affluent de l'oued Aïssi, il prend naissance dans la région sud-est d'Ain El Hammam. Il draine l'ensemble des écoulements du flanc Nord de la dorsale médiane du Djurdjura depuis Ain El Hammam et Ath Ouabane avant de se jeter dans l'oued Aïssi (s.s.) à 500 m en aval du lieu dit Thakhoukhth. Ce cours d'eau, de pente moyenne de l'ordre de 5 %, coule sur une distance d'environ 20 km entre 1100 m et 180 m d'altitude. L'importance de son débit est due aux écoulements d'Assif El Hammam (Ath Ouabane) et de Thahemalt Boudhrar auxquelles s'ajoutent l'apport de nombreux ruisseaux drainant le massif Ain El Hammam.

Une seule station est retenue sur ce cours d'eau : D1

Station D1

Cette station est localisée sur un torrent de montagne à environ 500 m en aval de la source appelée « Thahemalt-Boudhrar », à environ 6 km au sud-est d'Ain El Hammam.

- Altitude : 900 m ;
- Latitude : 36° 30.381' N ;
- Longitude : 4° 19.937' E ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Largeur du lit mineur : 1 m ;
- Profondeur : 10-20 cm ;
- Vitesse du courant : rapide ;
- Substrat : galets, graviers, sable, limons et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive assez dense ;
- Végétation aquatique : mousses.

2.1.3.2.- Assif Harzoun

L'assif Harzoun, prend naissance dans le col de Tizi-n'Kouilal sur le flanc nord de la dorsale médiane du Djurdjura. Il coule en orientation sud-nord sur une distance d'environ 15km

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

entre 1400 m et 300 m d'altitude, avant de se jeter dans l'assif Larbâa (affluent de l'oued Aïssi) à 6 km en amont du lieu dit Thakhoukhth. Sa partie amont, connue sous le nom de thassifth n'Tizi-n'Kouilal, coule sur une distance d'environ 3 km entre 1400 m et 800 m d'altitude, sa pente moyenne est de l'ordre de 20 %. Sa partie aval, connue sous le nom d'assif Harzoun (s.s.), est longue d'environ 12 km et de pente moyenne de l'ordre de 3 %.

Deux stations ont été retenues sur ce cours d'eau : TK1 et TK2.

Station TK1

Cette station est située à environ 1 km en aval du col de Tizi-N'Kouilal sur un ruisseau de faible débit.

- Altitude : 1300 m ;
- Latitude : 36° 28.26' N ;
- Longitude : 4° 14.44' E ;
- Pente à la station : 30 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5-1 m ;
- Profondeur : 10 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets et graviers ;
- Végétation bordante : strate herbacée et épineux ;
- Durée de l'assèchement : de juin à novembre.

Station TK2

Elle est située sur un ruisseau de source à environ 1,5 km de la station TK1.

- Altitude : 950 m ;
- Latitude : 36° 28. 42' N ;
- Longitude : 4° 16. 30' E ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Largeur du lit mineur : 1 m ;
- Profondeur : 10-20 cm ;
- Vitesse du courant : rapide ;
- Substrat : dalles, galets, graviers, sable ;
- Végétation bordante : strate herbacée et épineux ;
- Durée de l'assèchement : de juin à novembre.

2.1.3.3.- Assif Larbâa

Assif Larbâa, principal affluent de l'oued Aïssi, il draine les écoulements du flanc nord de la dorsale médiane du Djurdjura depuis la main du Juif (thaltat) jusqu'au lieu dit Thakhoukhth, point de confluence avec l'assif Ouadhias. Il coule en orientation Sud-Nord sur une longueur de 21 km entre 1100 m et 190 m d'altitude. Sa partie amont, est un petit torrent de montagne,

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

connue sous le nom d'assif n'Ath Agad, cascade sur un parcours presque rectiligne de plus de 5 km dans le creux des montagnes. Sa partie aval, longue de 16 km, est connue sous le nom d'assif Larbâa (s.s.). Le cours d'eau n'est pas rectiligne mais n'accuse pas non plus de sinuosité très marquée.

- **Assif n'Ath Agad**

Il prend naissance à partir des sources localisées dans le Djebel thaltat (main du Juif) à 1100 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 13 %, il traverse une forêt mixte formée de chêne-liège et d'oliviers. Il coule en orientation sud-nord sur une distance de 5 km, entre 1100 m et 450 m d'altitude, avant de se jeter dans l'assif Larbâa (s.s.).

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : A1 et A2.

Station A1

Cette station est située à environ 500 m en aval de la source Arbâïlou, localisée au pied du Djebel thaltat.

- Altitude : 920 m ;
- Latitude : 36° 29.683' N ;
- Longitude : 4° 11.136' E ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5-1 m ;
- Profondeur : 20-30 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : dalles, rochers, galets, graviers et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborescente fournie ;
- Végétation aquatique : en période estivale, on note un développement de bryophytes dans le cours axial.

Station A2

Elle est située sur un ruisseau de source à 500 m en aval de la station A1.

- Altitude : 810 m ;
- Latitude : 36° 30.260' N ;
- Longitude : 4° 11.930' E ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5 m ;
- Profondeur : 10 cm ;
- Vitesse du courant : moyenne à lente ;
- Substrat : galets, graviers, sable et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborescente dense composée de feuillus ;
- Végétation aquatique : présence de bryophytes ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Durée de l'assèchement : de juillet à la mi-octobre.

- **Assif Larbâa (s.s.)**

L'assif Larbâa fait suite à l'assif n'Ath Agad, à environ 1 km en amont de la ville des Ouacifs. De pente moyenne de l'ordre de 1,7 %, il coule en orientation sud-nord sur une distance de 16 km entre 450 m et 190 m d'altitude avant de se jeter dans l'oued Aïssi (s.s.). La largeur moyenne du lit dépasse par endroit 10 m.

Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : A3, A4 et A5.

Station A3

Elle est localisée à 500 m en amont de la ville des Ouacifs.

- Altitude : 380 m ;
- Latitude : 36° 31.066' N ;
- Longitude : 4° 12.073' E ;
- Pente à la station : 2,5 % ;
- Largeur du lit mineur : 2-4 m ;
- Profondeur : 20-40 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, graviers et sable ;
- Végétation bordante : strate herbacée et épineux éparse ;
- Végétation aquatique : bryophytes et quelques macrophytes sur les berges ;
- Durée de l'assèchement : de juillet à la mi-octobre.

Station A4

Cette station est située à proximité d'un pont situé à 6 km en aval de la ville des Ouacifs.

- Altitude : 300 m ;
- Latitude : 36° 32.867' N ;
- Longitude : 4° 11.757' E ;
- Pente à la station : 1,5 % ;
- Largeur du lit mineur : 2-4 m ;
- Profondeur : 20-50 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, graviers, sable et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborescente et herbacée fournie sur la rive droite ;
- Végétation aquatique : présence d'algues et de macrophytes rivulaires ;
- Durée de l'assèchement : de juillet à la mi-octobre ;
- Action anthropique : extraction artisanale de sable et rejets urbains.

Station A5

Elle est localisée à 1km en amont du lieu dit Thakhoukhth et à 15 km en aval des Ouacifs.

- Altitude : 200 m ;
- Latitude : 36° 35.514' N ;
- Longitude : 4° 09.297' E ;
- Pente à la station : 1,4 % ;
- Largeur du lit mineur : 3-5 m ;
- Profondeur : 20-40 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, graviers, sable et matériaux meubles sur les rives ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive éparses ;
- Végétation aquatique : algues et macrophytes rivulaires ;
- Durée de l'assèchement : de juillet à octobre.

2.1.3.4.- Assif Ouadhias

Le bassin de l'oued Ouadhias a fait également l'objet de notre étude. Il draine les écoulements du flanc nord de la dorsale médiane du Djurdjura, depuis Azrou n'Chria (alt. 1289m) jusqu'à Thakhoukhth. Trois secteurs hydrographiques, s'échelonnant entre 1250 m et 200 m d'altitude, ont retenu notre attention : assif Tamdha, assif Aghalladh et assif Ouadhias (s.s.).

• Assif Tamdha

Il prend naissance dans le Djebel Ath Bouadou (flanc nord-ouest de la dorsale médiane du Djurdjura) à 1100 m d'altitude à partir des sources et des ruisseaux alimentés par les eaux de pluie et de fonte de neige. Il coule en orientation Sud / Nord-Est sur une distance d'environ 15km entre 1100 m et 380 m d'altitude avant de se jeter dans l'assif Ouadhias. De pente moyenne de l'ordre de 5 %, sa largeur peut atteindre par endroit 4 m.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau O₁ et O₂.

Station O₁

Elle est localisée à environ 500 m en amont du village d'Ath Oulhadj située à environ 18km au sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 850 m ;
- Latitude : 36° 29.976' N ;
- Longitude : 4 03.931' E ;
- Pente à la station : 10 % ;
- Largeur du lit mineur : 2 m ;
- Profondeur : 20-30 cm ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : rochers, galets et graviers ;
- Végétation bordante : strate arbustive fournie ;
- Végétation aquatique : algues.

Station O₂

Cette station est localisée à 300 m en aval du village Ath El-Kaid, à environ 14 km au sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 500 m ;
- Latitude : 36° 31.094' N ;
- Longitude : 4° 06.048' E ;
- Pente à la station : 8 % ;
- Largeur du lit mineur : 3-4 m ;
- Profondeur : 30 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : rochers, graviers, sable et limons ;
- Végétation bordante : strate arborescente ;
- Végétation aquatique : algues et macrophytes ;
- Action anthropique : rejets domestiques et des margines.

• Assif Aghalladh

Cours d'eau de montagne, il prend naissance à 1250 m d'altitude. Il collecte l'ensemble des écoulements en provenance du Djebel Agouni Gueghrane. Doté d'une pente de l'ordre de 6%, il coule en orientation Sud/Nord-Ouest sur une distance de 16 km entre 1250 m et 380 m d'altitude, avant de rejoindre assif Tamdha au lieu-dit " Tamdha Erahma".

Trois stations sont retenues sur ce cours d'eau : O₃, O₄ et O₅.

Station O₃

Cette station est située à Ath-Regane, elle est localisée à 1,2 km en amont du village d'Ath-Amara, à environ 24 km au sud de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 1040 m ;
- Latitude : 36°29.279' N ;
- Longitude : 4° 07.362' E ;
- Pente à la station : 19 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5-1 m ;
- Profondeur : 20 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrat : rochers et galets ;
- Végétation bordante : strate arbustive et épineux ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Végétation aquatique : algues.

Station O₄

Elle est localisée à environ 600 m en amont du village Ath-Amara.

- Altitude : 950 m ;
- Latitude : 36° 29.482' N ;
- Longitude : 4° 07.489' E ;
- Pente à la station : 11 % ;
- Largeur du lit mineur : 1,5-2 m ;
- Profondeur : 20-30 cm ;
- Vitesse du courant : très rapide à rapide ;
- Substrats : blocs et galets ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive ;
- Végétation aquatique : présence d'algues et de mousses ;
- Action anthropique : rejets domestiques.

Station O₅

Cette station est localisée à 2 km en aval du chef-lieu de la commune d'Agounie Gueghrane, à environ 12 km au sud-est de la ville des Ouadhias.

- Altitude : 600 m ;
- Latitude : 36° 30.723' N ;
- Longitude : 4° 06.666' E ;
- Pente à la station : 8 % ;
- Largeur du lit mineur : 2-3 m ;
- Profondeur : 30 cm ;
- Vitesse du courant : rapide ;
- Substrat : blocs, galets, sable et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive fournie ;
- Végétation aquatique : mousses ;
- Action anthropique : rejets domestiques.

• Assif Ouadhias (s.s.)

Il prend naissance au lieu-dit "Tamdha Erahma", point de confluence des assifs Tamdha et Aghalladh. Il coule en orientation Sud/ Nord-Est entre 380 m et 190 m d'altitude sur une distance de 12 km avant de se jeter dans l'oued Aïssi. Sa pente moyenne est de l'ordre de 1,6% et sa largeur peut atteindre en certains endroits 10 m.

Une seule station est retenue sur ce parcours : O₆

Station O₆

Cette station est localisée à environ 6 km à l'est de la ville des Ouadhias et à 4 km du lieu dit Thakhoukhth.

- Altitude : 290 m ;
- Latitude : 36° 31.877' N ;
- Longitude : 4° 06.848' E ;
- Pente à la station : 1,5 % ;
- Largeur du lit mineur : 2-4 m ;
- Profondeur : 30-40 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, graviers, sable et limons ;
- Végétation bordante : roseaux et épineux ;
- Végétation aquatique : présence d'algues et de mousses ;
- Action anthropique : rejets domestiques.

2.1.4-Sous-bassin de l'oued Bougdoura

Les cours d'eau du sous-bassin de l'oued Bougdoura drainent l'ensemble des écoulements du flanc nord-ouest du Djurdjura depuis Thala-Guilef jusqu'à Draâ-Ben-Khedda. Deux secteurs hydrographiques, s'échelonnant entre 1600 m et 500 m d'altitude ont retenu notre attention : assif Chemlili et assif Nechbel.

2.1.4.1.- Assif Chemlili

Il prend naissance à partir des sources localisées dans le massif de Haïzer et du col blanc (Djurdjura occidental). Il coule dans la direction sud-nord sur une distance de 11 km entre 1660m et 600 m d'altitude, collectant l'ensemble des écoulements en provenance des petits ruisseaux de montagne et autres ruisselets de sources avant de se jeter dans la vallée de Boghni. De pente moyenne de l'ordre de 10 %, il traverse différentes formations végétales depuis les pelouses des crêtes rocheuses aux forêts de chêne.

Deux stations sont retenues sur ce parcours : TG1 et TG2.

Station TG1

Ruisseau d'altitude situé à environ 1 km en amont des infrastructures touristiques de Thala-Guilef.

- Altitude : 1450 m ;
- Latitude : 36° 28.320' N ;
- Longitude : 4° 00.160' E ;
- Pente à la station : 30 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5-1 m ;
- Profondeur : 10 cm ;

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : galets, graviers et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate herbacée et épineux.

Station TG2

La station est située sur l'oued Chemlili à environ 8 km en aval de TG1 et à environ 200m au dessus de la route menant à Thala-Guilef.

- Altitude : 850 m ;
- Latitude : 36° 28.267' N ;
- Longitude : 3° 59.84' E ;
- Pente à la station : 20 % ;
- Largeur du lit mineur : 1 m ;
- Profondeur : 10 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : blocs, graviers et débris végétaux ;
- Végétation bordante : strate arborée;
- Végétation aquatique : quelques algues.

2.1.4.2.- Assif Nechbel

Assif Nechbel, ruisseau de montagne, prend naissance au lieu dit 'Thinzar' à 980 m d'altitude à partir des sources et des petits ruisseaux alimentés par les fontes des neiges. Il coule en orientation sud-nord sur une distance de 7,5 km entre 980 m et 380 m d'altitude. Sa pente moyenne est de l'ordre de 8 %.

Deux stations sont retenues sur ce cours d'eau : TG3 et TG4

Station TG3

Elle est située à 500 m en aval de la source de lieu dit 'Thinzar'.

- Altitude : 900 m ;
- Latitude : 36° 28.049' N ;
- Longitude : 3° 58.308' E ;
- Pente à la station : 15 % ;
- Largeur du lit mineur : 0,5-1 m ;
- Profondeur : 10-15 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive dense ;
- Substrat : blocs, galets, graviers ;
- Végétation aquatique : algues.

Station TG4

Cette station est située à 7 km en aval de la station (TG3).

- Altitude : 500 m ;
- Latitude : 36° 29.774' N ;
- Longitude : 3° 58.073' E ;
- Pente à la station : 4 % ;
- Largeur du lit mineur : 1-2 m ;
- Profondeur : 20-30 cm ;
- Vitesse du courant : rapide à moyenne ;
- Substrat : blocs, galets, graviers, sable;
- Végétation bordante : strate arborescente et arbustive dense.

3. - Paramètres environnementaux

La description des cours d'eau étudiés intéresse principalement les 30 stations choisies et les paramètres qui y sont pris en compte, susceptibles de jouer un rôle dans la distribution de la faune.

Identifier les relations entre les facteurs du milieu et la faune constitue une problématique majeure de l'écologie. Dans ce contexte, de nombreux écologues ont récemment souligné l'importance de la prise en compte des variations spatiales et temporelles (WIENS, 1986 ; SOUTHWOOD, 1988 ; TOWNSEND & HILDREW, 1994). Identifier les principaux facteurs environnementaux influant sur l'abondance des espèces et la composition des peuplements dans le temps et dans l'espace, et comprendre comment ils agissent selon ces deux axes, demeurent les problèmes centraux de cette discipline (BROWN, 1984 ; BARBOULT, 1992).

Les premières questions lors de l'élaboration du plan d'échantillonnage portent sur le choix des paramètres du milieu à mesurer. Il peut s'agir de paramètres physico-chimiques (température, oxygène, pH, alcalinité, conductivité, nitrate, phosphate...) à partir desquels la qualité de l'eau est évaluée (DUDGEON, 1984 ; PEARSON, 1984 ; PETERSON & ROSS, 1991 ; CORTES, 1992 ; LAIR & SARGOS, 1993 ; D'ELBEE & CASTEL, 1995 ; GRASMÜCK *et al.*, 1995 ; ROMO & VAN TANGEREN, 1995 ; MAES *et al.*, 1998), et/ou de descripteurs de l'habitat tels que la profondeur, le substrat, la vitesse du courant, les débris, la végétation, la turbidité (GORMAN & KARR, 1978 ; BART, 1989 ; WINEMILLER & LESLIE, 1992 ; PUSEY, 1993 ; ARMITAGE *et al.*, 1995 ; FISCHER & ECKMANN, 1997 ; HUTAGALUNG *et al.*, 1997 ; NACORDA & YAP, 1997 ; MERIGOUX & PONTON, 1999).

Les stations prospectées sont caractérisées par des conditions mésologiques diverses. Pour les décrire, nous avons retenu 11 descripteurs qui semblent le mieux caractériser les milieux lotiques étudiés. Certains de ces paramètres sont faciles à mesurer (altitude, pente, distance à la source, nature du substrat, végétation bordante...), mais d'autres restent peu fiables (largeur du cours d'eau, profondeur du lit...) suite aux irrégularités des débits qui entraînent des modifications

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

des rives lors des crues et des basses eaux. Parmi les facteurs du milieu retenus, certains ne varient pas dans le temps, ils caractérisent l'état de la station comme par exemple, la distance à la source, la surface du bassin versant, l'altitude, la pente...).

Ces paramètres n'ont pas été choisis au hasard, ils sont considérés par les hydrobiologistes comme des facteurs écologiques essentiels capables d'influencer directement le mode de vie et la répartition spatiale de la faune aquatique (FLECHTNER, 1986 ; DETTNER *et al.*, 1986 ; ISART *et al.*, 1989 ; BOURNAUD *et al.*, 1992 ; RICHOUX, 1994 ; RIBERA *et al.*, 1995a, 1995b).

D'autres auteurs tels que BERTHELEMY (1966), LAVANDIER (1979), ANGELIER *et al.* (1985) ont montré qu'il est possible de caractériser les milieux d'eau courante par leurs facteurs physiques (altitude, pente, largeur du lit, vitesse du courant, substrat et température) qui évoluent régulièrement de l'amont vers l'aval, et les facteurs chimiques de l'eau.

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

3.1.- Profils topographiques des cours d'eau

- Cet aspect est décrit à l'aide de trois paramètres : l'altitude, la distance à la source et la pente. La lecture du tableau I montre que :
- les secteurs ayant des pentes comprises entre 15 et 30 % correspondent aux ruisseaux d'altitude dont les altitudes varient entre 1450 et 900m.
 - dans les zones de moyenne montagne, la pente est de l'ordre de 10 % ;
 - dans la zone de piémont, on assiste à une rupture de pente et à l'élargissement des cours d'eau ; la pente moyenne est de l'ordre de 5 % ;
 - en basse altitude, le profil est régulier ; l'eau coule sur un lit large et relativement plat, la pente moyenne à ces stations ne dépasse pas 2 %.

Tableau I : Altitude, pente à la station et pente moyenne des cours d'eau étudiés.

	Oued Sébaou	Sous-bassin de l'oued Boubhir											Sous-bassin de l'oued Aïssi												Sou-bassin de l'oued Bougdoura					
Stations	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	TR2	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	TG1	TG2	TG3	TG4
Alt. (m)	160	1000	870	1170	1140	430	370	200	1010	1080	1120	1045	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	1040	950	600	290	1450	850	900	500
Pente à la station (%)	1,2	16	4	15	10	5	3	2	16	20	14,8	13,6	10	30	10	10	10	2,5	1,5	1,4	10	8	19	11	8	1,5	30	20	15	4
Pente moy. (%)	1,3	6		10			5	1,4	11	9	10		5	20		13	1,7			5	6			1,6	10		8			

3.2.- Débits et écoulement de l'eau

Les débits des cours d'eau dépendent principalement de trois types de facteurs : les aléas climatiques (durée et intensité des précipitations, fonte des neiges), les caractéristiques des cours d'eau et des bassins versants (type de sol et de sous-sol, topographie) et certaines activités humaines (imperméabilisation des sols, prélèvement en eau et occupation des sols par l'agriculture).

L'hydrologie des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura est caractérisée par de grandes fluctuations du débit. Les crues sont soudaines et violentes et les étiages prononcés.

Selon LOUNACI (2005), les cours d'eau d'altitude supérieure à 1000 m présentent un régime hydrologique pluvio-nival de décembre à mi-avril et pluvial de mi-avril à juin. Dans les zones de piémont et de plaine, le régime hydrologique est plutôt pluvial.

Au Djurdjura, les débits moyens mensuels se caractérisent par une grande irrégularité interannuelle. Durant le cycle hydrologique, les débits se caractérisent selon les apports atmosphériques. Les débits journaliers et mensuels les plus importants de l'année, correspondent à la fonte du manteau neigeux au printemps, augmenté des apports en pluies souvent abondantes à cette époque de l'année. Les plus faibles sont enregistrés à la fin de l'été (ABDESSELAM, 1995).

Dans le but de caractériser le régime hydrologique des cours d'eau de basse altitude, une station a été retenue sur l'oued Boubhir. Les débits moyens mensuels sont calculés pour la période allant de 2007 à 2015 (annexe 7) à partir des données fournies par l'ANRH de Tizi-Ouzou.

La lecture de la figure 9 montre :

- deux périodes de hautes eaux avec des maximums en janvier et avril ;
- une période de basses eaux où l'on observe une décroissance considérable des débits à partir du mois de juin ;
- une période d'étiage prononcée, de juillet à septembre ;

Une autre période de basses eaux accompagnée des crues secondaires apparaît en automne et au début de l'hiver.

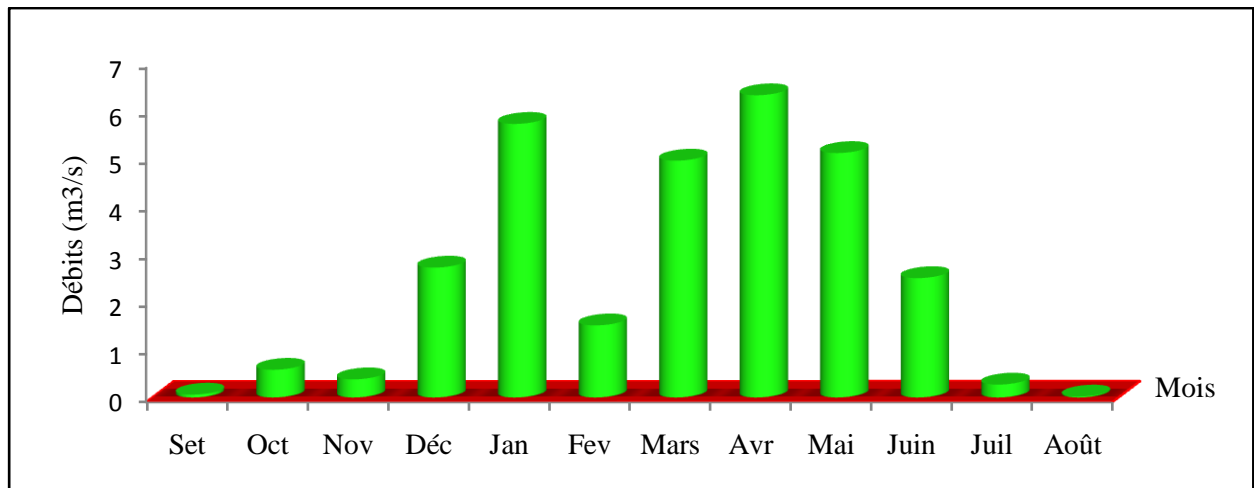


Figure 9 : Variations des débits moyens mensuels de l'oued Boubhir - période : 2007-2015

3.3.- Vitesse du courant

Dans les eaux courantes, la vitesse du courant est un facteur très important qui influence fortement la composition des communautés d'invertébrés. D'après LOUNACI (1987), la vitesse du courant dépend du débit, du substrat du fond et de la largeur du lit, de la pente, des précipitations et de la fonte des neiges qui en provoquent de grandes variations. Beaucoup d'organismes des eaux courantes ont des préférences ou des exigences quant à la vitesse du courant qui déterminent l'emplacement qu'ils occupent dans les cours d'eau (HYNES, 1970 ; FRAZER, 1972).

Dans notre travail, en raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant a été quantifiée par sa valeur moyenne au niveau de chaque station. Les mesures ont été effectuées en surface du cours axial à l'aide d'un flotteur. Le temps mis par le flotteur pour parcourir une distance de 10 mètres donne une estimation de la vitesse du courant selon la formule suivant :

v : vitesse du courant (m/s)

$V = d/t$: distance de 10 mètres (m)

t : temps de parcours (s)

Pour évaluer la vitesse de courant, après la conversion de son unité en cm/s, nous avons adopté la classification de berg (DECAMPS, 1971):

- courant très lent : 10 cm/s ;
- courant lent : $10 < v < 25$ cm/s ;
- courant moyen : $25 < v < 50$ cm/s ;
- courant rapide : $50 < v < 100$ cm/s ;
- courant très rapide : $> \text{ou} = 100$ cm/s.

Les relevés de cette composante, qui ne présente qu'une valeur indicative, sont portés en annexes 5.

3.4.- Profondeur, largeur et section mouillée

Ces trois composantes fournissent, en plus du débit, une idée de la 'taille' du cours d'eau à une station donnée.

Les variations locales, indépendantes, de la profondeur de l'eau et de la largeur du lit, dont il est difficile d'obtenir des valeurs représentatives d'un secteur donné, nous ont conduit à retenir comme paramètre dimensionnel la section mouillée moyenne à l'échelle de la station pendant les basses eaux.

Les profondeurs moyennes varient de 10 à 50 cm avec une grande majorité au dessous de 30 cm. Ceci est dû en grande partie, au choix des stations dans des zones peu profondes pour que le fond soit facilement accessible à l'aide du filet Surber.

La largeur moyenne des sections en eau varie de 0,5 à 10 m en augmentant assez régulièrement de l'amont vers l'aval annexe 5.

3.5.- Substrat

On désigne par ce terme tous les matériaux immergés pouvant constituer le support vital des invertébrés benthiques. Selon BOURNAUD (1983), cette composante représente un des facteurs importants qui influence considérablement la microdistribution des communautés de macroinvertébrés benthiques.

DAKKI (1987a), souligne que la fréquence relative des différents constituants de cette composante peut agir dans le déterminisme du profil d'abondance de la communauté d'une station donnée. Deux grands types de substrats sont distingués : le substrat minéral et le substrat végétal.

Substrat minéral

Plusieurs catégories sont distinguées selon le diamètre moyen des éléments qui le composent : limons, sable, graviers, galets et blocs. L'importance relative de chaque catégorie est estimée par son pourcentage de recouvrement des surfaces en eau. Ces pourcentages sont estimés par observation directe à l'échelle de la station (annexe 5).

Substrat végétal

Selon DAKKI (1987a), ce type du substrat peut jouer à la fois comme support inerte et comme ressource trophique. Il est considéré séparément et indépendamment de la granulométrie. Son importance au niveau d'une station est exprimée, là aussi, par son pourcentage de recouvrement des zones en eau en quatre classes d'abondance : d'absente (0) à très abondante (3) (annexe 5).

3.6.- Végétation bordante

Les formations végétales rivulaires constituent un compartiment essentiel des écosystèmes d'eau courante. Elles participent ainsi au maintien de la dynamique physique et biologique nécessaire pour la résilience du système face aux perturbations d'origines naturelles ou anthropiques (THIERRY, 2010). En effet, ces formations, contribuent donc au bon fonctionnement de l'hydrosystème (régulateur du régime thermique des cours d'eau, source majeure de matière organique, stabilité des berges et diversité d'habitat pour les insectes aquatiques grâce à son réseau racinaire et aux branches qui tombent dans l'eau) et, par conséquent, contribuent largement à l'installation d'une faune riche et diversifiée (MARIDET *et al.*, 1996).

Cette composante est estimée par observation directe à l'échelle de la station. Elle est exprimée par quatre classes d'abondance : de rare (1) à très abondante (4) (annexe 5).

3.7.- Température de l'eau

La température de l'eau est un facteur écologique important dans les eaux courantes. Elle est fonction de l'altitude, de la distance à la source, du régime hydrologique, de l'épaisseur de la ripisylve et de la saison. Elle entraîne d'importantes répercussions écologiques (LEYNAUD, 1968). Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, notamment l'oxygène, la détermination du pH, la dissociation des sels dissous, et le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau et particulièrement les microorganismes (WHO, 1987). De plus, elle joue un rôle primordial dans le déterminisme de la distribution longitudinale des zoocénoses.

De trop grandes fluctuations de la température peuvent nuire à certaines espèces ou provoquer des déséquilibres des écosystèmes (TOUCHART, 1999).

Dans les cours d'eau étudiés, devant l'impossibilité de réaliser des mesures journalières de la température, par enregistreur par exemple, nous avons multiplié au maximum les mesures instantanées afin d'obtenir le plus d'informations possible sur les variations thermiques.

L'analyse des relevés de températures ponctuelles (fig. 10) nous a permis de dresser l'évolution du régime thermique tout au long de notre étude (annexe 6).

Les températures maximales sont atteintes en juillet, ce qui correspond au maximum thermique aérien et au débit mensuel minimum. Les plus faibles valeurs sont enregistrées aux mois de décembre et janvier.

L'analyse de la figure 10 fait ressortir 2 groupes de stations :

- groupe I à amplitude thermique faible ou moyenne, comprise entre 4 °C et 15 °C ;
- groupe II à amplitude thermique élevée, comprise entre 6 °C et 21 °C ;

Le groupe I renferme les stations des ruisseaux de sources et des cours d'eau de moyenne et haute montagne. Les minima hivernaux se situent, pour ces stations, entre 4 °C et 12 °C et les maxima d'été entre 10 °C et 25 °C. Ce sont d'une part, les stations des cours d'eau alimentés

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

par les sources et la fonte des neiges (stations IG1, IG2, SA1, TK1, TK2, D1, TG1, TG2, O1, O3) et d'autre part, les stations des ruisseaux et des cours d'eau très ombragés (stations SA2, AI, AA, TR1, TR2, A1, A2, O4, O5, TG3).

Le groupe II est composé essentiellement des stations de piémont et de basse altitude (stations S1, SA3, KH, B1, A3, A4, A5, O2, O6, TG4) dont les températures maximales varient entre 18 °C et 30 °C et les minimales entre 9 °C et 12 °C. Ces stations présentent des écarts de températures importants (entre 6 °C et 21 °C). En effet, la forte insolation au niveau des vallées, l'absence d'ombrage le long de la plus part des cours d'eau et les faibles débits d'étiage sont à l'origine de ces fortes températures.

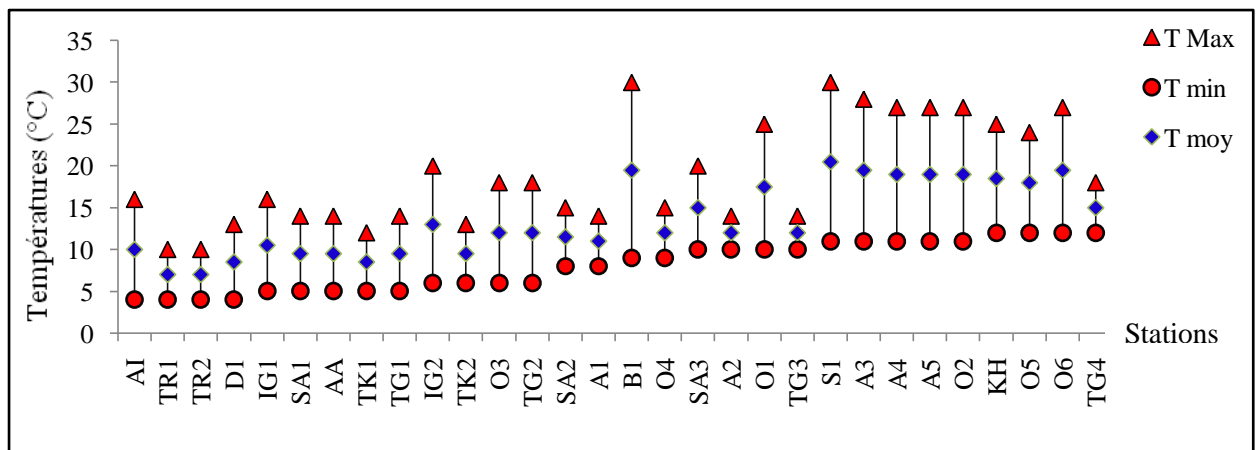


Figure 10 : Amplitude thermique enregistrées dans les stations étudiées

3.8.- Activités humaines

L'homme occupe une place de plus en plus importante dans les écosystèmes en général et dans les écosystèmes aquatiques en particulier. La société humaine utilise les cours d'eau comme ressources en eau ou comme exutoire pour un grand nombre d'activités urbaines, agricoles et industrielles, et à longtermes négligé leur qualité d'écosystèmes. Ces activités entraînent des perturbations qui se traduisent par des modifications des caractéristiques structurelles et fonctionnelles des communautés biologiques.

Le bassin versant de l'oued Sébaou constitue la cible de plusieurs sources et foyer de pollution ponctuelle et/ou diffuse. L'influence anthropique sur ce bassin versant se manifeste par différentes activités liées aux agglomérations installées le long des cours d'eau.

L'impact anthropique diffère d'une zone à l'autre et varie en général selon l'altitude du secteur concerné.

En effet, en altitude les agglomérations sont généralement de petites tailles. Les activités humaines ont conservé un caractère traditionnel, où l'élevage et les cultures non irriguées sont pratiquement les seules activités agricoles. Leurs impacts potentiels sur les cours d'eau devraient

Chapitre II : Sites d'étude et méthodes

être relativement faibles. Les seuls secteurs sembler pourraient être près des villages où les eaux usées sont directement rejetées dans les cours d'eau.

En basse altitude, les plus grandes concentrations urbaines susceptibles d'engendrer une forte pollution sont centrées principalement le long de l'oued Sébaou. Leur distribution le long de la vallée, leur croissance importante et l'activité agricole et industrielle de leur population constituent une menace pour la vie aquatique.

A ces principales perturbations s'ajoutent :

- le pompage et le détournement de l'eau pour l'irrigation induisent la mise à sec de tronçons importants des cours d'eau ;

- les extractions de graviers, en relation avec l'accroissement des constructions, déstabilisent le fond du lit des cours d'eau avec la modification de sa morphologie et une remise en suspension accrue des éléments fins.

Toutes ces activités affectent la qualité de l'eau et provoquent des modifications plus ou moins marquées sur les communautés vivantes, particulièrement les macroinvertébrés.

4.- Méthodes d'étude

Pour HYNES (1975), chaque cours d'eau est un individu unique dont les caractéristiques sont déterminées par la vallée dans laquelle il s'écoule. Cependant, à l'échelle d'un grand réseau hydrographique, l'étude de la distribution spatiale des invertébrés benthiques et des facteurs qui la gouvernent nécessite l'identification des entités géographiques écologiquement homogènes, plus vastes, regroupant plusieurs cours d'eau ou tronçons de cours d'eau.

La diversité spécifique des communautés benthiques dépend notamment de la diversité et de la stabilité spatiotemporelle des habitats (CUMMINS & KLUG, 1979 ; WARD & STANFORD, 1979). Celles-ci définissent l'hétérogénéité des niches écologiques et donc les possibilités de développement (MALMQVIST & OTTO, 1987).

Dans le cadre de notre étude, il était nécessaire d'avoir un nombre de stations de prélèvement suffisamment élevé pour mieux contribuer à la connaissance de la biodiversité, l'écologie et la distribution des 4 ordres d'insectes retenus pour cette étude (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae) sous l'effet des variations des différentes caractéristiques du milieu. Cependant, suite à la multiplicité des habitats et l'inégalité de la répartition de la faune benthique, la réalisation d'un plan d'échantillonnage et l'estimation quantitative des effectifs peuvent être difficiles à élaborer à cause de l'ensemble des modifications spatiotemporelles du milieu.

Quinze séries de récoltes en plaine, piémont, moyenne et haute altitude, entre mars 2014 et juin 2016, ont été réalisées, totalisant un nombre important de prélèvements entre larves, nymphes et adultes. Il est à signaler que les séries de récoltes ne sont pas toujours complètes.

L'assèchement prolongé des cours d'eau, les difficultés d'accès aux stations de haute montagne, ne nous ont pas permis de réaliser un suivi régulier des stations pendant au moins une année.

4.1.- Techniques d'échantillonnage

Les prélèvements de la faune benthique (larves, nymphes, imago et exuvies nymphales) ont été faits à l'aide de moyen d'échantillonnage quantitatif complété par des prélèvements qualitatifs.

Quoiqu'exploitant des micro-habitats différents, les Trichoptères, les Epheméroptères, les Plécoptères, les Coléoptères et les Diptères Simuliidae constituent les principaux macroinvertébrés peuplant les eaux courantes. Pour la capture des espèces en faciès lotique, nous avons utilisé le filet Surber, vide de maille de 275 µm, et pour le faciès lentique le filet le plus approprié et le filet troubleau.

•**Les eaux courantes** : la procédure consiste à placer le filet en position verticale contre le substrat tout en maintenant l'ouverture du filet dirigée vers le sens contraire du courant. Les surfaces prélevées sont de même ordre de grandeur (0,1 m²). A l'aide des mains ou des bottes (dans le cas des eaux très profondes) le substrat est remué et les pierres soulevées de telle sorte que, sous l'effet du courant, la faune interstitielle sera récupérée dans le filet. C'est la technique la plus propice pour la récolte des Elmidae, des Hydraenidae et des Dytiscidae.

•**Les eaux lénitiques** : le prélèvement dans ce type de milieu aquatique est réalisé au moyen d'un filet troubleau à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre. A l'endroit choisi nous plongeons le troubleau et nous lui faisons exécuter un certain nombre de mouvements en «zig zag», le filet est traîné dans l'eau libre, dans les coins macrophytiques tout en remuant le substrat et la végétation immergée des zones périphériques et centrales, en essayant de couvrir toute la surface d'échantillonnage afin de récolter le maximum d'espèces. Cette méthode s'avère très efficace pour la capture des *Limnebius* qui vivent accrochés sur les mousses.

Parallèlement à ce type de prélèvement, une inspection visuelle des pierres émergées, à la recherche d'espèces vivant dans l'interphase air-eau tels que certains *Ochthebius*, des Trichoptères et des Diptères Simuliidae, est réalisée. Les individus visualisés sont capturés directement à l'aide d'une pince.

4.1.1.- Chasses d'adultes (Capture d'imagos)

Pour compléter les prélèvements, il est nécessaire de balayer la végétation des rives avec un filet fauchoir ou entomologique afin de recueillir les insectes adultes qui restent, en fait, un matériel précieux pour l'identification des formes aquatiques immature de la même espèce. Par la suite les organismes capturés sont conservés dans de l'alcool à 70 % dans des tubes en plastique dûment étiquetés.

4.2.- Conservation des échantillons

Sur le terrain, les organismes capturés, sont transférés dans des sachets en matière plastique, puis fixés au formol à 8 % sur le lieu même de prélèvement. Chaque échantillon conservé est ramené au laboratoire pour tri, détermination et analyse.

4.3.- Tri et identification de la faune

Au laboratoire, les échantillons conservés dans des sachets étiquetés par station sont rincés abondamment à l'eau claire sur une colonne de tamis de mailles de taille décroissante (5 à 0,2 mm) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles). Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béchers de 250 cc pour les trier et les identifier. En manipulant délicatement les organismes, à l'aide de pinces fines dans des boîtes de Pétri, le tri et l'identification sont effectués sous une loupe binoculaire. Après cette identification, ces organismes sont transvasés dans des piluliers contenant de l'alcool à 75 %. Les organismes pris en considération se trouvent sous forme larvaires, nymphes et imagos.

La détermination se faisant sous une loupe binoculaire, en séparant les Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères de toute autre faune benthique, à l'aide des clés de TACHET et *al.* (1980) et TACHET et *al.* (2000). Pour un travail de détermination à l'ordre spécifique, a été effectué grâce à l'appui de certains spécialistes ; KECHEMIR LINA-HANANE en collaboration avec EL ALAMI MADJIDA pour les Ephéméroptères, YASRI NABILA pour les Plécoptères ; SEKHI SAMIRA pour les Trichoptères et NARD BENNAS pour les Coléoptères Elmidae et Hydraenidae.

Chapitre III :

Analyse globale de la faune

1.- Analyse globale de la faune

Ce travail est consacré à l'étude des Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères, Coléoptères Hydraenidae et Elmidae (EPTC) des cours d'eau de la Kabylie, l'un des réseaux hydrographiques les plus importants du centre Nord de l'Algérie. Il est axé essentiellement sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie de la faune recensée.

Il serait vain et nous n'avons pas la prétention de croire que cet inventaire, malgré l'analyse des récoltes de plusieurs milliers d'individus (18200 individus) répartis sur plusieurs taxa, soit le plus exhaustif possible, mais il peut s'avérer une bonne base pour les travaux ultérieurs, et donner ainsi une image assez fidèle des peuplements de macroinvertebrés benthiques de cette zone géographique.

Le présent travail a pour but de contribuer à la connaissance des quatre ordres majeurs d'insectes lotiques les mieux connus du point de vue taxonomiques : Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae.

Les prospections réalisées dans les cours d'eau étudiés ont permis d'inventorier 79 taxa répartis en 4 groupes zoologiques : Ephéméroptères 19 taxa, Plécoptères 23, Trichoptères 19 et Coléoptères Hydraenidae et Elmidae 18 (se référer au tableau II : inventaire faunistique). Ce chiffre est loin de refléter la totalité de la faune de cette zone géographique (98 taxa d'EPTC ont été inventoriés par LOUNACI et *al.* (2000a), ces auteurs ont recensé : Ephéméroptères 23 espèces, Plécoptères 19 espèces, Trichoptères 33 espèces et Coléoptères Hydraenidae-Elmidae 23 espèces.

Chapitre III : La faune –Analyse globale

TableauII : Inventaire faunistique

*** Espèces nouvelles pour la science

** Nouvelles citations pour l'Algérie

* Nouvelles citations pour la Kabylie

EPHEMEROPTERES	PLECOPTERES	TRICHOPTERES	COLEOPTERES
Baetidae	Perlodidae	Rhyacophilidae	Hydraenidae
<i>Alainites</i> gr. <i>muticus</i>	<i>Afroperlodes lecerfi</i>	<i>Rhyacophila munda</i>	* <i>Hydraena</i> (<i>Hydraena</i>) <i>leprieuri</i>
<i>Acentrella sinaïca</i>	Perlidae	Golossosomatidae	<i>Hydraena</i> (<i>Hydraena</i>) <i>mouzaïensis</i>
<i>Cheleocloeon</i> sp.	<i>Eoperla ochracea</i>	<i>Agapetus numidicus</i>	<i>Hydraena</i> (<i>Hydraena</i>) <i>numidica</i>
<i>Baetis maurus</i>	* ** <i>Marthamea bayae</i>	<i>Agapetus</i> sp.	<i>Hydraena</i> (<i>Hydraena</i>) <i>pici</i>
<i>Baetis pavidus</i>	<i>Perla</i> cf. <i>pallida</i>	Hydroptilidae	<i>Hydraena</i> (<i>Hydraena</i>) <i>rivularis</i>
<i>Baetis punicus</i>	<i>Perla</i> sp.	<i>Hydroptila vectis</i>	* <i>Limnebius pilicauda</i>
<i>Baetis</i> gr. <i>rhodani</i>	Chloroperlidae	<i>Allotrichia</i> sp.	<i>Ochthebius</i> (<i>Asiobates</i>) <i>bonnairei</i>
<i>Baetis</i> sp.	<i>Siphonoperla</i> sp.	Philopotamidae	** <i>Ochthebius</i> (<i>Ochthebius</i>) <i>bifoveolatus</i>
<i>Nigrobaetis rhithralis</i>	Taeniopterygidae	<i>Wormaldia</i> sp.	Elmidae
<i>Centropilum luteolum</i>	<i>Brachyptera algerica</i>	Hydropsychidae	<i>Elmis maugetii velutina</i>
<i>Cloeon</i> sp.	<i>Brachyptera auberti</i>	<i>Cheumatopsyche atlantis</i>	<i>Esolus filum</i>
<i>Procloeon</i> sp.	Nemouridae	<i>Cheumatopsyche</i> sp.	<i>Esolus pygmaeus</i>
Heptageniidae	<i>Amphinemura berthelemyi</i>	<i>Hydropsyche fezana</i>	<i>Esolus</i> sp.
<i>Rhithrogena</i> sp.	<i>Amphinemura</i> sp.	<i>Hydropsyche lobata</i>	* <i>Limnius intermedius</i>
<i>Ecdyonurus</i> sp.	<i>Protonemura algerica algerica</i>	<i>Hydropsyche obscura</i>	<i>Limnius opacus opacus</i>
Caenidae	* <i>Protonemura algerica bejaiana</i>	<i>Hydropsyche punica</i>	<i>Limnius surcoufi</i>
<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Protonemura ruffoi</i>	<i>Hydropsyche resmineda</i>	<i>Oulimnius maurus</i>
<i>Caenis pusilla</i>	<i>Nemoura</i> sp.	<i>Hydropsyche</i> gr. <i>pellucidula</i>	<i>Oulimnius</i> sp.
Leptophlebiidae	Capniidae	Polycentropodidae	<i>Stenelmis consobrina consobrina</i>
<i>Choroterpes</i> sp.	<i>Capnia nigra</i>	<i>Polycentropus kingi</i>	
<i>Habrophlebia</i> gr. <i>fusca</i>	<i>Capnioneura petitpierreae</i>	Psychomyiidae	
Potamanthidae	<i>Capnioneura</i> sp.	<i>Tinodes</i> sp.	
<i>Potamanthus luteus</i>	<i>Capnopsis schilleri schilleri</i>	Goeridae	
	Leuctridae	<i>Silonella aurata</i>	
	<i>Leuctra geniculata</i>	Brachycentridae	
	* <i>Leuctra khroumiriensis</i>	<i>Micrasema</i> sp.	
	<i>Leuctra tunisica</i>	Uenoidae	
	<i>Leuctra</i> sp.	<i>Thremma</i> sp.	
	<i>Tyrrhenoleuctra tangerina</i>		

Sur les 79 taxa d'invertébrés benthiques sept sont, à notre connaissance, des citations nouvelles pour l'Algérie et/ou la Kabylie :

- Le genre *Marthamea* est nouveau pour l'Afrique du Nord ;
- *Marthamea bayae* est nouvelle pour la science ;
- *Ochthebius* (*Ochthebius*) *bifoveolatus* est signalée pour la première fois en Algérie,

Chapitre III : La faune –Analyse globale

- *Protonemura algirica bejaiana*, *Leuctra khroumiriensis*, *Hydraena* (*Hydraena*) *leprieuri*, *Limnebius pilicauda* et *Limnius intermedius* sont nouvelles pour la Kabylie.

Comparé aux peuplements benthiques des réseaux hydrographiques des autres régions du Maghreb, la richesse spécifique des cours d'eau étudiés ici paraît relativement moins diversifiée tableau III. Cette différence de richesse taxonomique notée entre ces réseaux relèverait de certaines causes :

- La rareté, voire l'absence, dans les cours d'eau étudiés de certains taxons lenitophiles tels que les Trichoptères Leptoceridae (2 espèces pour 12 espèces au Maroc), de certains Ephéméroptères (Oligoneuriidae, *Cloeon*, *Procloeon*, *Ephoron*, *Brachycercus*...).

- Le peuplement des domaines marocains se singularisent par un important contingent d'espèces sténothermes d'eau froide qui ne sont pas représentées dans les cours d'eau de Kabylie tels que les *Rhithrogena* (3 espèces), *Habrophlebia vaillantorum*, *Habroleptoides assefae*, parmi les Ephéméroptères, *Protonemura berberica*, *Leuctra ketamensis*, *Leuctra maroccana*, parmi les Plécoptères, et *Micrasema moestum*, *Hydropsyche obscura*, parmi les Trichoptères.

Tableau III : Richesse spécifique dans quelques réseaux hydrographiques du bassin méditerranéen.

	Cours d'eau étudiés	Kabylie du Djurdjura	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Tunisie (tout le territoire)
Ephéméroptères	19	21	37	30	35	25
Plécoptères	23	17	23	16	17	17
Trichoptères	19	33	41	46	34	45
Coléoptères Hydraenidae-Elmidae	18	18	74	64	53	68

Source :

Algérie : MALICKY & LOUNACI (1987), LOUNACI et al. (2000a), LOUNACI & VINÇON (2005), LOUNACI (2005), SEKHI et al. (2016), LAMINE et al. (2019a), LAMINE et al. (2019b), SEKHI et al. (2019).

Maroc : DAKKI & THOMAS (1986), DAKKI (1987a, 1987b), BOUZIDI (1989), EL ALAMI & DAKKI (1998), BENNAS et al. (2001), BERRAHOU et al. (2001), HAJJI et al. (2012), ERROCHDI et al. (2014a, 2014b), VINÇON et al. (2014).

Tunisie : BOUMAÏZA (1994), BEJAOUI & BOUMAÏZA (2004, 2009, 2010), TOUAYLIA et al. (2009a, 2010b, 2011b), TOUAYLIA et al. (2011a), ZRELLI et al. (2016).

Chapitre III : La faune –Analyse globale

1.1.- Richesse stationnelle

La Kabylie, de part son relief et sa topographie, offre une multitude de biotopes aquatiques très divers. La lecture du tableau IV révèle que la richesse spécifique maximale est observée dans les stations : TR1, AA, AI, A1, D1, O1 et TG2 : Nt > 30. Elles sont situées dans l'étage montagnard : altitude comprise entre 1120 et 850 m.

Les stations SA1, TR2, O4, A2, O5 et B1, quand à elles, renferment une richesse variant entre 26 et 29 espèces, et les stations TG1, SA2, IG2, O2, TG4, A3, KH, A4, O6, A5 et S1 entre 21 et 24 espèces. Le reste des stations (TK1, TK2, O3, IG1, TG3 et SA3) sont très peu diversifiées avec un nombre d'espèces inférieur ou égale à 15 taxons.

Tableau IV : Richesse taxonomique aux stations étudiées

St.	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	TR2	D1	TK1	TK2
Nt	23	14	22	26	22	13	21	27	32	33	41	26	33	15	8
St.	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	TG1	TG2	TG3	TG4
Nt	33	26	21	22	23	31	24	13	26	29	21	22	33	12	24

St. : stations ; Nt : nombre de taxons

L'analyse de l'évolution de la richesse spécifique le long des stations montre bien que la diversité n'évolue pas en fonction de l'altitude seulement (fig. 11). L'arrangement des stations par ordre décroissant de la diversité illustre parfaitement cette observation car le nombre de taxa est important aussi bien dans les zones supérieures des cours d'eau que dans celles de moyenne montagne et de piémont comme l'ont montré les travaux de LOUNACI et *al.* (2000a) et MEBARKI (2001).

- TR1 est un ruisseau d'altitude à grand débit, avec un substrat hétérogène à dominance de galet et une végétation bordante et arbustive fournie.
- A1 torrent de moyenne montagne (alt. 920 m) à substrat hétérogène et à végétation bordante fournie;
- AA, AI et D1 : ruisseaux de source de montagne (1080, 1010 et 900 m) ;
- TG2 : cours d'eau de moyenne montagne (alt. 850 m).

Toutefois, ces sites aquatiques sont caractérisés par une hétérogénéité et complexité structurale du substrat, d'où la multiplicité de microhabitats disponibles. De plus, le courant y est rapide ou très rapide à modéré, la température est fraîche, la végétation bordante est assez dense. L'hétérogénéité de la composition de substrat conditionne l'aptitude des stations à héberger un nombre élevé de groupes faunistiques. Nos observations sont en accord avec celles faites par USSEGLIO-POLATERA & BEISEL (2002) où ils précisent que les substrats composés de

Chapitre III : La faune –Analyse globale

pierres de galets possèdent la forte aptitude à héberger une faune polluosensible et que les sables et les sédiments organiques possèdent la plus faible aptitude.

Dans certains sites de haute altitude (sources et leurs émissaires), la diversité taxonomique est faible : TK1 (alt. 1300 m), TR2 (alt. 1045 m), IG1 (1000 m), TK2 (alt. 950 m), TG3 (alt. 900 m). Elle varie entre 8 et 15 taxons. Cet appauvrissement s'explique comme la suggéré GIUDICELLI (1970) et LOUNACI (2005) par le fait que dans certains sites d'altitude, la dimension des biotopes est réduite, le substrat est composé essentiellement de cailloux, et donc leur capacité d'accueil se trouve limitée (diminution du nombre de niches écologiques) et particulièrement pour les Ephéméroptères.

Quand aux sites de piémont et de basse altitude, caractérisés par un lit assez large, des températures maximales élevées (T max. 30 °C), un substrat hétérogène, où les impacts humains restent faibles à modérés, hébergent une faune moyennement diversifiée, essentiellement thermophile tolérante vis-à-vis de la température et des pollutions organiques légères.

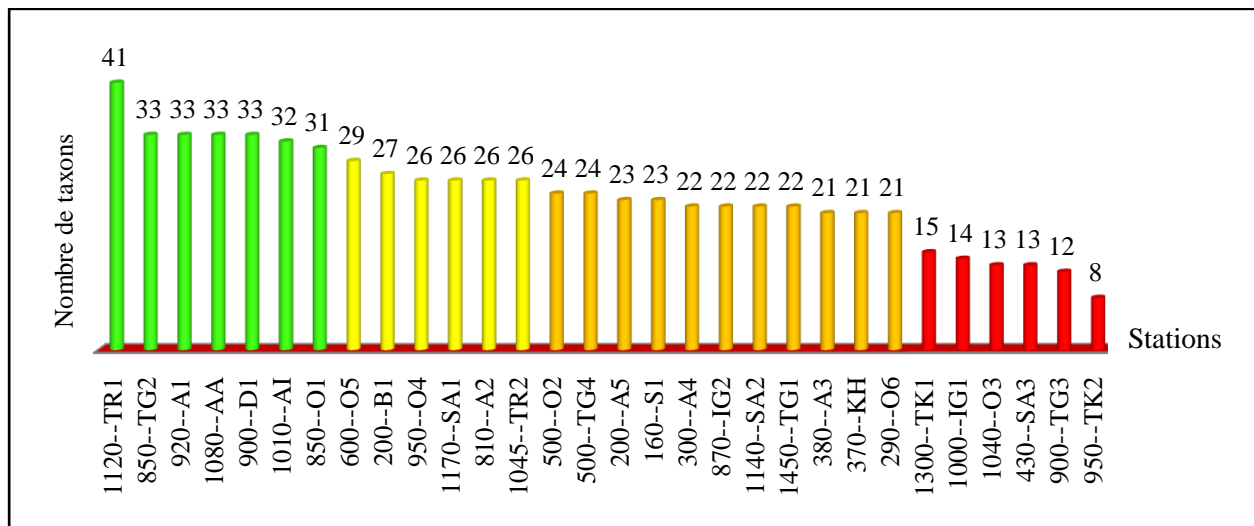


Figure 11 : Distribution des stations le long d'un gradient de diversité décroissant

La répartition altitudinale des stations les plus diversifiées ($Nt \geq 21$) illustre parfaitement que la richesse taxonomique n'évolue pas selon un gradient altitudinale (tableau V).

Les stations riches en taxons se situent aussi bien en altitude que dans les plaines, et la composition des peuplements d'EPTC diffèrent d'une station à une autre avec une évolution des communautés d'un cours d'eau à un autre. Cette constatation est en accord avec le 'River Continuum Concept' de VANNOTE et *al.* (1980).

Dans les stations de piémont et de basse altitude (A3, A4, A5, B1, S1), ce sont les Ephéméroptères qui dominent. Les Plécoptères sont plus diversifiés dans les habitats à eau fraîche (TR1, TR2, AA, AI). Les sites TG2, O5, TG4 renferment plus de Coléoptères

Chapitre III : La faune –Analyse globale

Hydraenidae et Elmidae, alors que les Trichoptères sont inféodés aux stations bordées de feuillus à substrat mixte riche en débris végétaux tels que les sites TR1, A1 et O1.

Tableau V : Répartition des stations les plus diversifiées selon un gradient altitudinal et composition du peuplement hébergé dans chaque station.

Tranches altitudinales (m)	Stations	Nombre de taxons (Nt)	Groupes zoologiques dominants
160-500	B1	27	Ephéméroptères (11), Trichoptères (8), Coléoptères (7), Plécoptères (1)
	A5	23	Ephéméroptères (7), Trichoptères (7), Coléoptères (7), Plécoptères (2)
	A4	22	Ephéméroptères (8), Trichoptères (7), Coléoptères (5), Plécoptères (2)
	A3	21	Ephéméroptères (9), Trichoptères (6), Coléoptères (5), Plécoptères (1)
	S1	23	Ephéméroptères (12), Coléoptères (7), Trichoptères (4)
	TG4	24	Coléoptères (10), Trichoptères (7), Ephéméroptères (4), Plécoptères (3)
	O2	24	Coléoptères (8), Trichoptères (7), Ephéméroptères (7), Plécoptères (2)
600-950	O6	21	Trichoptères (9), Ephéméroptères (8), Coléoptères (4)
	D1	33	Plécoptères (12), Trichoptères (10), Coléoptères (7), Ephéméroptères (4)
	A2	26	Plécoptères (10), Trichoptères (7), Ephéméroptères (5), Coléoptères (4)
	O4	26	Plécoptères (9), Trichoptères (6), Coléoptères (6), Ephéméroptères (5)
	IG2	22	Plécoptères (9), Trichoptères (6), Coléoptères (5), Ephéméroptères (2)
	O1	31	Trichoptères (12), Ephéméroptères (9), Coléoptères (7), Plécoptères (3)
	A1	33	Trichoptères (12), Plécoptères (11), Coléoptères (6), Ephéméroptères (4)
1000-1400	O5	29	Coléoptères (9), Trichoptères (8), Ephéméroptères (6), Plécoptères (6)
	AI	32	Plécoptères (13), Trichoptères (11), Ephéméroptères (6), Coléoptères (2)
	AA	33	Plécoptères (12), Trichoptères (9), Ephéméroptères (6), Coléoptères (6)
	TR1	41	Plécoptères (18), Trichoptères (12), Ephéméroptères (7), Coléoptères (4)
	TR2	26	Plécoptères (16), Trichoptères (6), Ephéméroptères (4)
	SA1	26	Trichoptères (13), Coléoptères (6), Plécoptères (5), Ephéméroptères (2)
	SA2	22	Trichoptères (11), Plécoptères (4), Coléoptères (4), Ephéméroptères (3)
	TG2	33	Coléoptères (10), Ephéméroptères (9), Trichoptères (8), Plécoptères (6)
TG1	22	Ephéméroptères (9), Trichoptères (7), Coléoptères (3), Plécoptères (3)	

Les Ephéméroptères

1.- Les Ephéméroptères

L'ordre des Ephéméroptères est l'un des principaux groupes de macroinvertébrés benthiques dans les écosystèmes lotiques. Leur importance réside dans le fait que leur abondance peut constituer plus de 50 % de la biomasse animale totale d'un cours d'eau et leur rang dans la chaîne trophique leur permet de former l'un des maillons les plus importants (SALVIET et *al.*, 1987 ; BRITAIN & SALVIET, 1989 ; STUDEMANN et *al.*, 1992). En outre, ils ont une grande capacité de conquérir et de repeupler les cours d'eau, soit par dérive pour coloniser les cours inférieurs et moyens, soit en remontant le courant pour atteindre les biotopes les plus hauts. Diverses études ont montré que ce groupe constitue un matériel intéressant dans les études écologiques, notamment dans l'estimation de la qualité biologique des eaux.

En effet, les Ephéméroptères se caractérisent par leur grande valeur bio indicative vis-à-vis des nuisances subies par les cours d'eau, du fait que ce groupe contient une forte proportion d'espèces ayant des exigences écologiques strictes (ALBA-TERCEDOR & PICAZO-MUÑOZ, 1995 ; EL ALAMI, 2002).

Toutefois, son utilisation pratique reste encore limitée par la difficulté de déterminations spécifiques des stades larvaires (THOMAS, 1981).

A l'échelle mondiale, on compte environ 2000 espèces d'Ephéméroptères (BRITAIN, 1982 ; MACADAM & BENNETT, 2010 ; BARBER-JAMES et *al.*, 2013) réparties en 310 genres et 22 familles (HUBBARD, 1990). Environ 650 espèces se cantonnent dans les cours d'eau du continent nord-américain (WARD, 1992) et 300 en Europe (STUDEMANN et *al.*, 1992). Les 1050 espèces restantes se répartissent entre les continents asiatique, africain et sud-américain.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur ce groupe d'insectes en Afrique du Nord. Les données parfois fragmentaires de différents auteurs se sont succédées depuis la fin du XIX^{ème} siècle. EATON (1899) est l'auteur de la première liste des Ephéméroptères d'Algérie. Elle comptait déjà 11 espèces. Puis se furent les travaux de SEURAT (1922), de l'ESTAGE (1925), de GAUTHIER (1928), de NAVÁS (1922) et de VAILLANT (1954), sur le Maroc, l'Algérie et la Tunisie. Ces auteurs ont porté progressivement la liste d'espèces à 22.

A partir des années 1980, un intérêt particulier a été accordé aux études taxonomiques et biogéographiques. Ces travaux très précieux, ont contribué grandement à une meilleure connaissance des Ephéméroptères du Maghreb en général, et d'Algérie en particulier, mais elles offrent très peu d'informations sur les aspects écologiques.

Au Maroc, où les Ephéméroptères ont été les plus étudiés, les récoltes dans le Rif, le Moyen-Atlas et le Haut-Atlas ont donné matière à plusieurs publications consacrées à des descriptions d'espèces nouvelles, à la biogéographie et à l'écologie de certaines d'entre elles (THOMAS & DAKKI, 1979 ; DAKKI & GIUDICELLI, 1980 ; DAKKI & EL AGBANI, 1983 ;

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

THOMAS & MOHATI, 1985 ; DAKKI & THOMAS, 1986 ; EL ALAMI, 1989 ; EL ALAMI, 2002). Ces auteurs ont permis de dresser une liste de 47 espèces dont onze endémiques : *Alainites oukaimeden*, *Baetis berberus*, *Choroerpes (Choroerpes) volubilis*, *Habroleptoides assefae*, *Habrophlebia vaillantorum*, *Ecdyonurus ifranensis*, *Rhithrogena ayadi*, *Rhithrogena giudicelliorum*, *Rhithrogena mariae*, *Rhithrogena ourika* et *Rhithrogena ryszardi*.

En Tunisie, les travaux sur les Ephéméroptères sont peu nombreux, ils se réduisent aux travaux de THOMAS *et al.* (1983), BOUMAÏZA et THOMAS (1986, 1994, 1995), BOUMAÏZA (1994), KORBAA *et al.* (2009), ZRELLI *et al.* (2011a), ZRELLI *et al.* (2011b), ZRELLI *et al.* (2015) et ZRELLI *et al.* (2016).

Ces auteurs ont établi une liste totale de 29 espèces dont *Baetis punicus* et *Habrophlebia consiglioi*, nouvelles pour l'Afrique du Nord et *Rhithrogena sartorii* est nouvelle pour la science.

En Algérie, des inventaires et des notes taxonomiques sont venus compléter nos connaissances sur cet ordre d'insectes. SOLDÁN & THOMAS (1983a, 1983b, 1985) ont décrit six nouvelles espèces (*Baetis rhithralis*, *Baetis numidicus*, *Cloeon saharaense*, *Procloeons stagnicola*, *Cheleocloeon dimorphicum* et *Choroerpes (Choroerpes) atlas*. GAGNEUR *et al.* (1985) signalent pour la première fois la présence en Afrique du Nord d'une espèce du genre *Paraleptophlebia* : *P. cinctai*. LOUNACI (1987) dans le bassin de l'oued Aïssi (Kabylie), énumère 16 taxons dont *Caenis pusilla* est nouvelle pour ce pays.

GAGNEUR & THOMAS (1988) citent 15 espèces (Baetidae exclus) des oueds du bassin de la Tafna (ouest algérien) dont trois genres (*Oligoneuriella*, *Ephemerella*, *Ephoron*) et quatre espèces (*Oligoneuriella skoura*, *Ephemerella ignita*, *Ephoron virgo*, *Choroerpes (Choroerpes) lindrothi*) sont nouveaux pour l'Algérie et le genre *Prospistoma* pour l'Afrique du Nord. LOUNACI *et al.* (2000a) ont établi une liste de 23 espèces dans les cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura. SOLDAN *et al.* (2005) ont décrit deux nouvelles espèces du genre *Baetis* : *B. sinespinosus* et *B. chelif*. MEBARKI *et al.* (2017) citent 27 taxa dans les cours d'eau du Nord de l'Algérie dont 18 ont été signalés dans le réseau hydrographique du Sébaou. Toutes sont déjà citées dans les travaux antérieurs. Et enfin, BENHADJI & SARTORI (2018) ont décrit une nouvelle espèce du genre *Habrophlebia* : *H. hassainae*.

Les études existantes consacrées à l'aspect écologique des espèces de ce groupe d'insectes, restent limitées dans le temps et dans l'espace. Cependant, diverses études ont été initiées afin de déterminer l'influence des paramètres environnementaux sur la diversité des macroinvertébrés aquatiques et ont pu ainsi démontrer l'existence de différents gradients de diversité spécifique : altitudinal et saisonnier (GAGNEUR & THOMAS, 1988 ; LOUNACI *et al.*, 2000b ; MEBARKI, 2001 ; CHAÏB *et al.*, 2011 ; CHAÏB *et al.*, 2013 ; BEBBA *et al.*, 2015 ; BOUCHELOUCHE *et al.*, 2015 ; HAMZAOUI *et al.*, 2015 ; HAFIANE *et al.*, 2016 et MEBARKI *et al.*, 2017).

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

Sur la base de données des auteurs sus-cités, il nous est possible de démontrer aujourd'hui 74 espèces d'Ephéméroptères en Afrique du Nord. L'Algérie en compte 43, le Maroc 47 et la Tunisie 29.

En Algérie, les travaux dédiés exclusivement à l'écologie de ce groupe d'insectes sont presque inexistantes. Hormis, la première étude réalisée sur les cours d'eau du Nord-ouest (GAGNEUR & THOMAS, 1988), seuls BEBBA *et al.* (2015) ont réalisé une étude mésologique et biotypologique des Ephéméroptères de l'oued Abdi (Sud Constantinois) et MEBARKI *et al.* (2017) une étude de l'influence des facteurs environnementaux sur la composition et la distribution des larves d'Ephémères dans les oueds du nord-algérien.

Le présent travail a pour but de contribuer à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. Les prospections réalisées dans les cours d'eau étudiés ont permis d'inventorier 19 taxa (neuf identifiés à l'espèce et 10 au niveau générique), tous sont déjà cités d'Algérie. Les résultats sont consignés dans le tableau VI.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

Tableau VI : Répartition des Ephéméroptères dans les stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1 m²).

	Oued Sébaou	Sous-bassin de l'oued Bouahir											Sous-bassin de l'oued Aissi											Sous-bassin de l'oued Bougdoura								
Stations	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	TR2	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	TG1	TG2	TG3	TG4		
Esp. / Alt.	160	1000	870	1170	1140	430	370	200	1010	1080	1120	1045	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	1040	950	600	290	1450	850	900	500		
Baetidae																																
<i>Alainites</i> groupe <i>muticus</i>														3							6						5					
<i>Acentrella sinaïca</i>				135					24	7		25									140	146	85	140	280		140	27				
<i>Cheleocloeon</i> sp.	3							10																								
<i>Baetis maurus</i>														20							47								23			
<i>Baetis pavidus</i>	42						250	72									9	15	60							6						
<i>Baetis punicus</i>	200							280		350	90		261	230		248		200	200	35			92	280		25	15	325				
<i>Baetis</i> groupe <i>rhodani</i>	203						30	250		32	50		156			93		123			125					318	125					
<i>Baetis</i> sp.	30	60	87		62	80	32	80	55	80	60	39	40	12	19	50	95	80	50	135	71	80	150	90	40	70	80	50	78	88		
<i>Nigrobaetis rhithralis</i>										30																		63				
<i>Centroptilum luteolum</i>											3											25		3	4	25	5	20				
<i>Cloeon</i> sp.	60							15																								
<i>Procloeon</i> sp.	3							3																								
Heptageniidae																																
<i>Rhithrogena</i> sp.									3		20					35	15	40	18		15	29										
<i>Ecdyonurus</i> sp.	3			13			12		10	3	20	4					3		3	3	13	8			3	15	7	7		3		
Caenidae																																
<i>Caenis luctuosa</i>	206					3	63	120	3							4	210	250	5	3	50				67	40	3	13		3		
<i>Caenis pusilla</i>																	35	6	95													
Leptophlebiidae																																
<i>Choroterpes</i> sp.	25							15																								
<i>Habrophlebia</i> groupe <i>fusca</i>	3	3	17	9	3	3		3	3		38	5	6				3	3			20	6	42	50	56	3	10	25		16		
Potamanthidae																																
<i>Potamanthus luteus</i>	3							12										8	5	6												

1.1.- Analyse du peuplement

1.1.1.- Faunistique

La prospection des 30 stations réalisée a permis de recenser 10143 individus répartis en cinq familles, 14 genres et 19 espèces.

La famille des Baetidae est la plus diversifiée des Ephéméroptères inventoriés. Elle compte 12 taxa répartis en huit genres dont *Baetis* constitue le genre dominant avec cinq taxons.

La richesse taxonomique du peuplement des Ephéméroptères des cours d'eau étudiés ici est relativement faible comparativement à celle observée dans d'autres réseaux hydrographiques du Maghreb : Rif 37 espèces, Moyen-Atlas 30, Haut-Atlas 35, Plateau central 20, Tunisie (tout le territoire) 25 espèces, (DAKKI, 1986a ; QUINBA, 1986 ; BOUZIDI, 1989 ; BOUMAÏZA & THOMAS, 1995 ; BERRAHOU et al., 2001 ; EL ALAMI, 2002 ; ABDAOUI et al., 2010 ; NECHAD & FADIL, 2016 ; ZRELLI et al., 2016 ; MABROUKI et al., 2017).

Ce nombre reste encore plus faible par rapport à celui de massifs plus septentrionaux comme : Nord-est de la France (Lorraine) : 59 espèces ; Sud-ouest de la France : 64 espèces ; le Doubs : 40 espèces ; les réseaux Polonais : entre 27 et 79 espèces (selon les réseaux) (VERNEAUX, 1973 ; SOWA, 1975 ; JACQUEMIN & COPPA, 1996 ; THOMAS, 1996).

1.1.2.- Richesse spécifique

La distribution des Ephéméroptères dans les différentes stations étudiées (fig. 13) met en évidence leur importance dans les zones de moyenne montagne et de basse altitude qui constituent les zones les plus hétérogènes. Seize (16) espèces dont sept exclusives à ces zones (*Baetis pavidus*, *Caenis pusilla*, *Potamanthus luteus*, *Cheleocloeon* sp., *Cloeon* sp., *Procloeon* sp., *Choroterpes* sp.) ont été répertoriées. Elles côtoient, pour la plupart, les biotopes les plus diversifiés à un écoulement de l'eau rapide à modéré et température relativement élevée.

Dans les zones supérieures des cours d'eau, la richesse taxonomique est relativement faible : 12 taxons dont seulement trois ont une répartition limitée à ces zones (*Baetis maurus*, *Nigrobaetis rhithralis*, *Alainites* groupe *muticus*) ont été recensés. En effet, les sites d'altitude ne constituent pas des lieux préférentiels pour les Ephéméroptères, ceci est lié, au caractère très contraignant du milieu : basses températures, faible largeur du lit et fond généralement érodé empêchant l'installation d'une faune benthique diversifiée (LOUNACI, 2005), et d'autre part, les bassins versants de ces zones sont peu boisés, la végétation se réduit à des pelouses grasses (prairies) et des épineux, et les apports de matières organiques allochtones (feuilles de la ripisylve et débris) qui constitue la principale source d'énergie pour les petits systèmes lotiques sont limités (TANK et al., 2010).

La richesse spécifique stationnelle (fig. 12) n'est pas importante dans la plupart des stations étudiées. Le nombre d'espèces le plus élevé est observé aux stations B1 (11 espèces) et

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

S1 (12 espèces). Dans ces stations, caractérisées par un courant moyen à lent, une température relativement élevée (T° 30 °C) et une pollution organique légère, nous trouvons les espèces thermophiles caractéristiques des biotopes de basse altitude (*Baetis pavidus*, *Caenis pusilla*, *Cheleocloeon* sp., *Cloeon* sp., *Procloeon* sp., *Choroterpes* sp.) avec celles à large valence écologique tels que *Baetis punicus*, *Baetis* groupe *rhodani*, *Ecdyonurus* sp. et *Habrophlebia* groupe *fusca*.

A partir de ces valeurs, la richesse spécifique diminue sous des conditions écologiques différentes, notamment en fonction de plusieurs facteurs plus ou moins liés, comme la structure granulométrique du fond, la température de l'eau, la vitesse du courant, la végétation bordante et la durée de l'assèchement.

En effet, les sites d'altitude à température maximale peu élevée (T° 20 °C). Ils hébergent une faune relativement pauvre. Seules les stations TG1, TG2, O1 et TR1 (alt. 1450 – 850 m) présentent une richesse spécifique relativement élevée : (entre sept et neuf espèces) dont trois exclusives (*Alainites* groupe *muticus*, *Baetis maurus*, *Nigrobaetis rhithralis*) confinées dans ces zones restreintes des cours d'eau.

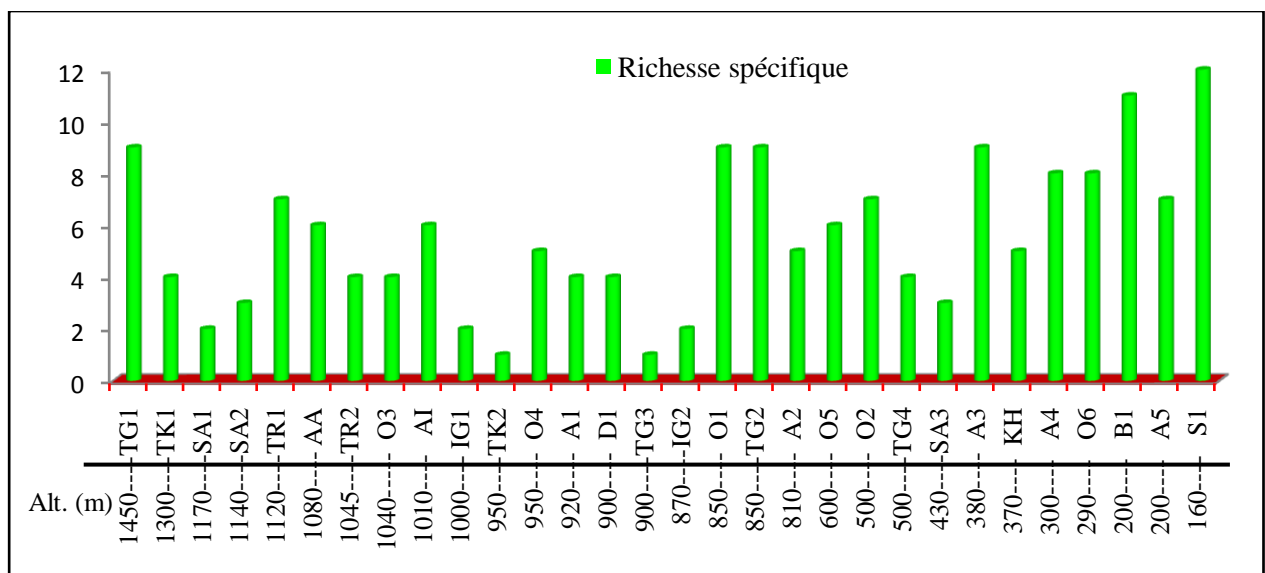


Figure 12 : Evolution de la richesse spécifique des Epheméroptères recensés en fonction de l'altitude aux stations étudiées

1.1.3.- Abondance et occurrence des espèces

La figure 13 visualise graphiquement l'abondance et l'occurrence des espèces récoltées aux 30 stations. Elles peuvent être classées en quatre groupes :

▪ **Espèces dominantes** : elles sont au nombre de cinq : *Baetis punicus* (AR 28 %, OR 8,9%), *Baetis* sp. (AR 19 %, OR 17%), *Baetis* groupe *rhodani* (AR 15 %, OR 6,6 %), *Acentrella sinaïca* (AR 11 %, OR 6,6 %) et *Caenis luctuosa* (AR 10 %, OR 9,6 %). Elles sont abondantes et fréquentes dans les cours d'eau étudiés. Elles totalisent à elles seules 8471 individus, soit 83,5% du total. Elles sont à large valence écologique, eurythermes, colonisant tous les types d'habitats indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

Les deux premières espèces sont les plus abondantes et les plus fréquentes.

Les trois autres, à distribution plus ou moins fragmentée suivent la même tendance que les deux précédentes. Elles sont également considérées comme éléments à large amplitude écologique (1450 – 160 m). Elles sont observées respectivement dans 11, 11 et 16 stations. Leur abondance maximale est notée dans les cours d'eau de moyenne montagne et de basse altitude (annexe 9).

▪ **Espèces peu abondantes et très fréquentes** : ce sont en général des espèces à populations plus ou moins denses mais à large amplitude altitudinale. Il s'agit de *Habrophlebia* groupe *fusca* (AR 3,2 %, OR 13 %) et *Ecdyonurus* sp. (AR 1,3 %, OR 10 %). Elles colonisent tous les types d'habitats, depuis les ruisseaux de montagne jusqu'au cours d'eau de basse altitude.

▪ **Espèces peu abondantes et peu fréquentes** : ce sont en général des espèces à populations plus ou moins denses. Elles peuvent être scindées en deux catégories :

- la première est composée d'espèces à amplitude écologique assez large. Il s'agit de *Centoptilum luteolum* (AR 0,8 %, OR 4,2 %) et de *Rhithrogena* sp. (AR 1,7 %, OR 4,8 %). La zone de piémont constitue, en fait, leur limite inférieure de distribution.

- la seconde est composée de deux espèces *Baetis pavidus* (AR 4,5 %, OR 4,2 %) et *Potamanthus luteus* (AR 0,3 %, OR 3%). Elles sont inféodées aux cours d'eau de piémont et de basse altitude.

▪ **Espèces rares et localisées** : huit espèces forment cette catégorie. Elles sont rares, à la fois très peu abondantes et très peu fréquentes. Elles sont récoltées dans deux ou trois stations des cours d'eau étudiés. Ce sont en général des espèces :

- de biotopes des cours d'eau d'altitude : *Alainites* groupe *muticus* (AR 0,1 %, OR 1,8 %), *Baetis maurus* (AR 0,9 %, OR 1,8 %) et *Nigrobaetis rhithralis* (AR 0,9 %, OR 1,2 %) ;

- de biotopes de plaine : *Caenis pusilla* (AR 1,3 %, OR 1,8 %), *Cheleocloeon* sp. (AR 0,1%, OR 1,2 %), *Cloeon* sp. (AR 0,7 %, OR 1,2 %), *Procloeon* sp. (AR 0,1 %, OR 1,2 %) et *Choroterpes* sp. (AR 0,4 %, OR 1,2 %).

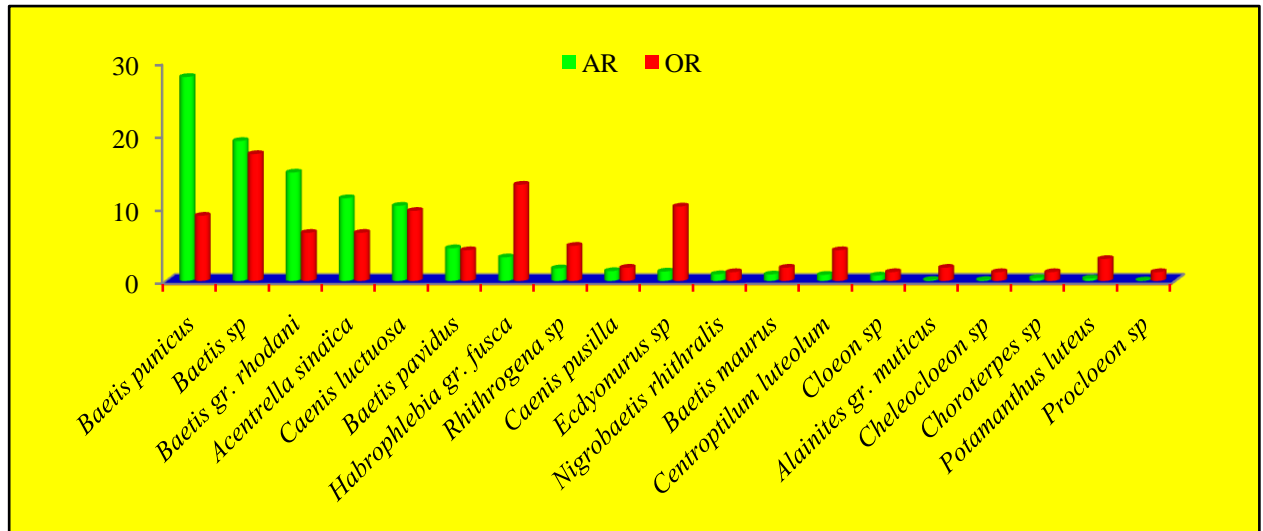


Figure 13 : Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées

1.2.- Distribution altitudinale des espèces

La distribution longitudinale des Ephéméroptères est localement affectée par plusieurs paramètres environnementaux. En effet, plusieurs travaux ont montré que la nature du substrat (STATZNER et *al.*, 1988) et la vitesse du courant (DEGANY et *al.*, 1993) sont les paramètres prépondérants. D'autres facteurs ont également une certaine influence dans la répartition des espèces : la minéralisation de l'eau, l'altitude et la température de l'eau (MEBARKI et *al.*, 2017), la végétation bordante et la pollution organique (GAGNEUR & THOMAS, 1988 ; BOUMAÏZA, 1994), la pente et la temporalité des cours d'eau (EL ALAMI, 2002), mais le degré accordé à ces facteurs semble s'imposer selon un ordre hiérarchique qui peut varier d'une espèce à une autre.

Pour mieux visualiser la distribution des espèces d'Ephéméroptères le long des cours d'eau étudiés, le tableau VII traduit la succession des espèces en partant des éléments les plus alticoles pour arriver aux espèces de plaine. Cette distribution donne en même temps un aperçu sur les densités des populations.

L'examen de ce tableau permet de répartir les éléments de ce peuplement en trois grands groupes plus ou moins distincts :

- le premier groupe se compose de cinq espèces, côtoyant les ruisseaux de sources et les cours d'eau de moyenne montagne. Elles sont rhéophiles et à tendance sténothermes. Parmi elles, nous distinguons :

- *Alainites* groupe *muticus*, *Baetis maurus* et *Nigrobaetis rhithralis*, espèces les plus alticoles du peuplement. Elles sont confinées aux habitats d'altitude (alt. > 500 m). Leur développement s'accommode de températures maximales relativement basses.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

- *Acentrella sinaïca* et *Rhithrogena* sp., formes montagnardes à amplitude altitudinale plus large (1450 – 300 m), présentent une tendance alticole, sténotherme et rhithrophile. La zone de piémont constitue leur limite inférieure de distribution.

- le deuxième groupe comprend les espèces thermophiles inféodées aux zones de piémont et de plaine, supportant bien mieux les élévations de températures et l'abondance de matière organique, et descendant par conséquent nettement plus bas dans les portions inférieures des cours d'eau. Ces espèces peuvent être scindées en deux sous-groupes :

- le premier comprend les espèces cantonnées dans la tranche altitudinale 380 – 160 m. Il s'agit de *Potamanthus luteus*, *Caenis pusilla* et *Baetis pavidus*.

- le second regroupe les espèces encore plus thermophiles : *Cheleocloeon* sp., *Cloeon* sp., *Procloeon* sp. et *Choroerpes* sp. Leur répartition altitudinale est la plus étroite : 200 – 160 m. Elles peuvent être significatives de la zone potamale des cours d'eau.

- le troisième groupe est composé d'espèces plus distribuées que les précédentes : *Caenis luctuosa*, *Centroptilum luteolum*, *Ecdyonurus* sp., *Habrophlebia* groupe *fusca*, *Baetis* groupe *rhodani*, *Baetis* sp. et *Baetis punicus*. Ces espèces ont une large distribution le long des cours d'eau étudiés et apparaissent comme les formes les plus eurytopes. Elles sont à large valence écologique. Elles colonisent pour la plupart, tous les types de milieux, depuis les ruisseaux de montagne (alt. 1450 m) jusqu'au cours d'eau de basse altitude (160 m).

Tableau VII : Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Ephéméroptères recensés en fonction de l'altitude.

Altitude (m) / Espèces	Alt. ≥ 1000	500 < Alt < 1000	Alt. 500 - 300	Alt. < 300
<i>Alainites</i> groupe <i>muticus</i>	8	6	0	0
<i>Baetis maurus</i>	20	70	0	0
<i>Nigrobaetis rhithralis</i>	30	63	0	0
<i>Acentrella sinaïca</i>	416	587	146	0
<i>Rhithrogena</i> sp.	23	65	87	0
<i>Potamanthus luteus</i>	0	0	13	21
<i>Caenis pusilla</i>	0	0	41	95
<i>Baetis pavidus</i>	0	0	274	180
<i>Procloeon</i> sp.	0	0	0	6
<i>Cheleocloeon</i> sp.	0	0	0	13
<i>Choroerpes</i> sp.	0	0	0	40
<i>Cloeon</i> sp.	0	0	0	75
<i>Caenis luctuosa</i>	6	87	579	371
<i>Centroptilum luteolum</i>	8	27	25	25
<i>Ecdyonurus</i> sp.	57	26	26	21
<i>Habrophlebia</i> groupe <i>fusca</i>	113	177	28	9
<i>Baetis</i> groupe <i>rhodani</i>	207	374	153	771
<i>Baetis</i> sp.	598	620	410	315
<i>Baetis punicus</i>	777	1114	400	540

1.3.- Ecologie des espèces inventoriées

- **Famille des Baetidae** Leach, 1815

Dans les cours d'eau de Kabylie, la famille des Baetidae est considérée comme la plus diversifiée parmi les Ephéméroptères recensés. Elle compte 12 espèces réparties en huit genres (*Alainites*, *Acentrella*, *Cheleocloeon*, *Baetis*, *Nigrobaetis*, *Centroptilum*, *Cloeon* et *Procloeon*) dont *Baetis* constitue le genre dominant avec cinq taxons.

- *Acentrella sinaïca* Bogoescu, 1931

Baetis sinaïcus Bogoescu, 1931

Aire de répartition :

Espèce à distribution Médiosudeuropéenne, connue de Roumanie, d'Italie (BELFIORE, 1983), de Pologne (SOWA, 1980), du Sud de la France (MÜLLER-LIEBENAU, 1974), de Belgique (MÜLLER-LIEBENAU, 1980), de Suisse (RIEDERER, 1981), de Turquie (SALUR et *al.*, 2016), d'Algérie (LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; ARAB et *al.*, 2004 ; LOUNACI, 2005 ; MEBARKI et *al.*, 2017) et de Tunisie (BOUMAÏZA & THOMAS, 1995 ; ZRELLI et *al.*, 2016).

Ecologie :

A. sinaïca est considérée en Europe comme caractéristique des cours d'eau rapides des zones de piémont (SARTORI, 1988). BELFIORE (1983) la considère comme une composante typique du rhithron qui vit sur un substrat pierreux.

Au Maghreb, cette espèce est peu abondante en Algérie et en Tunisie, et absente au Maroc. En Tunisie, elle est mentionnée des oueds rapides et ombragés à débit élevé (BOUMAÏZA & THOMAS, 1995). Dans les cours d'eau du Nord de l'Algérie, cette espèce est qualifiée de rhéophile vivant préférentiellement sur les fonds de pierres, dans des eaux fraîches et bien oxygénées (LOUNACI, 2005 ; MEBARKI et *al.*, 2017).

Dans les cours d'eau étudiés, nous l'avons récoltée entre 1450 et 500 m d'altitude. Nous l'avons retrouvée dans 11 stations. Les habitats fréquentés sont ceux des ruisseaux de sources et les cours d'eau de moyenne montagne à eaux vives, fraîches et bien oxygénées. La zone de piémont constitue en fait, sa limite inférieure de distribution.

- *Alainites* groupe *muticus*

Ce taxon appartient au groupe *muticus*, il a été élevé au rang de genre *Alainites* WALTZ & Mc CAFERTTY (WALTZ et *al.*, 1994). L'unique espèce de ce genre connue à nos jours est *Alainites sadati* décrite de l'oued Khemis (bassin de la Tafna, Nord-ouest d'Algérie) par THOMAS & GAGNEUR (1994).

Alainites groupe *muticus* est signalé dans les zones supérieures des cours d'eau du Djurdjura comme taxon rare et très peu fréquent (LOUNACI, 2005). Nos observations vont dans

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

le même sens. Nous l'avons récolté avec de faibles effectifs (14 individus) dans trois stations (TG1, TK1, O1) entre 1450 et 850 m d'altitude. Il paraît alticole et sténotherme d'eau froide. Il se cantonne aux ruisseaux de sources caractérisés par un fond pierreux, un écoulement de l'eau rapide à moyen et des températures moyennes assez basses (< 15 °C).

- ***Cheleocloeon* sp.**

Le seul représentant de ce genre connu des cours d'eau d'Algérie est *Cheleocloeon dimorphicum*, espèce endémique maghrébine, décrite par SOLDÁN & THOMAS en 1985, qui a fait l'objet de plusieurs travaux taxonomiques reconsidérant son appartenance générique. Il fut placé d'abord dans le genre *Centroptilum*, puis dans le genre *Afroptilum* et enfin dans le genre *Cheleocloeon* créé par WUILLOT & GILLIES en 1993.

Le taxon *Cheleocloeon* sp. récolté dans les cours d'eau étudiés se rapproche sur le plan écologique de l'espèce *Cheleocloeon dimorphicum* : faible répartition altitudinale (220 – 100 m), température de l'eau (18 – 25 °C).

Dans nos relevés, ce taxon est rare et localisé. Nous l'avons récolté dans deux stations (B1, S1) de basse altitude (200 – 160 m) dans des biotopes à courant modéré à lent, à fond de galet et de sable, riche en matière organique et en bryophytes.

- ***Baetis maurus* Kimmins, 1981**

Aire de répartition :

B. maurus est une espèce à distribution Ibéro-Maghrébine. En Afrique du Nord, son aire de répartition est limitée à l'ouest et au centre de l'Algérie du Nord (SOLDÁN & THOMAS, 1983a ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI et al., 2000a, 2000b) et au Maroc (DAKKI & EL AGBANI, 1983 ; GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; BOUZIDI, 1989 ; EL ALAMI, 2002 ; ABDAOUI et al., 2010).

Ecologie :

B. maurus est une forme montagnarde à caractère rhithrophile et sténotherme d'eau froide. Elle est, selon GIUDICELLI & DAKKI (1984), BOUZIDI (1989) et LOUNACI-DAOUDI (1996) préférante des cours d'eau rapides dont la température dépasse rarement les 20°C. DAKKI (1986) la qualifie de significative du rhithral dans le Moyen-Atlas.

Dans les cours d'eau prospectés, *B. maurus* est rare, peu abondante et localisée. Elle semble être confinée aux biotopes de moyenne montagne à parcours ombragé (O1 et TG2, alt. 850 m) et aux ruisseaux de sources (TK1, alt. 1300 m) caractérisés par des eaux relativement fraîches (T° max. 18 °C), coulant sur un substrat de nature caillouteuse.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

- *Baetis pavidus* Grandi, 1949

Aire de répartition :

Espèce de distribution Atlanto-Méditerranéenne, connue de la Péninsule Ibérique, d'Italie, du Sud de la France et du Maghreb.

Elle a été citée :

- d'Algérie par SOLDÁN & THOMAS (1983a), AÏT MOULOUD (1988), LOUNACI-DAOUDI (1996), LOUNACI et *al.* (2000a, 2000b), ARAB et *al.* (2004), LOUNACI (2005), BEBBA et *al.* (2015) et MEBARKI et *al.* (2017).

- du Maroc par DAKKI (1979), DAKKI & EL AGBANI (1983), BOUZIDI (1989), BERRAHOU et *al.* (2001), NECHAD & FADIL (2016) et MABROUKI et *al.* (2017).

- de Tunisie par KRAÏEM (1986), BOUMAÏZA (1994), BOUMAÏZA & THOMAS (1995), KORBA et *al.* (2009) et ZRELLI et *al.* (2016).

Ecologie :

B. pavidus est très répandue en Afrique du Nord. Elle présente un spectre écologique assez large.

Au Maroc, elle est considérée comme l'espèce la plus fréquente des Baetidae dans les cours d'eau du Rif et des Atlas (DAKKI & EL AGBANI, 1983). Elle est signalée entre 1800 et 190 m d'altitude.

En Tunisie, comme en Algérie, *B. pavidus* apparaît comme espèce thermophile affectionnant les cours d'eau à courant moyen à lent (BOUMAÏZA & THOMAS, 1995 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996).

Dans les cours d'eau étudiés, nous l'avons récoltée dans les stations de piémont et de basse altitude (sept stations) entre 380 et 160 m d'altitude avec des effectifs très importants. Son développement semble être lié aux températures de l'eau élevées (T° max. 30 °C) et à la présence de détritiques organiques.

- *Baetis punicus* Thomas, Boumaïza & Soldán, 1983

Aire de répartition :

Cette espèce à distribution Ibéro-Maghrébine. Elle a été mentionnée de la Péninsule Ibérique par UBERO-PASCUAL et *al.* (1996). En Afrique du Nord, elle est connue d'Algérie (LOUNACI, 1987, 2005 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; THOMAS & LOUNACI, 1989 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; THOMAS, 1998 ; LOUNACI et *al.*, 2000a, 2000b ; MEBARKI, 2001 ; MEBARKI et *al.*, 2017), du Maroc (EL ALAMI et *al.*, 2000) et de Tunisie (THOMAS et *al.*, 1983 ; KRAÏEM, 1986 ; ZRELLI et *al.*, 2016).

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

Ecologie :

Cette espèce, décrite par THOMAS et *al.* en 1983, est la vicariante de *Baetis alpinus* des Pyrénées.

Au Maroc, l'espèce semble être à large amplitude altitudinale, elle a été observée entre 1600 et 40 m d'altitude (EL ALAMI et *al.*, 2000).

En Tunisie, BOUMAÏZA (1994) la qualifie d'élément sténotope et rhéophile dont ses biotopes de prédilection correspondent aux cours d'eau frais à courant rapide à moyen, à substrat pierreux supportant une végétation aquatique diversifiée.

En Algérie, cette espèce est, selon LOUNACI (2005) et MEBARKI et *al.* (2017), l'Ephéméroptère le plus adapté au climat méditerranéen et le mieux représenté en Afrique du Nord. Il supporte bien les élévations de températures (amplitude thermique de l'ordre de 20 °C) et la présence de pollution organique.

Dans nos investigations, *B. punicus* est le plus fréquent et le plus abondant des cours d'eau prospectés. Il colonise tous les biotopes, depuis les émissaires de source et les torrents d'altitude jusqu'aux cours d'eau de plaine (1450 - 160 m d'altitude). Il constitue des populations abondantes aussi bien dans les stations des cours d'eau rapides que dans les secteurs à courant faible.

- ***Baetis* groupe *rhodani***

Aire de répartition :

L'espèce type *Baetis rhodani* a une distribution Euroasiatico-Méditerranéenne, correspondant en fait à un complexe d'espèces jumelles dont l'étude discriminante est en cours. Elle est connue d'Algérie (EATON, 1899 ; LESTAGE, 1925 ; ARAB, 1989 ; BEBBA et *al.*, 2015 ; MEBARKI et *al.*, 2017), du Maroc (GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; BOUZIDI, 1989 ; BOUZIDI & GIUDICELLI, 1994 ; BERRAHOU et *al.*, 2001 ; EL ALAMI, 2002 ; ABDAOUI et *al.*, 2010 ; MABROUKI et *al.*, 2017) et de Tunisie (KRAÏEM, 1986 ; BOUMAÏZA, 1994 ; BOUMAÏZA & THOMAS, 1995 ; KORBAA et *al.*, 2009 ; ZRELLI et *al.*, 2016).

Ecologie :

Dans les Pyrénées Atlantiques, VINÇON & THOMAS (1987) l'ont échantillonné entre 1900 et 450 m d'altitude, dans une gamme de température de 10 à 20 °C, et sur tous les faciès des cours d'eau à courant rapide à lent.

Au Maroc, BADRI et *al.* (1987) et EL ALAMI & DAKKI (1998) la qualifient d'espèce eurytope. Ils la citent de tous les cours d'eau prospectés, en particulier dans leurs parties supérieures où les températures sont relativement basses.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

En Algérie, ARAB, (2004), BEBBA et *al.* (2015) et MEBARKI et *al.* (2017) la qualifient d'espèce très abondante et très fréquente, colonisant tous les types de biotopes aussi bien les stations des cours d'eau rapides que les secteurs à courant faible.

Dans les cours d'eau étudiés, le taxon récolté appartient au groupe rhodani. Il semble s'accommoder d'un large spectre de température, supportant ainsi de grandes variations, et tolérant même les rejets d'origine anthropiques. Nous l'avons récolté dans 11 stations entre 1450 et 160 m d'altitude. Eurypote, il colonise tous les types de biotopes indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

- ***Baetis* sp.**

Cet élément est différent des taxons précédents. Il présente une large répartition altitudinale. Il est le plus fréquent de tous les Ephéméroptères récoltés et occupe la deuxième position en termes d'abondance après *B. punicus*. Les larves sont difficilement identifiables dans l'état actuel des connaissances. La récolte d'imagos mâles est indispensable afin de statuer sur ce taxon pour pouvoir mieux connaître son écologie.

- ***Nigrobaetis rhithralis* (Soldán & Thomas, 1983)**

***Baetis rhithralis* Soldán & Thomas, 1983**

Aire de répartition :

N. rhithralis est une espèce endémique du Maghreb, décrite de la région de Blida par SOLDÁN & THOMAS (1983a). Elle est connue d'Algérie (SOLDÁN & THOMAS, 1983a ; THOMAS, 1998 ; LOUNACI et *al.*, 2000a, 2000b ; LOUNACI, 2005 ; MEBARKI et *al.*, 2017), du Maroc (EL ALAMI et *al.*, 2000 ; EL ALAMI, 2002) et de Tunisie (ZRELLI et *al.*, 2011a ; ZRELLI et *al.*, 2016).

Ecologie :

L'écologie de *N. rhithralis* est assez mal connue. Elle semble être rare et localisée.

Au Maroc, *N. rhithralis* est observée dans un petit émissaire de source à 500 m d'altitude, caractérisé par un substrat riche en sable et une ripisylve abondante empêchant le réchauffement de l'eau pendant la saison estivale (EL ALAMI et *al.*, 2000).

En Algérie, MEBARKI (2001) et LOUNACI (2005) la qualifient d'élément rare mais assez abondant dans les habitats fréquentés. Ils l'ont récolté dans des habitats à courant rapide à moyen, coulant sur un substrat à granulométrie grossière. MEBARKI et *al.* (2017) la qualifie de composante du rhithral.

Dans nos récoltes, l'espèce *N. rhithralis* est assez rare et très peu fréquente. Nous l'avons récoltée dans deux stations (AA, 1080 m, TG2, 850 m) dans des habitats ombragés à courant rapide à modéré, coulant sur un substrat pierreux. Cette espèce semble être caractéristique du rhithron des cours d'eau.

- *Centroptilum luteolum* (Müller, 1976)

Aire de répartition :

Cette espèce a une très large distribution latitudinale, couvrant toute la zone Paléarctique occidentale. Elle a fait l'objet de plusieurs citations d'Algérie : EATON (1899), LESTAGE (1925), THOMAS (1998), MEBARKI (2001). Elle est également connue du Maroc BERRAHOU (1995), EL ALAMI & DAKKI (1998), KHADRI et al. (2017) et de Tunisie BOUMAÏZA & THOMAS (1995), KORBAA et al. (2009) et ZRELLI et al. (2016).

Ecologie :

En Europe, STUDEMANN et al. (1992) citent *C. luteolum* des eaux lotiques et lentiques entre 1100 et 300 m d'altitude dans le Jura (Suisse). VINÇON & THOMAS (1987) l'ont observé dans les Pyrénées entre 850 et 450 m d'altitude, et la qualifient d'espèce des faciès à courant lent, à fond envasé et riche en macrophytes aquatiques. ALBA-TERCEDOR & JIMENEZ MILLÁN (1978) ont signalé que la répartition de *C. luteolum* est liée aux habitats à substrat meuble, riche en algues filamenteuses, à courant faible et à température de l'eau assez élevée.

Au Maroc, comme en Algérie, *C. luteolum* apparaît comme espèce thermophile affectionnant les habitats des cours d'eau de moyenne montagne et de piémont où les températures de l'eau relativement élevées (T° max. 24 °C), à courant lent et riche en macrophytes (EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; MEBARKI et al., 2017).

Dans les cours d'eau étudiés, *C. luteolum* est un élément à distribution fragmentée. Nous avons mentionné sa présence comme élément assez fréquent et peu abondant, affectionnant les habitats des ruisseaux de sources (TG1, TR1), de moyenne montagne (TG2, O5) et les zones de piémont (O6), et qui constituent également sa limite inférieure de distribution.

- *Cloeon* sp. et *Procloeon* sp.

- *Cloeon* sp. : ce taxon appartient au groupe simile. Il s'agit sans doute d'un complexe d'espèces jumelles. Il est déjà signalé d'Algérie (LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; MEBARKI, 2001). Son biotope semble être, selon LOUNACI (2005), constitué par des cours d'eau relativement calmes de basse altitude.

Dans les cours d'eau prospectés, *Cloeon* sp apparaît comme élément localisé. Nous l'avons observé dans deux stations (B1, S1) entre 200 et 160 m d'altitude. Il semble être lénitophile et potamophile. Ses fortes densités sont observées dans une station de plaine, vraisemblablement en rapport avec les températures élevées (T° max. 30 °C) et la baisse considérable du débit, facteurs favorables à son développement.

- *Procloeon* sp. : cet élément appartient au groupe bifidum. Le seul représentant de ce genre connu de nos cours d'eau est *Procloeon stagnicola*, espèce endémique d'Algérie, décrite de Constantine par SOLDÁN & THOMAS (1983a).

L'écologie de cette espèce est peu connue. Il s'agit selon LOUNACI-DAOUDI (1996) et MEBARKI (2001), d'un habitant du potamal.

Dans les cours d'eau prospectés, nos observations vont dans le même sens. Cet élément apparaît comme rare et localisé. Il semble être confiné dans des habitats de basse altitude (200 – 160 m), supportant de grandes amplitudes thermiques et la présence de détritiques organiques. En outre, le nombre d'individus y est très restreint, nous l'avons récolté en compagnie de *Cloeon* sp.

▪ Famille des Heptageniidae Needham, 1901

En Algérie, la famille des Heptageniidae est l'une des plus mal connues. Trois genres appartenant à cette famille ont été recensés : *Rhithrogena*, *Ecdyonurus* et *Heptagenia*.

Dans les cours d'eau étudiés, les investigations réalisées ont permis de récolter deux taxons : *Rhithrogena* sp. et *Ecdyonurus* sp. La récolte d'imagos mâles des éléments de cette famille étant rare, les descriptions effectuées essentiellement sur du matériel larvaire.

• *Rhithrogena* sp.

En Afrique du Nord, ce genre est représenté par six espèces : *R. ourika* Thomas & Mohati (1985), *R. ayadi* Dakki & Thomas (1986), *R. ryszardi* Thomas et al. (1987), *R. giudicelliorum* Thomas & Bouzidi (1987), *R. mariae* Vitte (1991) et *R. sartorii* Zrelli & Boumaïza (2011). Certaines de ces espèces se montrent potamophiles d'eaux rapides, d'autres rhithrobiontes (THOMAS et al., 1987) et d'autres encore crénobiontes (GIUDICELLI et al., 1985).

En Algérie, le taxon *Rhithrogena* reste méconnu à cause des difficultés de déterminations du matériel larvaire. L'absence totale d'imagos mâles dans toutes les citations n'ont toujours pas permis leurs déterminations spécifiques. Il apparaît cependant, selon LOUNACI (2005), que les larves de *Rhithrogena* sont souvent abondantes en Afrique du Nord, mais restent assez localisées. LOUNACI (1987) et AÏT MOULOUD (1988), dans leur travaux sur l'oued Aïssi, ont inventorié deux taxons de *Rhithrogena* (sp. 1 et sp. 2). LOUNACI-DAOUDI (1996) a signalé une espèce appartenant au groupe germanica dans le réseau hydrographique du Sébaou. MEBARKI (2001) a indiqué la présence de deux espèces (*R. groupe germanica* et *Rhithrogena* sp.) dans les cours d'eau du Djurdjura. Toutes ces citations sont restées au niveau générique.

Dans l'oued Aïssi, les *Rhithrogena* sont des éléments rhéophiles colonisant les cours d'eau rapides et peu pollués de moyenne altitude (920 – 380 m). Ils se rencontrent dans les milieux où prédominent les galets et une ripisylve assez fournie.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

Dans nos prélèvements, le *Rhithrogena* récolté apparaît comme élément rhéophile, assez fréquent et assez abondant. Nous l'avons récolté dans huit stations entre 1120 et 300 m d'altitude, dans des milieux à vitesse de courant rapide à moyenne et à fond de galets et de gravier.

- ***Ecdyonurus* sp.**

Le genre *Ecdyonurus* est cité de plusieurs localités du Maghreb. Il est thermophile, il affectionne les habitats des cours moyens et inférieurs des cours d'eau, mais peut remonter jusqu'à 1500 m (DAKKI & EL AGBANI, 1983 ; MOHATI, 1985 ; BOUZIDI, 1989). Il est très fréquent dans la Tafna (ouest algérien) jusqu'à une altitude de 1000 m (GAGNEUR & THOMAS, 1988).

Dans les cours d'eau étudiés, *Ecdyonurus* sp. est très fréquent. Il présente une large répartition altitudinale. Nous l'avons récolté dans 17 stations, en altitude et en plaine, aussi bien dans les sections des cours d'eau rapides que dans les secteurs à courant faible, entre 1450 et 160 m d'altitude.

- **Famille des Caenidae** Nawman, 1853

Dans les cours d'eau étudiés, la famille des Caenidae est représentée par deux espèces : *Caenis luctuosa* et *Caenis pusilla*. Ce sont des formes rampantes, recherchant les fonds à granulométrie fine des eaux calmes.

- ***Caenis luctuosa*** (Burmeister, 1839)

Aire de répartition :

Cette espèce Paléarctique a une aire de distribution très vaste. Elle couvre l'Europe, l'Asie Mineure et l'Afrique du Nord. Elle est citée dans plusieurs localités d'Algérie : Kabylie du Djurdjura (LOUNACI, 1987, 2005 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI et al., 2000a, 2000b ; MEBARKI, 2001 ; MEBARKI et al., 2017), réseaux hydrographiques du Chélif et Mazafran (ARAB et al., 2004), oued Tafna (GAGNEUR & THOMAS, 1988), Aurès (BEBBA et al., 2015), du Maroc : Rif, Moyen-Atlas, Haut-Atlas, Maroc oriental, Plateau central (EL AGBANI et al., 1992 ; BOUZIDI & GIUDICELLI, 1994 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; BERRAHOU et al., 2001 ; NECHAD & FADIL, 2016 ; MEBROUKI et al., 2017) et de Tunisie : Khroumirie (BOUMAÏZA & THOMAS, 1986 ; BOUMAÏZA, 1994 ; KORBAÏ et al., 2009 ; ZRELLI et al., 2016).

Ecologie :

C. luctuosa est une espèce très fréquente aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante. Elle est thermophile et à spectre écologique assez large.

Dans les Pyrénées orientales, MOUBAYED (1986) la note dans les cours moyens et inférieurs des cours d'eau, à courant faible, coulant sur un fond à granulométrie fine. THOMAS

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

& SARTORI (1989) la signalent entre 2400 et 1300 m d'altitude dans la Péninsule Arabique. VELASCO et al. (1998) signalent que la grande valence écologique de cette espèce est probablement due à son cycle polyvoltin, à son régime alimentaire détritivoré et sa grande tolérance vis-à-vis des variations abiotiques, lui permettant de coloniser une grande variété de biotopes.

Au Maroc, *C. luctuosa* est qualifiée d'espèce eurytope et eurytherme. Son aire de répartition s'étend du versant nord rifain au versant sud Atlasique. Elle est très fréquente aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante entre 2000 et 0 m d'altitude (DAKKI & EL AGBANI, 1983). Elle abonde surtout dans le rhithral et le potamal et ne régresse que dans les sources fraîches d'altitude à régime torrentiel (DAKKI, 1986a).

En Tunisie, d'après BOUMAÏZA (1994), c'est l'espèce la plus tolérante et la plus robuste de tous les Ephéméroptères. Elle se caractérise par une grande plasticité phénotypique, et lui attribue un caractère euryèce. Les constatations de KORBAA et al. (2009) vont dans le même sens. Ils précisent qu'il s'agit de l'espèce la plus prolifique, la plus abondante et la plus fréquente de tout le peuplement recensé.

En Algérie, GAGNEUR & THOMAS (1988), LOUNACI et al. (2000a), BEBBA et al. (2015) et MEBARKI et al. (2017), s'accordent à dire qu'il s'agit de l'éphéméroptère le plus dominant dans tous les cours d'eau du Nord du pays.

Dans les cours d'eau étudiés, *C. luctuosa* est largement répartie. Nous l'avons récoltée depuis les stations d'altitude (1450 m) jusque dans les biotopes de plaine (160 m). Ses populations les plus denses sont enregistrées dans les habitats de piémont et de basse altitude, dans des sections à courant modéré à lent et à substrat mixte. Par contre, elle échoue dans les ruisseaux de sources et leurs émissaires à courant très fort et à température assez basse.

- *Caenis pusilla* Navas, 1913

Aire de répartition :

C. pusilla est une espèce d'origine Européenne, assez répandue dans tous les pays du pourtour Méditerranéen. En Afrique du Nord, elle est signalée d'Algérie (LOUNACI, 1987, 2005 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; GAGNEUR & THOMAS, 1988 ; LOUNACI et al., 2000a, 2000b ; MEBARKI, 2001 ; MEBARKI et al., 2017), du Maroc (BOUZIDI, 1989 ; BOUZIDI & GIUDICELLI, 1994 ; EL ALAMI, 2002 ; NECHAD & FADIL, 2016 ; MEBROUKI et al., 2017) et de Tunisie (BOUMAÏZA & THOMAS, 1986 ; BOUMAÏZA, 1994 ; ZRELLI et al., 2016).

Ecologie :

Cette espèce est peu fréquente et peu abondante au Maghreb contrairement à sa congénère *C. luctuosa* à laquelle elle est toujours associée.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

Au Maroc, d'après BOUZIDI (1989), cette espèce abonde dans le rithral des bassins du versant nord haut Atlasique et se cantonne dans les biotopes crénel-rithral du versant sud haut atlasique.

En Tunisie, (BOUMAÏZA & THOMAS, 1986) la mentionnent comme élément assez fréquent mais peu abondant, dans des biotopes localisés entre 230 et 30 m d'altitude, caractérisés par un courant rapide à modéré, un substrat à dominance de pierres et des températures maximales variant de 24 à 30 °C.

En Algérie, elle est, selon MEBARKI (2001), rare et peu abondante. Elle prolifère sur les fonds de pierres dans les eaux propres ou peu polluées (GAGNEUR & THOMAS, 1988). LOUNACI (2005) la qualifie comme espèce rhéophile supportant bien les courants rapides à moyens. Elle est moins tolérante aux grandes variations de températures et à l'abondance de la matière organique que *C. luctuosa*.

Dans les cours d'eau étudiés, nos observations vont dans le même sens. En effet, *C. pusilla* apparaît très peu fréquente et très peu abondante. Nous avons relevé sa présence dans trois stations échelonnées entre 380 et 200 m d'altitude. Elle semble se cantonner dans les biotopes de piémont, à courant rapide à moyen, à fond hétérogène recouvert de bryophytes.

▪ Famille des Leptophlebiidae Banks, 1900

La famille des Leptophlebiidae est représentée par deux genres : *Choroerpes* et *Habrophlebia*.

• *Choroerpes* sp.

Deux espèces du genre *Choroerpes* sont actuellement connues d'Afrique du Nord. Il s'agit de *Choroerpes atlas* et de *Choroerpes lindrothi*. La première appartient au sous-genre *Choroerpes*, la seconde au sous-genre *Euthraululus*. Toutes deux sont endémiques du Maghreb.

Le taxon *Choroerpes* sp. récolté ne peut faire l'objet d'analyse écologique à cause des difficultés de systématique. Son identification précise ne sera possible qu'après la capture de l'imago mâle. Il paraît être un élément localisé. Nous l'avons capturé dans deux stations (B1, S1) entre 200 et 160 m d'altitude avec des densités de populations relativement faibles (40 individus). Il est thermophile et pourrait être caractéristique de la zone potamale des cours d'eau.

• *Habrophlebia* sp.

En Afrique du Nord, le genre *Habrophlebia* est représenté par cinq espèces : *H. assefae* Sartori & Thomas (1986), *H. consiglioi* Biancheri (1959), *H. fusca* (Curtis, 1834), *H. hassainae* Benhadji & Sartori (2018) et *H. vaillantorum* Thomas & Sartori (1986).

En Algérie, le genre *Habrophlebia* est cité de plusieurs localités : Kabylie (LESTAGE, 1925 ; LOUNACI, 1987), Alger (GAUTHIER, 1928), massif de Mouzaïa (ARAB, 2004),

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

Tlemcen (GAGNEUR & THOMAS, 1988). Il n'est connu qu'à l'état larvaire. Il appartient au groupe fusca, lequel forme un complexe d'espèces qui nécessite une révision taxonomique.

En Kabylie, LOUNACI (1987), puis MEBARKI (2001) signalent *Habrophlebia* sp. comme élément inféodé aux habitats de moyenne montagne, et semble rechercher les biotopes froids ou frais, fuyant les élévations excessives de températures de la zone aval.

Dans les cours d'eau étudiés, *Habrophlebia* sp. est bien représenté dans nos récoltes. Il est fréquent et assez abondant. Il se rencontre dans des biotopes variés entre 1450 et 160 m d'altitude : ruisseaux à eau fraîche et à courant modéré, torrents de montagne, cours d'eau de piémont et de basse altitude.

▪ Famille des Potamanthidae Jacobsen & Bianchi, 1905

La faune Nord Africaine ne renferme qu'un unique genre : *Potamanthus* (THOMAS, 1998 ; BARBER-JAMES et al., 2013), représenté par l'unique espèce *Potamanthus luteus* à distribution européenne et circum-méditerranéenne, et connue d'Algérie (EATON, 1899 ; LESTAGE, 1925 ; LOUNACI, 1987; AÏT MOULOUD, 1988 ; GAGNEUR & THOMAS, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; MEBARKI et al., 2017), du Maroc (DAKKI & EL AGBANI, 1983 ; BOUZIDI, 1989 ; BOUZIDI & GIUDICELLI, 1994 ; EL ALAMI, 2002 ; TOUABAY et al., 2002) et de Tunisie (BOUMAÏZA & THOMAS, 1986 ; KORBAA et al., 2009 ; ZRELLI et al., 2015 ; ZRELLI et al., 2016).

Ecologie :

P. luteus occupe les régions les plus chaudes du bassin méditerranéen. Il est qualifié de thermophile et caractéristique du potamal.

Au Maroc, comme en Tunisie, cet élément est rare et localisé (DAKKI & EL AGBANI, 1983 ; DAKKI, 1987a ; ZRELLI et al., 2015). Il peuple principalement les rivières de basse altitude. Il est récolté dans l'oued Sébaou entre 500 et 10 m d'altitude.

Dans nos investigations, cet élément est peu abondant et très peu fréquent. Nous l'avons rencontré dans cinq stations entre 380 et 160 m d'altitude avec de faibles densités de populations. Il côtoie les habitats de piémont et de basse altitude, supportant les élévations de température et la présence de matière organique.

1.4.- Biogéographie des Ephéméroptères

Le peuplement Ephéméroptérologique nord-africain est de type Paléarctique avec quelques rares éléments afro-tropicaux tels que le genre *Oligoneuriopsis* et le sous-genre *Euthraululus* (absents dans nos récoltes). Les affinités biogéographiques sont plus marquées avec l'Europe occidentale qu'avec les pays de l'Est du bassin méditerranéen (Liban, Turquie, Grèce, etc.). L'endémisme est très marqué chez ce groupe d'insectes comme il a été démontré par THOMAS (1998), EL ALAMI et al. (2000) et LOUNACI et al. (2000a).

Sur les neuf éléments identifiés spécifiquement dans les cours d'eau prospectés, nous distinguons trois catégories chorologiques :

❖ **Espèces à distribution paléarctique** : cette catégorie englobe cinq espèces qui se répartissent en trois groupes :

- Deux espèces à distribution Holo-paléarctique : *Centroptilum luteolum*, *Potamanthus luteus* ;
- Deux espèces à distribution Euroasiatico-méditerranéenne : *Acentrella sinaïca*, *Caenis luctuosa* ;
- Une espèce à une distribution Paléarctico-occidentale : *Caenis pusilla*.

❖ **Espèces à distribution méditerranéenne** : elle comprend une seule espèce. Il s'agit de *Baetis pavidus*, espèce à distribution méditerranéenne occidentale.

❖ **Espèces à distribution Ibéro-maghrébine** : cette catégorie englobe trois espèces, réparties en deux groupes :

- Deux espèces ayant une distribution Ibéro-Maghrébine : *Baetis maurus* et *Baetis punicus* ;
- Une espèce ayant une distribution maghrébine : *Nigrobaetis rhithralis*.

1.5- Discussion des résultats

L'inventaire faunistique réalisé dans les cours d'eau de la Kabylie, nous a permis de recenser 19 taxons d'Ephéméroptères, dont neuf identifiés à l'espèce. Ils se répartissent en 14 genres et cinq familles. La famille des Baetidae est la plus représentée et la plus diversifiée avec 12 taxons.

Il nous semble raisonnable d'envisager la présence d'autres espèces dans la région géographique étudiée en tenant compte des formes rares déjà signalées des régions avoisinantes et celles qui posent actuellement problème de nomenclature tels que les Heptageniidae et les Leptophlebiidae.

La richesse spécifique des Ephéméroptères des cours d'eau étudiés est comparable à celle observée dans les autres régions d'Algérie : 15 espèces dans le bassin de la Tafna (GAGNEUR & THOMAS, 1988), 20 dans le bassin du Mazafran, 13 dans le réseau hydrographique du Chélif

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

(ARAB et *al.*, 2004) et 10 espèces seulement ont été signalées dans le Sud Constantinois (oued Abdi) (BEBBA et *al.*, 2015). En outre, elle reste faible par rapport à celle des autres zones géographiques du Maghreb : 37 espèces dans le Rif (EL ALAMI, 2002), 30 dans le Moyen-Atlas (DAKKI, 1986a ; NECHAD & FADIL, 2016), 35 dans le Haut-Atlas qui comporte une forte proportion d'espèces orophiles endémiques (BOUZIDI, 1989 ; ABDAOUI et *al.*, 2010), 20 dans le Plateau central (QUINBA, 1986) et 23 dans le Maroc oriental (BERRAHOU et *al.*, 2001 ; MABROUKI et *al.*, 2017), et encore plus faible à celle des autres réseaux hydrographiques Européens : 40 espèces dans le bassin du Doubs (VERNEAUX, 1973), 64 dans le Sud-ouest de la France (THOMAS, 1981), 59 dans le Nord-est de la France (JACQUEMIN, 2001) et 22 à 79 espèces selon les réseaux Polonais (SOWA, 1975).

Le genre *Baetis*, est présent dans toutes les stations étudiées. Les espèces les plus constantes sont *Baetis punicus* et *Baetis* groupe *rhodani*. Elles sont à large valence écologique avec une préférence et une tendance plus élevées pour le secteur de basse altitude. Ces deux éléments cohabitent dans neuf stations. Ils peuvent vivre dans des biotopes à conditions écologiques extrêmes : altitude supérieure à 1600 m et à températures maximales inférieures à 10°C (LOUNACI et *al.*, 2000a, 2000b), et en plaine à des températures maximales supérieures à 30 °C.

L'analyse des données écologiques de ce peuplement a permis d'identifier d'une part, les zones supérieures des cours d'eau avec un nombre d'espèces assez réduit et d'autre part, les zones de moyenne montagne et de plaine avec une richesse spécifique plus élevée. La disponibilité des conditions mésologiques appropriées est un des facteurs les plus importants qui influencent l'occurrence et la distribution des Ephéméroptères (BAUERNFEIND & MOOG, 2000 ; DEDIEU et *al.*, 2015). L'altitude est le facteur le plus pertinent dans la distribution des Ephémères. Néanmoins, il n'agit pas comme un simple facteur mais il combine d'autres variables ; ainsi, toute augmentation d'altitude entraîne une baisse des températures corrélées avec une forte oxygénation, et une augmentation des débits induisant de fortes pentes et donc des substrats d'érosion, mais aussi la réduction ou l'absence des effets anthropogéniques.

Comme rapporté par ARIMORO & MULLER (2010), les principaux facteurs écologiques influençant la répartition des Ephémères sont la composition granulométrique du substrat, l'habitat et la qualité de l'eau. Dans la région étudiée, certaines stations localisées dans les piémonts (zones urbaines et/ou agricoles) (TG4, SA3, KH) sont fortement affectées par les perturbations anthropogéniques (rejets des eaux usées domestiques et activités agricoles et l'élevage) révèlent une richesse spécifique réduite, en accord avec les observations de ZOUGGAGHE et *al.* (2014) et aussi confirmant les conclusions d'ASCHONITS et *al.* (2016) qui suggèrent que les stations peu polluées montrent des richesses taxonomiques plus élevées que celles qui sont perturbées.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

En outre, la minéralisation des eaux, liée à l'occupation des sols (activités agricoles, pastoralisme) et probablement à la nature géologique des terrains traversés par les cours d'eau, et notamment l'altitude sont les deux principales variables qui déterminent la distribution des espèces d'Ephéméroptères dans les cours d'eau d'Algérie du Nord, ce qui est en accord avec les constatations d'autres auteurs (BOUMAÏZA & THOMAS, 1995 ; GAGNEUR & THOMAS, 1988). Dans une moindre mesure, la température de l'eau, les précipitations, l'hétérogénéité du substrat, l'eutrophisation et l'ombrage (densité du couvert végétal bordant le lit du cours d'eau) peuvent également expliquer la distribution comme il a été rapporté ailleurs (RUEDA et *al.*, 2002 ; BUSS & SALLES, 2007). Cependant, la concentration en oxygène dissous, le pH et les paramètres hydrauliques (vitesse du courant et profondeur), semblent ne pas avoir un effet majeur sur la répartition de ces espèces ou bien l'impact est certainement masqué par celui de l'altitude (MEBARKI et *al.*, 2017).

Contrairement aux régions tempérées (Europe), les réseaux hydrographiques du Nord de l'Algérie, peu d'espèces rhithrophiles et ubiquistes dominant dans les parties supérieures des cours d'eau. En revanche, l'occurrence des espèces potamophiles augmente mais la diversité spécifique décroît sous la pression des impacts anthropiques.

Les sites les plus diversifiés se rencontrent dans les zones de moyenne montagne, et de basse altitude (alt. 850 – 160 m). Ces portions de cours d'eau sont caractérisées par une hétérogénéité et une complexité structurale du substrat, d'où la multiplicité de microhabitats disponibles ; la végétation aquatique bien développée (macrophytes et matière végétale en décomposition servant de nourriture aux insectes), le courant y est rapide à moyen, une végétation bordante relativement dense et des températures maximales peuvent atteindre les 30°C.

Par contre, les stations d'altitude correspondant aux zones du crénel et de l'épirhithral (sources et leurs émissaires) et aux torrents de montagne, présentent une diversité faible. Ceci ne pourrait s'expliquer que par les conditions environnementales très contraignantes régnant dans ces biotopes. En effet, les basses températures, la faible largeur du lit, le substrat qui est composé essentiellement de roche (substrat d'érosion), dépourvu de toute forme de végétation aquatique constituent des conditions drastiques, défavorables pour la colonisation de tels milieux par les Ephéméroptères. De plus, dès le mi-juin, les sources se tarissent, où ne subsiste qu'un mince filet d'eau qui s'assèche complètement parfois.

De même, la richesse spécifique observée au niveau de certaines stations localisées dans les piémonts (TG4, SA3, KH) est également faible. Ces secteurs des stations sont considérés comme des zones perturbées par les activités anthropogéniques (prélèvements d'eau, rejets des eaux usées domestiques, activités agricoles, lessives et l'élevage) induisant la réduction du débit d'étiage et l'élévation des températures estivales, qui constituent des facteurs limitant le développement d'un grand nombre d'espèces.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

L'analyse de la distribution altitudinale des Ephéméroptères des cours d'eau étudiés, nous a permis de mettre en évidence trois groupements d'espèces plus ou moins distincts :

- le premier groupe réunit les taxons à grande amplitude écologique. Ils sont eurytopes et eurythermes, colonisant depuis les ruisseaux de haute montagne jusqu'aux cours d'eau de plaine : *Baetis punicus*, *Baetis* groupe *rhodani*, *Caenis luctuosa*, *Centroptilum luteolum*, *Habrophlebia* groupe *fusca*, *Baetis* sp. et *Ecdyonurus* sp.

- le deuxième groupe rassemble les éléments thermophiles, inféodés strictement aux zones de piémont et de plaine, occupant une tranche altitudinale varie de 380 à 160 m d'altitude. Il s'agit de *Baetis pavidus*, *Caenis pusilla*, *Potamanthus luteus*, *Cheleocloeon* sp., *Cloeon* sp., *Procloeon* sp. et *Choroterpes* sp.

- le troisième se compose des taxons alticoles et sténothermes d'eau froide, trois côtoient essentiellement les ruisseaux de sources et leurs émissaires : *Baetis maurus*, *Nigrobaetis rhithralis* et *Alainites* groupe *muticus*, deux autres *Acentrella sinaïca* et *Rhithrogena* sp. sont des formes montagnardes à amplitude altitudinale plus large.

Sur le plan biogéographique, le peuplement est fondamentalement d'origine paléarctique avec des intrusions d'éléments rares afro-tropicaux (*Oligoneuriopsis* et *Euthraulius*). Les affinités biogéographiques sont plus marquées avec l'Europe occidentale qu'avec les pays de l'Est du bassin Méditerranéen.

La faune des Ephéméroptères inventoriée dans ce présent travail est composée d'éléments :

- à **distribution paléarctique** : *Acentrella sinaïca*, *Centroptilum luteolum*, *Caenis luctuosa*, *Caenis pusilla* et *Potamanthus luteus* ;

- à **distribution Ouest méditerranéenne** : *Baetis pavidus* ;

- à **distribution Ibéro-maghrébine** : *Baetis maurus* et *Baetis punicus* (endémique Ibéro-maghrébine), *Nigrobaetis rhithralis* (endémique maghrébine).

Conclusion

Le but de ce travail était de réaliser un inventaire des Ephéméroptères de Kabylie, et d'étudier la répartition des éléments de ce groupe d'insectes dans les différents cours d'eau prospectés.

19 taxons dont neuf identifiés au niveau spécifique ont été inventoriés. Ce peuplement présente une richesse spécifique comparable à celle observée dans d'autres réseaux hydrographiques d'Algérie et/ou des pays limitrophes. Ses affinités biogéographiques sont plus marquées avec l'Europe méditerranéenne qu'avec les pays de l'Est du bassin méditerranéen.

Chapitre III : La faune - Ephemeroptera

La richesse spécifique et l'abondance des espèces ne sont pas importantes dans la plupart des stations étudiées. Elles sont plus marquées dans les stations de moyenne montagne et de basse altitude caractérisées par un substrat hétérogène, un courant moyen à lent, des températures relativement élevées et la présence de matière organique...). Inversement, les stations d'altitude aux conditions hydrologiques et écologiques bien différentes (conditions constantes du milieu : basses températures, faible disponibilité trophiques...), n'hébergent que très peu d'espèces.

Les espèces qui restent les moins bien connues appartiennent principalement aux genres *Rhithrogena* et *Habrophlebia*. Leurs larves sont difficilement identifiables dans l'état actuel de nos connaissances. Ces espèces devront faire l'objet d'études taxinomiques ultérieures pour mieux connaître leur écologie.

Les Plécoptères



Marthamea bayae, a new species of stonefly from Algeria (Plecoptera: Perlidae)

SMAIL LAMINE¹, ABDELKADER LOUNACI¹, JEAN-PAUL G. REDING^{2,4} & GILLES VINÇON³

¹Laboratoire 'Ressources Naturelles', Département de Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algeria

²2 Petit-Berne, CH-2035 Corcelles, Switzerland. E-mail: jean-paul.reding@bluewin.ch

³55 Bd Joseph Vallier, F-38100 Grenoble, France. E-mail: gvincon@gmail.com

⁴Corresponding author. E-mail: jean-paul.reding@bluewin.ch

Abstract

A new species of the perlid genus *Marthamea* Klapálek, *M. bayae* sp. n. from Algeria is described and illustrated based on the morphology of adults and larvae. This is the first known record for the genus from North Africa.

Key words: stoneflies, North Africa, Djurdjura Massif, Kabylia

Introduction

The genus *Marthamea* Klapálek, 1907 is a rare and endangered perlid stonefly taxon (Fochetti & Tierno de Figueroa 2006; Graf *et al.* 2009) which currently includes three species: *Marthamea vitripennis* (Burmeister, 1839) and *M. selysii* (Pictet, 1841) distributed in the Palearctic Region (Zwick 1984; DeWalt *et al.* 2019; Graf *et al.* 2009, 2019), and *M. beraudi* (Navás, 1909) reported from the Eastern Mediterranean (Berthélemy & Dia 1982; Zwick 1984; Bromley 1988). Recent samplings of aquatic insects in the Djurdjura Massif of Kabylia of northcentral Algeria conducted by the first two authors have resulted in the discovery of adults and larvae of a hitherto unknown species of *Marthamea*, which is described below. This is the first known record for the genus from North Africa.

Study area

The Kabylia of Djurdjura (Fig. 30) located in northcentral Algeria, is a geographical entity whose uniqueness is as much a result of its climate, its wide variety of landscapes, as its animal and plant communities. Compared to the rest of Algeria, it is a distinctive region which may be further subdivided into two distinct subregions: the Djurdjura, which constitutes the largest limestone massif of the Tell Atlas with peaks often exceeding 2,000 m altitude, abundant rainfall (1,200–1,500 mm) and relatively low water temperatures (8°C–16°C) (Derridj 1990; Lounaci & Vinçon 2005); the Sebaou Valley, an elongated and flared depression due to its geological structure and the nature of the terrain (Kabylia magmatic and metamorphic basement massifs), drained by Oued Sebaou, the major river of Djurdjura Kabylia. In this subregion, average annual rainfall is 700 mm and average water temperatures are 18 °C (Lounaci 2005). The study sites (Figs. 30, 31, 32, 33 & 34) are located within a drainage basin of about 4,000 km², consisting of rugged terrain with steep slopes and significant changes in altitude. The dominant feature of the streams is the irregularity of discharge, floods alternating with low water episodes. Water deficit in the summer period induces a temporary flow regime for a large number of streams.

The peculiar geological, tectonic and paleozoological history of Djurdjura Kabylia makes this region an important and promising area for faunistic, ecological and biogeographical studies. The region is still poorly known, with historic records that have not been updated and areas with difficult access, remain unexplored. The global and regional assessments made by various authors in the past (Berthélemy 1973, Lounaci & Vinçon, 2005, Yasri-Cheboubi *et al.*, 2013a and 2013b, Yasri-Cheboubi *et al.* 2016) would require updated and more complete records,

in particular because of the increased anthropogenic pressure and the ongoing global warming, responsible for the degradation of habitats in several areas. Such updates and exploratory complements are important for the conservation of endemic or fragmented species, which are often the most fragile and endangered taxa, for example the caddisflies *Rhyacophila urgl* Malicky & Lounaci, 1987, *Athripsodes ygramul* Malicky & Lounaci, 1987, *Oecetis uyulala* Malicky & Lounaci, 1987, *Beraea auresi* Vaillant, 1953 (microendemic Trichoptera of Djurdjura Kabylia), and the microendemic plant species of the Djurdjura massif, *Bunium chaberti* Battand, *Leontodon djurdjurae* (Coss & Durieu), and *Romulea battandieri* Bég.

Material and methods

Adults were collected by using a “Japanese umbrella” (beating sheet). Larvae were sampled either by kick sampling or by picking specimens directly from the substrate with entomological forceps. Specimens collected between 2008 and 2018 are preserved in 75% ethanol. The holotype and paratypes are deposited in the Zoological Museum of Lausanne, Switzerland (MZL). Additional material is stored in the private collections of the authors. Terminology for adults follows that of Zwick (1984). Terminology for wing venation follows Béthoux (2005) and Sroka *et al.* (2018). Terminology for larvae follows that of Zwick (2004). The conspecific association of larvae and adults of the new species was confirmed by extruding the terminalia of pharate larvae. The pharate terminalia of putative larval specimens of the new species all corresponded to those of adults of *M. bayae* **sp. n.** Illustrations and photographs were produced by the third author.

The following abbreviations are used: m = adult males; f = adult females; L = larvae; Lm = pharate male larvae; Lf = pharate female larvae; MZL = collections of the Zoological Museum of Lausanne, Switzerland; GVC = collection of G. Vinçon; SLC = collection of S. Lamine; ALC = collection of A. Lounaci; RC = collection of J.-P.G. Reding.

Results

Marthamea bayae Vinçon, Lamine, Lounaci & Reding, **sp. n.**

(Figs. 1–18; 29)

Morphological diagnosis. Males and females macropterous. Body length of holotype male 12 mm; wing length 15 mm. General color of mature specimen brown (Fig. 1); pale yellow in freshly emerged specimens (Fig. 4). Head light brown, with a dark triangular mark between the three ocelli (Figs. 1 & 4). Pronotum trapezoidal, with sharp upper angles and rounded anterior margin; lower margin slightly constricted in middle (Figs. 1 & 4).

Forewings: length 15 mm. Wings transparent, light yellow in color. Costal field with 20 cross veins; no cross veins near the junction of ScP and RA. Single cross vein “ra-rp” between RA and RP. Single cross vein “rp-ma” between RP and MA. Cross veins “ra-rp” and “rp-ma” nearly aligned. Seven cross veins between M and CuA (Fig. 9). Hind wings: no cross veins between CuA and M. No cross veins between anal veins AA1 and AA2. Large whitish pterostigma at the beginning of the junction of ScP and RA.

Adult male. Tergite 5 undivided, with slightly bilobed sclerotized posterior extension that covers medially the membranous tergite 6 (Figs. 2, 3 & 7). Tergites 6 to 9 medio-dorsally interrupted by a membranous portion covered by numerous spinules (Figs. 2, 3, 5, 6 & 7). Tergite 6 with rounded posterior membranous area and two small lateral groups of spinules on each side of the median extension of tergite 5 (Figs. 2 & 3). Tergite 7 with rounded posterior membranous area and a large median semicircular brown mark covered with numerous spinules (Figs. 2, 3 & 7). Tergite 8 with rounded posterior membranous area and a smaller median brown mark hidden under hemitergite 10 (Figs. 2, 3 & 7). Tergite 9 narrow with small median brown mark hidden under hemitergite 10 (Figs. 2, 3 & 7). Tergite 10 with two detached lobes: a large spatulate dorsal lobe and a long and slender finger shaped ventral lobe (Figs. 2, 3, 5, 6 & 7). Tips of both lobes with strong spines (Fig. 6). Each hemitergite with a basal rounded callus with strong spines mainly on its outer edge (Figs. 2 & 3). Sternites 6 and 7 each with a strong setal brush, a smaller one also on sternites 5 and 8 (Figs. 5 & 29). Sternite 9 tongue-shaped and extending backwards, covering entirely sternite 10 and base of cercus in ventral view (Figs. 5 & 29); its lower edge slightly sclerotized, with several long

setae (Figs. 2, 3, 5 & 29). In lateral view, abdominal segment 10 narrow (Figs. 5, 6 & 7). Cercus with whorls of long hairs, much longer than the width of each segment (Figs. 2, 3, 5 & 7).

Penial armature could not be extruded from specimens preserved in ethanol and remains therefore unknown.

Female adult. Adult females of *M. bayae* sp. n. were not available for this study, but a distinctly bilobed female subgenital plate (Fig. 18) was clearly visible after the removal of the larval skin of female pharate larva of the new species.

Larvae. Body length of the mature larva: 14 to 19 mm. General color: tawny with yellow spots (Figs. 10, 11 & 12). Gill tufts present on thoracic segments (as in Fig. 19); front corners of postmentum continuous, without transverse lines separating each front corner from the main plate-like part (as in Fig. 19; compare with Zwick 2004, Fig. 6); no medio-dorsal row of setae on tergites (Fig. 16); no fringe of medio-dorsal swimming hairs at the base of cerci (Figs. 14, 15, 16 & 23); presence of a postocular fringe of setae forming a half-circle around the lower margin of the eye (Figs. 10 & 17) and intersected by the setation of the occipital fold. Lacinia with apical and subapical tooth; ventral edge of lacinia below apical tooth convex. Marginal setae below subapical tooth arranged in several rows. Upper part of the head yellow and lower part tawny, except a yellow spot between eyes and posterior ocellus (Figs. 10 & 12). M-line scarcely visible. Dark triangular mark between the three ocelli (Figs. 10 & 12). Pronotum elliptical, completely fringed with short marginal setae (Figs. 10 & 12). Sides of pronotum yellow, flanked by a dark band (Figs. 10 & 12). Center of pronotum with a dark hourglass shaped stripe, flanked by irregular darker patterns on yellowish ground (Figs. 10 & 12). Mesonotum and metanotum with typical markings (Fig. 12). Abdominal tergites 2 and 3 with two elliptical patches on tawny ground; tergites 3 to 9 with four patches, two larger in the center flanked by two smaller patches on the sides (Fig. 11). Tergite 10 nearly triangular, tawny colored, with two small yellow patches in the upper part and one larger yellow patch in its lower part (Fig. 11). Paraprocts short, as long as wide, with flattened apex (Fig. 15). Anal gills with very few tufts (Fig. 15), not visible in dorsal (Fig. 11) or lateral views (Figs. 14 & 16). Femora long and slender (Fig. 13).

Eggs. Eggs were removed from a pharate female larvae. Chorion smooth. Ca. 0.40 mm long. Shape oval (Fig. 8). Base slightly truncated with well-marked collar and transparent umbrella shaped attachment disk (Fig. 8).

Type material. Holotype male: ALGERIA, Tell Atlas, Kabylia, Djurdjura Massif, Tizi Ouzou Province, brook 1 km downstream of Col de Tirourda, sampling station TR1 (Fig. 34), 36.29069°, 4.21537°, 1120 m a.s.l., 25.06.2018, leg. S. Lamine, deposited in the MZL (catalogue number: GBIFCH00658114). Paratypes: Tell Atlas, Kabylia, Djurdjura Massif, spring brook near Ighzer Ifrane about 500 m downstream of brook Thizibert, Col de Chellata, sampling station IF, 36.535605°, 4.468425°, 1290 m a.s.l., 29.04.2015, 1 m, leg. A. Lounaci, deposited in the MZL (catalogue number: GBIFCH00658102); Tell Atlas, Kabylia, Djurdjura Massif, torrent 200 m downstream of Arbailou spring, 3 km upstream of village Ath Agad, sampling station ST1 (Fig. 31), 36.29105°, 4.09578°, 920 m a.s.l., 06.06.2008, 3Lf, leg. A. Lounaci, deposited in the MZL (catalogue number: GBIFCH00658099).

Other material: Additional specimens are held in the collections of Gilles Vinçon (GVC), Smail Lamine (SLC), Abdelkader Lounaci (ALC) and Jean-Paul G. Reding (RC): ALGERIA, Tell Atlas, Kabylia, Djurdjura Massif, Sampling station ST4 (Fig. 32): temporary brook Assif Ouacif, 500 m upstream of the city of Ouacif, 36.31251°, 4.12167°, 380 m a.s.l., 06.06.2008, 2Lf (leg. A. Lounaci; RC); Sampling station AI: torrent about 3 km from main town of Illilten, 36.30380°, 4.23405°, 1010 m a.s.l., 03.07.2010, 4Lf (leg. A. Lounaci; RC); 02.04.2014, 13L (leg. A. Lounaci; GVC); Sampling station AA: torrent 500 m upstream of village Ath Atsou, 36.29445°, 4.22125°, 1080 m a.s.l., 25.04.2015, 2L (leg. A. Lounaci; ALC); Sampling station TR1 (Fig. 34): Tizi Ouzou Province, brook 1 km downstream of Col de Tirourda, 36.29069°, 4.21537°, 1120 m a.s.l., 08.05.2013, 2L (leg. S. Lamine; SLC); 06.05.2014, 3L (leg. S. Lamine; ALC); Sampling station TR2: spring brook, located 1,2 km upstream of village Tirourda, 36.29295°, 4.21104°, 1045 m a.s.l., 06.05.2014, 2L (leg. S. Lamine; SLC); Sampling station SA1: brook located 1,5 km downstream of spring Addardar (Sahel), 36.33359°, 4.29459°, 1170 m a.s.l., 12.06.2013, 11L (leg. A. Lounaci; GVC), 1Lm (leg. A. Lounaci; RC); Sampling station SA2: torrent located 2 km downstream of spring Sahel, 36.33532°, 4.29531°, 1000 m a.s.l., 07.04.2012, 1L (leg. S. Lamine; SLC); Sampling station D1: torrent located 500 m downstream of spring Thahemalt-Boudhrar and 6 km south of Ain El Hammam, 36.31025°, 4.20225°, 900 m a.s.l., 10.04.2013, 6L (leg. S. Lamine; SLC); 23.04.2014, 22L (leg. S. Lamine; ALC); 08.05.2013, 1L (leg. S. Lamine; SLC); Sampling station D2 (Fig. 33): brook located 2 km downstream of village Ath Hamsi, 36.32391°, 4.16595°, 350 m a.s.l., 20.05.2011, 6L (leg. S. Lamine; SLC); 20.05.2014, 9L (leg. S. Lamine; SLC); 26.05.2014, 11L (leg. S. Lamine; SLC).

Etymology. The new species is dedicated to Dr. Baya Fadel, partner in life of Gilles Vinçon.

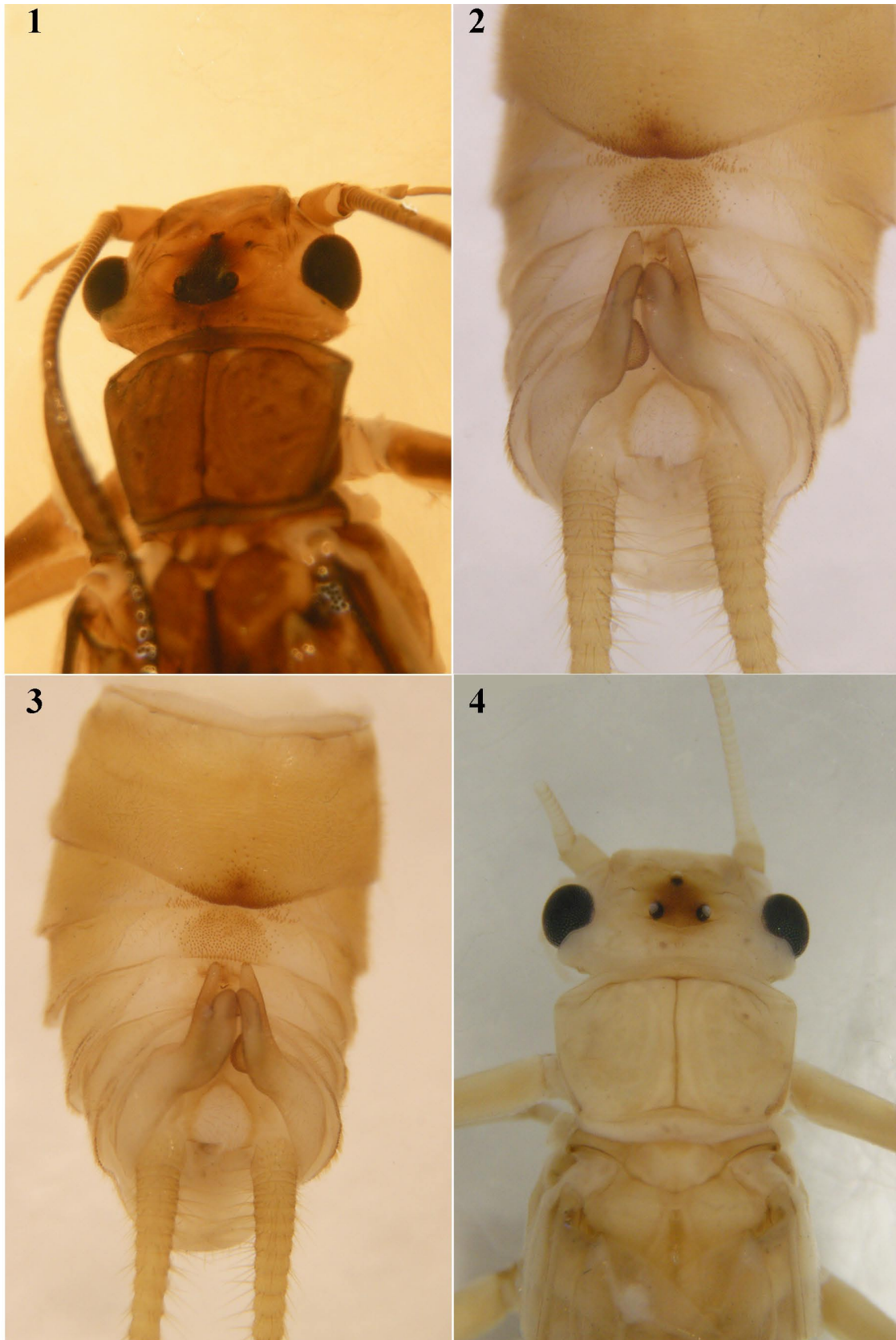


FIGURE 1. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, head and pronotum (holotype).

FIGURE 2. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, dorsal view, tergites 5 to 10 (holotype).

FIGURE 3. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, dorsal view, tergites 5 to 10 (holotype).

FIGURE 4. *Marthamea bayae* sp. n., freshly emerged adult male, head and pronotum.



FIGURE 5. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, lateral view, paraprocts and tergites 5 to 10 (holotype).

FIGURE 6. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, lateral view, paraprocts (holotype).

FIGURE 7. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, base of cerci and paraprocts (holotype).

FIGURE 8. *Marthamea bayae* sp. n., egg.

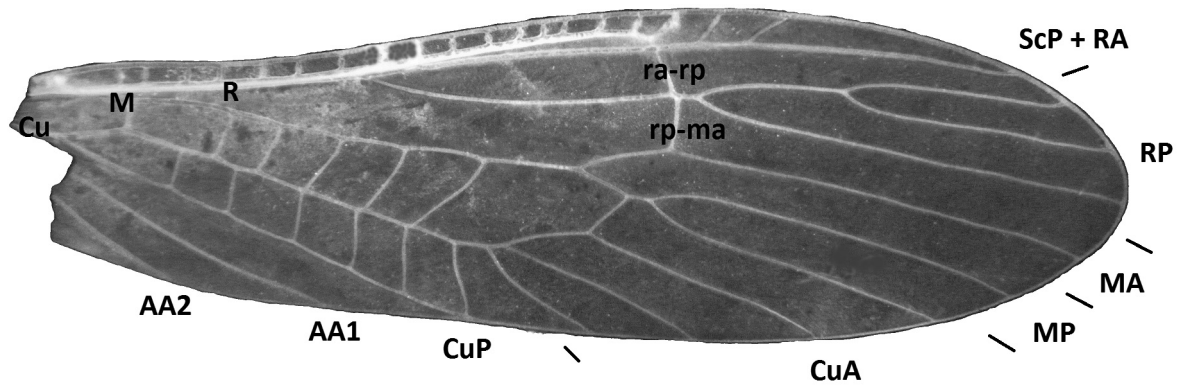


FIGURE 9. *Marthamea bayae* sp. n., venation of forewing (holotype). Wing darkened by software for illustrative purposes.

Discussion

Adult males of *Marthamea bayae*, *M. vitripennis* and *M. beraudi* are macropterous, whereas those of *M. selysii* are brachypterous (McLachlan 1895; Zwick 1984). The shape of the lower margin of tergite 5 of *M. bayae* is slightly bilobed (Figs. 2, 3 & 7), whereas it is strongly bilobed in *M. vitripennis* and *M. selysii* (Tierno de Figueroa *et al.* 2003, figs. 30B & 30C; Zwick 1984, figs. 3a & 4a) and rounded in *M. beraudi* (Zwick 1984, fig. 5a). In *M. bayae* tergite 5 covers entirely tergite 6 medially (Figs. 2, 3 & 7), whereas it does not extend to tergite 6 in *M. beraudi* (Fig. 27; Zwick 1984, fig. 5a) and scarcely reaches tergite 6 in *M. vitripennis* and *M. selysii* (Tierno de Figueroa *et al.* 2003, figs. 30B & 30C; Zwick 1984, figs. 3a & 4a). In *M. bayae* there are two small lateral groups of spinules on each side of tergite 6, probably acting as a “bumper” for the lower edge of tergite 5 (Figs. 2 & 3), whereas these spinules are lacking in the other three species (Zwick 1984, figs. 3a, 4a & 5a; Tierno de Figueroa *et al.* 2003, figs. 30B & 30C). The finger shaped lobes of the hemitergites of *M. bayae* are much longer and thinner than those of *M. beraudi* (compare Figs. 5, 6 & 7 with Zwick 1984, fig. 5c). The male of *M. bayae* also differs from the other *Marthamea* species by the absence of a narrow U-shaped gap between the two lobes of the hemitergites (compare Figs. 5 & 6 with Figs. 25 & 27; Zwick 1984, figs. 3c, 4c & 5c). In *M. bayae* the anterior portion of the distal lobe of the hemitergites is flattened (Figs. 5, 6 & 7) whereas it has a hammer-like extension in the other three species (Figs. 25 & 27; Zwick 1984, figs. 3c, 4c & 5c). The lower margin of sternite 9 of adult males of *M. vitripennis* has a slightly protruding depigmented lobe, covering half of sternite 10 (Fig. 28), whereas there is no such protruding lobe on sternite 9 in *M. bayae* (Fig. 29). In *M. bayae* sternite 9 covers entirely sternite 10 (Fig. 29), whereas sternite 9 is only partially covered in *M. beraudi* (Fig. 27) and *M. vitripennis* (Figs. 26 & 28). In lateral view, abdominal segment 10 of *M. bayae* is relatively narrow (Figs. 5, 6 & 7), whereas it is much wider in the other three species (Figs. 27 & 28). The head pattern of *M. bayae* has only a single small dark triangular mark between the three ocelli (Figs. 1 & 4), whereas dark markings are more extended in the other three species (Fig. 24; Zwick 1984, figs. 1a, 1b & 1c; Tierno de Figueroa *et al.* 2003, fig. 30A).

The female subgenital plate of *M. bayae* is apparently bilobed (Fig. 18), whereas it is entire in the other three species (Klapálek 1923, figs. 62 & 68; Illies 1955, figs. 116D & 117A; Zwick 1984; Sivec *et al.* 1988, fig. 14a; Tierno de Figueroa *et al.* 2003, fig. 30D).

The larvae of *M. bayae* possess anal gills (Fig. 15) similar to those of *M. vitripennis* (Figs. 21 & 23) and *M. selysii* and are therefore easily separable from those of *M. beraudi* which lack anal gills (Zwick 1984). According to Zwick (1984, 2004), larvae of *M. selysii* cannot be separated from those of *M. vitripennis*. Our differential larval diagnosis for *M. bayae* and *M. vitripennis* therefore probably also includes *M. selysii* whose larvae were not available for this study. The anal gills of *M. vitripennis* are dense and long (Figs. 21 & 23) whereas those of *M. bayae* are sparse and short (Fig. 15), not visible in dorsal and lateral views. Both species are also separable by their head patterns (compare Figs. 10 & 12 with Fig. 20), their abdominal markings (compare Fig. 11 with Fig. 21) and the aspect of pronotum, mesonotum and metanotum (compare Fig. 12 with Figs. 20 & 21). Moreover, the femora of *M. vitripennis* are short and stout (Fig. 22) whereas those of *M. bayae* are long and slender (Fig. 13).



FIGURE 10. *Marthamea bayae* sp. n., larva, head and pronotum, dorsal view.

FIGURE 11. *Marthamea bayae* sp. n., larva, tergites 1 to 10, dorsal view.

FIGURE 12. *Marthamea bayae* sp. n., larva, head, pronotum, mesonotum and metanotum, dorsal view.

FIGURE 13. *Marthamea bayae* sp. n., larva, femur and tibia of hind leg, lateral view.



FIGURE 14. *Marthamea bayae* sp. n., larva, base of cerci, lateral view.

FIGURE 15. *Marthamea bayae* sp. n., larva, sternite 10, paraprocts and anal gills, ventral view.

FIGURE 16. *Marthamea bayae* sp. n., larva, tergites, lateral view.

FIGURE 17. *Marthamea bayae* sp. n., larva, head with postocular fringe and occipital fold, dorsal view.



FIGURE 18. *Marthamea bayae* sp. n., pharate female larva with bilobed subgenital plate, ventral view (cuticle of abdominal segments 7 to 10 removed).

The egg of *M. bayae* with its conical apex, truncate base, and well-defined collar (Fig. 8) resembles the egg of *M. beraudi* (Zwick 1984, fig. 6d), but the umbrella shaped attachment disk of the new species is clearly different from the one of all other known species. The collar of *M. bayae* (Fig. 8) is also much wider than the one of the other three species (Zwick 1984, Figs. 6a, 6b, 6c & 6d).

Distribution and ecology. *Marthamea bayae* is considered a micro-endemic species of the Djurdjura Massif of Kabylia (Fig. 30) where it is widely distributed and occurs in various biotopes, from small brooks to large rivers (Figs. 31, 32, 33 & 34). In the study area, *M. bayae* was collected from eleven sampling stations (Fig. 30). It is a rheophilous taxon with a wide altitudinal range (350 to 1290 m a.s.l.). Its habitats are characterized by a rather dense riparian zone, a mineral substrate dominated by large pebbles, relatively fast currents and a water temperature not exceeding 16 °C. The flight period is in late spring and early summer (VI-VII). The life cycle of *M. bayae* is probably semivoltine, as reported for *M. beraudi* (Alouf 1984), since immature larvae and full-grown larvae were found together at several sampling stations. Sympatric stonefly species with the new species included common North African taxa such as *Afroperlodes lecerfi* (Navás, 1929); *Perla* cf. *pallida* Guérin-Méneville, 1838; *Capnopsis schilleri schilleri* (Rostock, 1892); *Capnioneura petitpierreae* Aubert, 1960; and *Protonemura ruffoi* Consiglio, 1961.

Remarks. From Subsaharian Africa, there is a single mention of *M. beraudi* from the Zambezi River near Zumbaba, Mozambique, by Navás (1909), but this record has never been confirmed, and a confusion with a taxon of the *Neoperla spio* (Newman, 1839) species complex cannot be ruled out. Moreover, this specimen is apparently lost, as is the holotype of *M. beraudi* (Aubert 1956b). There are presently no other references to the genus *Marthamea* from Africa (Aubert 1956a; Miron 1972; Berthélemy 1973; Zwick 1984; Errochdi *et al.* 2014; DeWalt *et al.* 2019). Larval specimens of *M. bayae* from the Djurdjura Massif were previously misidentified as *Perla bipunctata* Pictet, 1833 by the last author (Errochdi *et al.* 2014, Fig. 3). The perlid stoneflies (brachypterous males and larvae) from Morocco collected by Vaillant (Aubert 1956a) and Aubert (1960), and stored in the MZL under the taxon names *Perla bipunctata* or *P. maxima* (Scopoli, 1763), were revised by the third author and found to belong to an undescribed species of the genus *Perla* Geoffroy, 1762, not to *Marthamea*. The presence of *Marthamea* in northern Africa, according to the present state of knowledge, hence seems to be restricted to the Djurdjura Massif of Kabylia.



FIGURE 19. *Marthamea vitripennis*, larva, submentum, ventral view. Aliakmonas river, Axios - Loudias - Aliakmonas National Park, Greece.

FIGURE 20. *Marthamea vitripennis*, larva, head, pronotum, mesonotum and metanotum, dorsal view. Aliakmonas river, Axios - Loudias - Aliakmonas National Park, Greece.

FIGURE 21. *Marthamea vitripennis*, larva, abdominal tergites, dorsal view. Aliakmonas River, Axios - Loudias - Aliakmonas National Park, Greece.

FIGURE 22. *Marthamea vitripennis*, larva, femora of hind leg. Aliakmonas river, Axios - Loudias - Aliakmonas National Park, Greece.

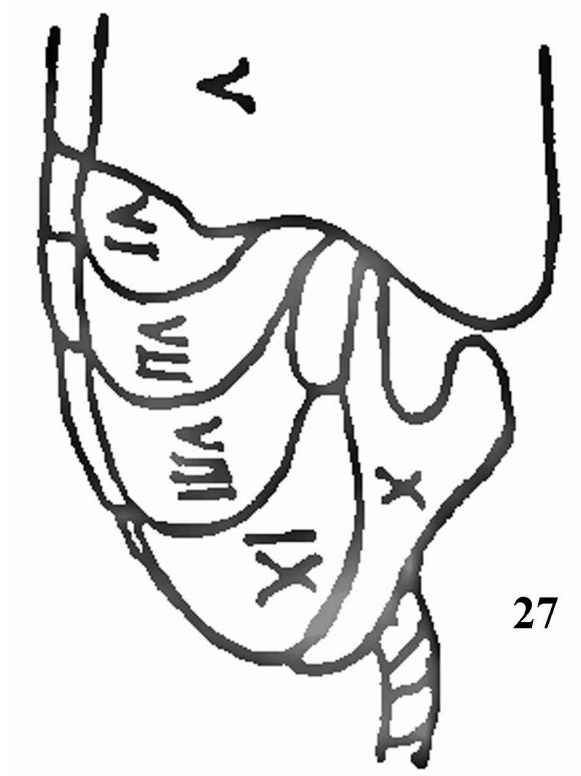


FIGURE 23. *Marthamea vitripennis*, larva, base of cerci, dorso-lateral view. Aliakmonas River, Axios - Loudias - Aliakmonas National Park, Greece.

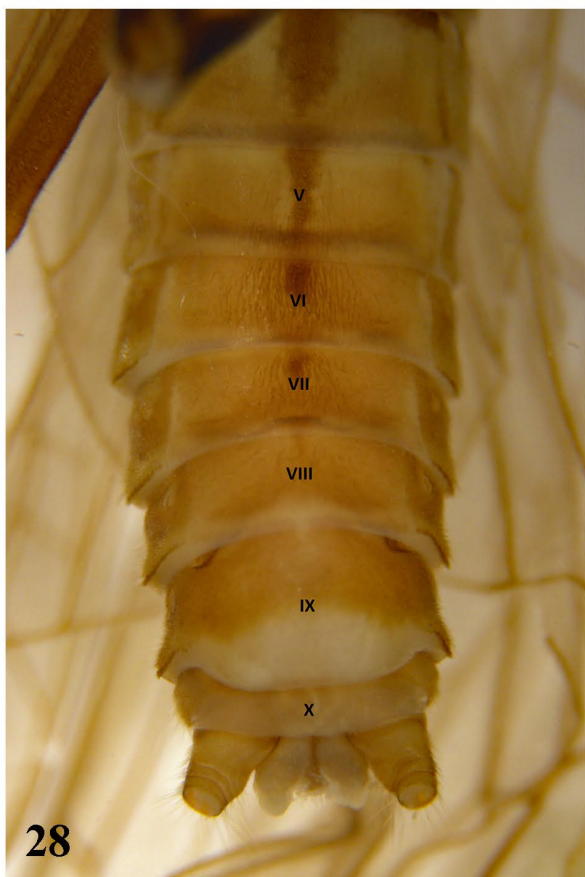
FIGURE 24. *Marthamea vitripennis*, head of adult male. Garonne river, Toulouse, Empalot, Haute-Garonne, France.

FIGURE 25. *Marthamea vitripennis*, hemitergite of adult male, lateral view. Garonne River, Toulouse, Empalot, Haute-Garonne, France.

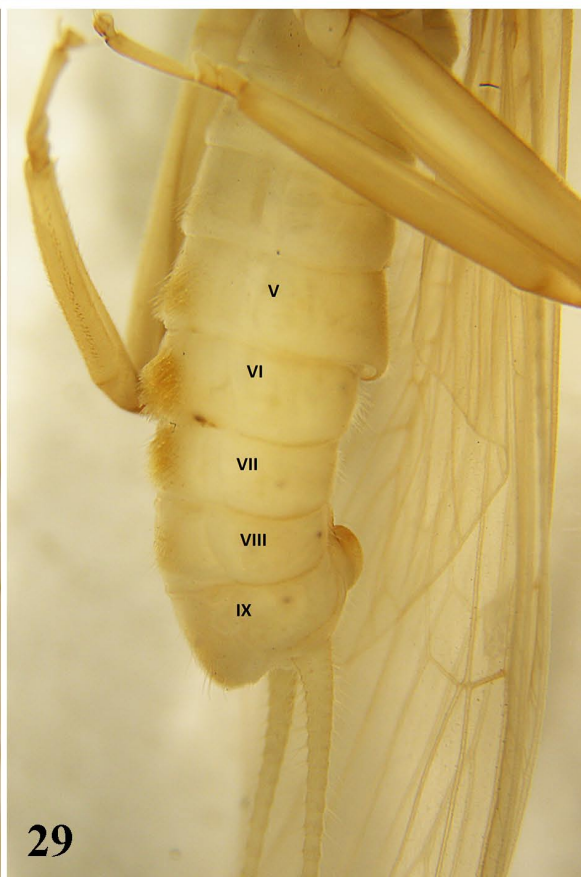
FIGURE 26. *Marthamea vitripennis*, hemitergites of adult male, dorsal view. Garonne River, Toulouse, Empalot, Haute-Garonne, France.



27



28



29

FIGURE 27. *Marthamea beraudi*, abdominal segments 5 to 10, lateral view (Navás 1909, fig. 3).

FIGURE 28. *Marthamea vitripennis*, adult male, abdominal sternites 5 to 10, ventral view. Aliakmonas river, Axios - Loudias - Aliakmonas National Park, Greece.

FIGURE 29. *Marthamea bayae* sp. n., adult male, abdominal sternites 5 to 9, dorso-lateral view. Paratype.

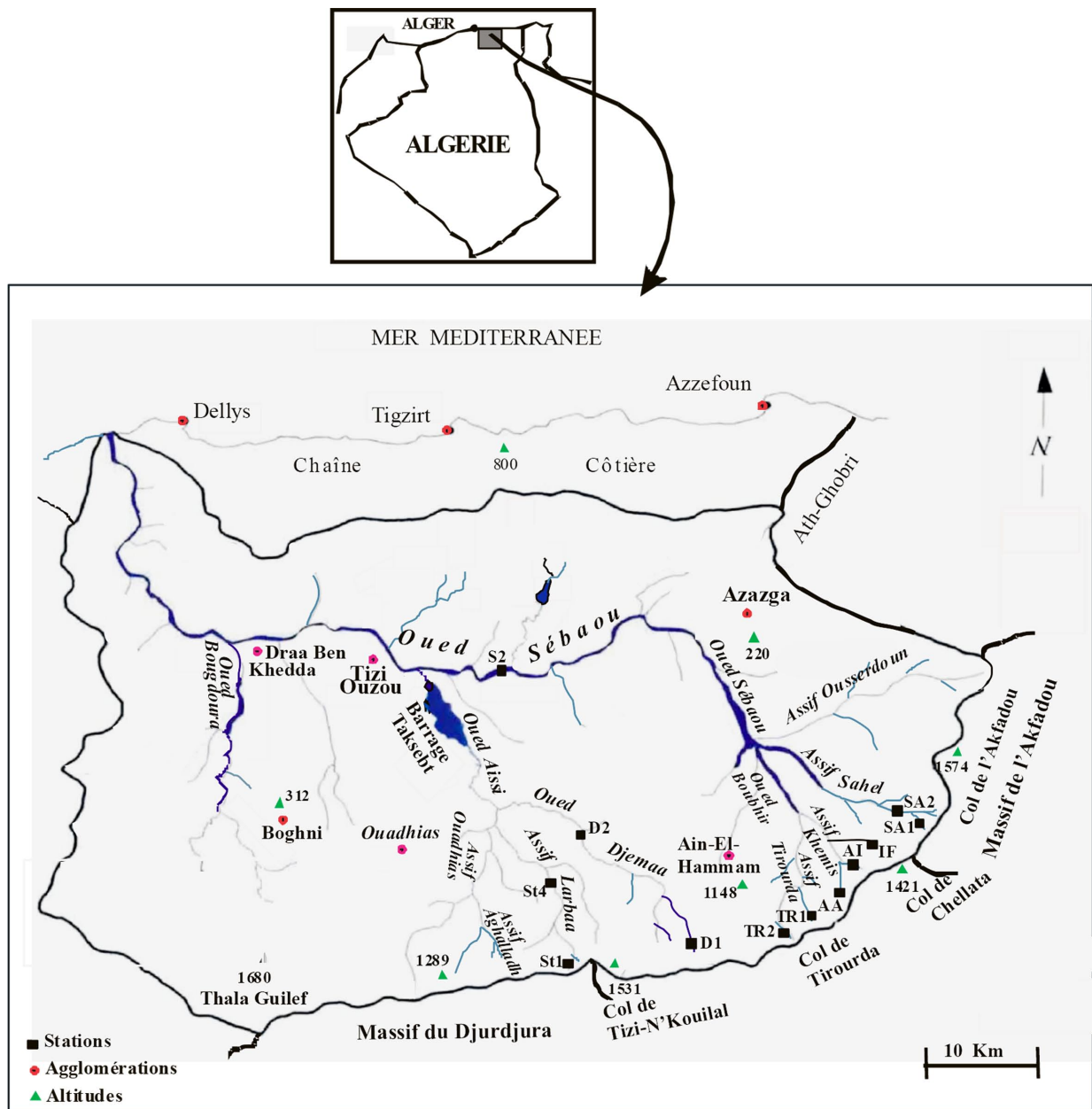


FIGURE 30. Study area and distribution map of *Marthamea bayae* sp. n. in Algeria



FIGURE 31. Sampling station ST1, torrent 200 m downstream of Arbailou spring, near village Ath Agad, 36.29105°, 4.09578°, 920 m a.s.l.

FIGURE 32. Sampling station ST4, temporary brook Assif Ouacif, near city Ouacif, 36.31251°, 4.12167°, 380 m a.s.l.

FIGURE 33. Sampling station D2, brook downstream of village Ath Hamsi, 36.32391°, 4.16595°, 350 m a.s.l.

FIGURE 34. Sampling station TR1, brook downstream of Col de Tirourda, 36.29069°, 4.21537°, 1120 m a.s.l.

The presently known distribution of the genus *Marthamea* appears to be disjunct: *Marthamea selysii* is reported from Spain as well as from the Moselle and Meuse river systems; one doubtful record is from Anatolia (Darilmaz *et al.* 2016). *Marthamea vitripennis* has been recorded from large rivers in Southern, Central and Eastern Europe, as well as from the Balkan Peninsula and Anatolia (Darilmaz *et al.* 2016). *Marthamea beraudi* is recorded from the Eastern Mediterranean and *M. bayae* from North Africa. The dispersal of *Marthamea* taxa might have been possible in the circum-Mediterranean region during the Messinian Salinity Crisis (5.96 to 5.33 Ma). During this period, the drying up of large parts of the Mediterranean Sea had caused the coastal rivers emptying into it not only to cut their beds much deeper by fluvial erosion (Gargani 2004; Tassy *et al.* 2014) but also to extend considerably the length of their lower reaches (Loget *et al.* 2005; Rubino *et al.* 2010), creating thereby favorable conditions for faunistic exchanges at the meeting points of their estuaries in the abyssal plain.

Acknowledgements

We are indebted to Dr. Dávid Murányi (Hungarian Natural History Museum, Budapest, Hungary) for the loan of material of *Marthamea vitripennis* from Greece. We are also grateful to Dr. Jean-Luc Gattolliat (Museum of Zoology, Lausanne, Switzerland) for the loan of material and for facilitating access to the museum's outstanding collection of Plecoptera. Special thanks go to Dr. Olivier Béthoux (Centre de Recherche sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France) for his invaluable help in describing the wing venation of *Marthamea*. We are also grateful to reviewers for helpful suggestions.

References

- Alouf, N.J. (1984) Cycle de *Marthamea beraudi* Navás dans un cours d'eau du Liban (Plecoptera) = Life cycle of *Marthamea beraudi* Navás in a Lebanese Stream (Plecoptera). *Annales de Limnologie*, 20 (1/2), 11–16.
<https://doi.org/10.1051/limn/1984003>
- Aubert, J. (1956a) Contribution à l'étude des Plécoptères d'Afrique du nord. *Bulletin de la Société entomologique suisse*, 29 (4), 419–436.
<https://doi.org/10.5169/seals-401292>
- Aubert, J. (1956b) Plécoptères décrits par le R. P. L. Navás, S. J. 4. Liste des types actuellement connus. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 29 (4), 437–445.
<https://doi.org/10.5169/seals-401293>
- Aubert, J. (1960 [publ. 1961]) Contribution à l'étude des Plécoptères du Maroc. *Bulletin de la Société entomologique suisse*, 33 (4), 213–222.
<https://doi.org/10.5169/seals-401393>
- Berthélemy, C. (1973) Données préliminaires sur les Plécoptères de Tunisie. *Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 18, 1544–1548.
<https://doi.org/10.1080/03680770.1973.11899641>
- Berthélemy, C. & Dia, A. (1982) Plécoptères du Liban (Insecta). *Annales de Limnologie*, 18 (2), 191–214.
<https://doi.org/10.1051/limn/1982009>
- Béthoux, O. (2005) Wing venation pattern of Plecoptera (Neoptera). *Illiesia*, 1, 52–81. Available from: <http://illiesia.speciesfile.org/papers/Illiesia01-09.pdf> (accessed 4 January 2019)
- Bromley, H.J. (1988) A note on the Plecoptera of Israel. *Israel Journal of Entomology*, 22, 1–12. Available from: <http://www.entomology.org.il/sites/default/files/pdfs/IJE-1988-bromley.pdf> (accessed 4 January 2019)
- Burmeister, H. (1838–1839) *Handbuch der Entomologie. Zweiter Band. Besondere Entomologie, Abteilung 2. 1–2. Hälfte. Kaukerfe. Gymnognatha*. Theod. Chr. Friedr. Enslin, Berlin, pp. 757–1050. [Plecoptera, pp. 863–881]
<https://doi.org/10.3931/e-rara-24060>
- Consiglio, C. (1961) Plecotteri di Sicilia e d'Aspromonte e classificazione delle *Isoperla* Europee. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, Prima Serie*, 9, 173–196, 1 pl.
- Darilmaz, M.C., Salur, A., Murányi, D. & Vinçon, G. (2016) Contribution to the knowledge of Turkish stoneflies with annotated catalogue (Insecta: Plecoptera). *Zootaxa*, 4074 (1), 1–74.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4074.1>
- Derridj, A. (1990) *Etude des populations de Cedrus atlantica M. en Algérie*. Dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse, 288 pp.
- DeWalt, R.E., Maehr, M.D., Neu-Becker, U. & Stueber, G. (2019) *Plecoptera Species File Online. Version 5.0/5.0*. Available from: <http://Plecoptera.SpeciesFile.org> (accessed 14 March 2019)

- Errochdi, S., El Alami, M., Vinçon, G., Abdaoui, A. & Ghamizi, M. (2014) Contribution to the knowledge of Moroccan and Maghrebin stoneflies (Plecoptera). *Zootaxa*, 3838 (1), 46–76.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3838.1.2>
- Fochetti, R. & Tierno de Figueroa, J.M. (2006) Notes on diversity and conservation of the European fauna of Plecoptera (Insecta). *Journal of Natural History*, 40 (41–43), 2361–2369.
<https://doi.org/10.1080/00222930601051386>
- Gargani, J. (2004) Modelling of the erosion in the Rhone valley during the Messinian crisis (France). *Quaternary International*, 121 (1), 13–22.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.01.020>
- Geoffroy, E.L. (1762) *Histoire abrégée des insectes qui se trouvent aux environs de Paris ; dans laquelle ces animaux sont rangés suivant un ordre méthodique. Vol. 2.* Durand, Paris, 690 pp. Available from: <https://ia802307.us.archive.org/23/items/histoireabrege21geof/histoireabrege21geof.pdf> (accessed 4 January 2019)
- Graf, W., Lorenz, A.W., Tierno de Figueroa, J.M., Lücke, S., López-Rodríguez, M.J. & Davies, C. (2009) *Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Vol. 2. Plecoptera.* Pensoft Publishers, Sofia, 262 pp. [Schmidt-Kloiber, A. & Hering, D. (Series Eds.)]
- Graf, W., Lorenz, A.W., Tierno de Figueroa, J.M., Lücke, S., López-Rodríguez, M.J., Murphy, J. & Schmidt-Kloiber, A. (2019) Dataset “Plecoptera”. www.freshwaterecology.info - the taxa and autecology database for freshwater organisms. Version 7.0. Available from: <http://www.freshwaterecology.info> (accessed 14 March 2019)
- Guérin-Ménéville, F.E. (1838) Genre Perle. In: Guérin-Ménéville, F.E. (Ed.), *Iconographie du Règne animal de G. Cuvier. Tom. II. Planches des Animaux invertébrés.* Baillière, Paris, pp. 393–395, pl. 63.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.10331>
- Illies, J. (1955) Steinfliegen oder Plecoptera. In: Dahl, M. & Bischoff, H. (Eds.), *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. Vol. 43.* Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 1–150.
- Klapálek, F. (1907) Die europäischen Arten der Gattung *Perla* Geoffr. *Bulletin international de l'Académie des Sciences de Bohême (Science, Mathematics, Nature)*, 12, 117–138. Available from: <http://www3.pms-lj.si/plecoptera/K/Klapalek-1907c.pdf> (accessed 4 January 2019)
- Klapálek, F. (1923) Pléoptères. II. Fam. Perlidae, subfam. Perlinae: monographische Revision. *Collections zoologiques du baron Edm. de Selys Longchamps, Catalogue systématique et descriptif*, 4 (2), 1–120, figs. 1–85. [posthumously edited by Jaromír Šámal]
- Loget, N., Van Den Driessche, J. & Davy, P. (2005) How did the Messinian Salinity Crisis end? *Terra Nova*, 17 (5), 414–419.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2005.00627.x>
- Lounaci, A. (2005) *Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie Tizi-Ouzou, Algérie.* Dissertation, Université de Tizi-Ouzou, Algérie, 208 pp.
- Lounaci, A. & Vinçon, G. (2005) Les Pléoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera). *Ephemera*, 6 (2), 109–124.
- Malicky, H. & Lounaci, A. (1987) Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Marokko (Trichoptera). *Opuscula zoologica Fluminensia*, 14, 1–20.
- McLachlan, R. (1895) A small contribution to a knowledge of the neuropterous fauna of Rhenish Prussia. *The Entomologist's monthly Magazine*, 31, 109–112.
- Miron, J. (1972) Note sur les Pléoptères du Maroc. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc, Rabat*, 52 (3/4), 215–218.
- Navás, L. (1909) Neurópteros de Siria (Beyrouth), recogidos por el P. Pedro Béraud S. J; Neurópteros de Egipto; Neurópteros de Zumbo (Africa Oriental Mozambique) coleccionados por el P. Lopes; Neurópteros del Congo (Africa Occidental) coleccionados por el P. L. Gregorio Patrício. *Broteiria. Seirie zooloigica*, 8 (3), 102–106. Available from: <https://ia802602.us.archive.org/26/items/broteria8190coll/broteria8190coll.pdf> (accessed 4 January 2019)
- Navás, L. (1929) Insectes névroptères et voisins de Barbarie, Pléoptères. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 20, 228–230.
- Newman, E. (1839) On the Synonymy of the Perlites, together with brief characters of the old, and of a few new species. Art. IV. *The Magazine of Natural History, New Series*, 3, (25–26), 32–37 + 84–90.
- Pictet, F.J. (1833) Mémoire sur les métamorphoses des Perles. *Annales des sciences naturelles*, 28, 44–65, pl. V (14 figs.); pl. VI (13 figs). Available from: <https://www.biodiversitylibrary.org/page/6096506> (accessed 4 January 2019)
- Pictet, F.-J. (1841–1842) *Histoire naturelle générale et particulière des insectes névroptères: première monographie: familles des Perlides.* J. Kessmann, Geneva; J.-B. Baillière, Paris, 2 vols. (Vol. 1: Text, 1–423 pp. [publ. 1841]; Vol. 2: Plates, 1–53, A. Cherbuliez, Geneva [publ. 1842]).
<https://doi.org/10.3931/e-rara-42534>
- Rostock, M. (1892) *Capnodes schilleri*, eine neue deutsche Perlide. *Berliner Entomologische Zeitschrift*, 37 (1), 1–5.
<https://doi.org/10.1002/mmnd.18920370103>
- Rubino, J.-L., Haddadi, N., Camy-Peyret, J., Clauzon, G., Suc, J.-P., Ferry, S. & Gorini, C. (2010) SPE 129526: Messinian Salinity Crisis expression along North African Margin. In: Society of Petroleum Engineers (Ed.), *North Africa Technical Conference and Exhibition 2010, Energy Management in a Challenging Economy, Cairo, Egypt, 14-17 February 2010.* Volume 2, pp. 1454–1458.

- <https://doi.org/10.2118/129526-MS>
- Scopoli, G.A. (1763) *Entomologia Carniolica exhibens insecta Carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates*, Ex typis Ioannis Thomae Trattner, Vindobonae (Vienna), 420 col.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.34434>
- Sivec, I., Stark, B.P. & Uchida, S. (1988) Synopsis of the world genera of Perlinae (Plecoptera: Perlidae). *Scopolia*, 16, 1–66.
Available from: <http://www2.pms-lj.si/pdf/Scopolia/Scopolia-16.pdf> (accessed 4 January 2019)
- Sroka, P., Staniczek, A.H. & Kondratieff, B.C. (2018) Rolling' stoneflies (Insecta: Plecoptera) from mid-Cretaceous Burmese amber. *PeerJ*, 6 (1), e5354.
<https://doi.org/10.7717/peerj.5354>
- Tassy, A., Fournier, F. *et al.* (2014) Discovery of Messinian canyons and new seismic stratigraphic model, offshore Provence (SE France): Implications for the hydrographic network reconstruction. *Marine and Petroleum Geology*, 57, 25–50.
<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.05.001>
- Tierno de Figueroa, J.M., Sánchez-Ortega, A., Membiela-Iglesias, P. & Luzón-Ortega, J.M. (2003) Plecoptera. In: Ramos, M.A., Alba-Tercedor, J., Bellés, X., Gosálbez, J., Guerra, A., Macpherson, E., Serrano, J. & Templado, J. (Eds.), *Fauna Ibérica. Vol. 22*. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC, Madrid, 404 pp.
- Vaillant, F. (1953) Une espèce nouvelle du genre *Beraea* Stephens en Algérie (Trichoptera), *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 44, 4–8.
- Yasri-Cheboubi, N., Vinçon, G. & Lounaci, A. (2013a) A new *Amphinemura* from Central Maghreb (Algeria, Tunisia): *A. berthemyi* sp. n. (Plecoptera: Nemouridae). *Bulletin de la Société entomologique suisse*, 86 (1/2), 25–33.
<https://doi.org/10.5169/seals-403059>
- Yasri-Cheboubi, N., Vinçon, G. & Lounaci, A. (2013b) A review of the Algerian Leuctridae with the description of *Leuctra dhyae* sp. n. from central Algeria (Plecoptera: Leuctridae). *Bulletin de la Société entomologique suisse*, 86 (3/4), 175–188.
<https://doi.org/10.5169/seals-403070>
- Yasri-Cheboubi, N., Vinçon, G. & Lounaci, A. (2016) The Nemouridae from Algeria (Insecta: Plecoptera). *Zoosystema*, 38 (3), 295–308.
<https://doi.org/10.5252/z2016n3a1>
- Zwick, P. (1984) *Marthamea beraudi* (Navás) and its European congeners (Plecoptera : Perlidae) = *Marthamea beraudi* (Navás) et ses congénères européens (Plecoptera : Perlidae). *Annales de Limnologie*, 20 (1/2), 129–139.
<https://doi.org/10.1051/limn/1984005>
- Zwick, P. (2004) A key to the West Palearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. *Limnologica*, 34, 315–348.
[https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80004-5](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80004-5)

Les Trichoptères

3- Les Trichoptères

Les Trichoptères constituent l'un des groupes d'invertébrés benthiques les plus importants de la biodiversité aquatique continentale et sont parmi les groupes d'insectes les plus diversifiés de point de vue taxonomique et écologique. Ils sont utilisés comme indicateurs de la biodiversité des écosystèmes aquatiques (WILLIAMS & FELTMATE, 1992 ; WIGGINS, 2004) et présentent un large éventail de traits biologiques (GRAF et *al.*, 2008). En effet, ils jouent un rôle primordial, aussi bien en termes de biodiversité et de leur fonction dans les réseaux hydrographiques que dans la production et la stabilité des écosystèmes (WALLACE & WEBSTER, 1996). De plus, ils ont la capacité de refléter l'intensité des différents facteurs de stress affectant les écosystèmes aquatiques (GRAF et *al.*, 2008).

Sur plus de 14500 espèces décrites pour l'ordre des Trichoptères (MORSE, 2014), 926 sont cités dans le bassin méditerranéen (TIERNO DE FIGUEROA et *al.*, 2012) avec plus de 100 espèces enregistrées, jusqu'à présent, dans les pays du Maghreb (NAVÁS, 1934 ; MALICKY & LOUNACI, 1987 ; DAKKI, 1978, 1982 ; TAYOUB, 1989 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; BOUMAÏZA, 1994 ; ALLAYA, 2003 ; LOUNACI et *al.*, 2000a ; KUMANSKI, 2006 ; TOBIAS & TOBIAS 2008 ; HAJJI et *al.*, 2012 ; HAJJI et *al.*, 2013 ; SEKHI et *al.*, 2016).

Les Trichoptères d'Algérie sont peu connus. La plupart des travaux sur ce groupe d'insectes ne fournissent que des données fragmentaires et ponctuelles (MORTON, 1896, 1898 ; NAVÁS, 1917 et 1928 ; LESTAGE, 1925 ; GAUTHIER, 1928 ; SEURAT, 1930 ; VAILLANT, 1954, 1955 ; ARAB et *al.*, 2004 ; BENMMOUSSAT-DEKKAK & ABDELLAOUI-HASSAINE, 2017).

Quand aux travaux dédiés exclusivement aux Trichoptères, seules trois études ont été réalisées, celle de MALICKY & LOUNACI (1987) sur la taxonomie et la faunistique des Trichoptères de Tunisie, d'Algérie et du Maroc, celle de SEKHI et *al.* (2016) sur les Trichoptères de la Kabylie, et celle de SEKHI et *al.* (2019) sur la description de *Limnephilus barbagaensis* n.sp. d'Algérie, et la découverte de *Micropterus testacea* dans le Maghreb.

Ce travail, axé sur l'étude des données faunistiques, a pour objet l'analyse de la répartition des espèces selon l'altitude et l'habitat, et doit contribuer à une meilleure connaissance des éléments de ce groupe d'insectes et de leur distribution.

3.1.- Analyse du peuplement

3.1.1.- Faunistique

Les Trichoptères récoltés dans les cours d'eau étudiés sont beaucoup plus abondants et plus fréquents que les Plécoptères et les Coléoptères. Un total de 3401 individus a été recensé dans les 30 stations prospectées, soit 18,68 % de la faune totale. Ils se répartissent en 19 taxa

Chapitre III : La faune – Trichoptera

appartenant à 10 familles et 12 genres dont neuf sont mono spécifiques, 11 sont identifiés au niveau spécifique et huit au niveau générique (tableau XII).

La composition générique du peuplement est relativement riche et variée. Elle est constituée de 12 genres dont les Hydropsychidae (deux genres, huit espèces) sont les plus diversifiés. Les autres familles sont faiblement représentées :

- Hydroptilidae deux genres, deux espèces ;
- Glossosomatidae un genre, deux espèces ;
- Rhyacophilidae un genre, une espèce ;
- Philopotamidae un genre, une espèce ;
- Polycentropodidae un genre, une espèce ;
- Psychomyiidae un genre, une espèce ;
- Goeridae un genre, une espèce ;
- Brachycentridae un genre, une espèce ;
- Uenoidae un genre, une espèce.

Par rapport aux Trichoptères des régions voisines, la richesse taxonomique du peuplement Trichoptérologique des cours d'eau étudiés ici est faible : Rif 41 espèces (HAJJI et *al.*, 2013), Moyen-Atlas 46 espèces (DAKKI, 1987b), Haut-Atlas 34 espèces (BOUZIDI, 1989 ; GIUDICELLI & ORSINI, 1986), Khroumirie 45 espèces (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; BOUMAÏZA, 1994).

Chapitre III : La faune – Trichoptera

Tableau XII : Répartition des Trichoptères aux stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1 m²).

Stations	Oued Sébaou (s.s.)	Sous-bassin de l'oued Boubhir											Sous-bassin de l'oued Aïssi												Sous-bassin de l'oued Bougdoura								
	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	TR2	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	TG1	TG2	TG3	TG4			
Esp. / Alt.	160	1000	870	1170	1140	430	370	200	1010	1080	1120	1045	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	1040	950	600	290	1450	850	900	500			
Rhyacophilidae																																	
<i>Rhyacophila munda</i>	3	17	15	20	10	17	3	4	8	15	9	7	34		8	8	9	3	5	3	26	99	11	6	92	15	28	6	40	17			
Glossosomatidae																																	
<i>Agapetus numidicus</i>																45	36	3															
<i>Agapetus sp.</i>				21				3		3					9		50	45	45	3						3		3		3			
Hydroptilidae																																	
<i>Hydroptila vectis</i>			4	17	35	34	13	3	3		5		32								4												
<i>Allotrichia sp.</i>		4	4	17	50	34	13	7	8		4	6	13								4		3	27	9		11						
Philopotamidae																																	
<i>Wormaldia sp.</i>				10	6				3	3	3		3	4		3					3							3					
Hydropsychidae																																	
<i>Cheumatopsyche atlantis</i>																4	47	20	35														
<i>Cheumatopsyche sp.</i>				4							3					4					3												
<i>Hydropsyche fezana</i>				50	75	30	3		3	16	3				6						47	3		3	9	3	24	18	34	26			
<i>Hydropsyche lobata</i>	19		3	4	3	8	52	66	3	3	8	4	3		8					17	15	26	59		3	9	3	24	18	34	26		
<i>Hydropsyche obscura</i>			3	50	80		5		6	32	22	6	37		46						34	22	6	17	36	3	17	33	30	70			
<i>Hydropsyche punica</i>																	3	3	9														
<i>Hydropsyche resmineda</i>	6							9									6	28	35														
<i>Hdropsyche groupe pellucidula</i>	21	8	3	22	18	48	44	17	5		15		6		14			17			7	5		4	3	16			3	10			
Polycentropodidae																																	
<i>Polycentropus kingi</i>				3	3	3			3		3	3	3			3	3				3	3		3	3	4	52	13	13	3			
Psychomyiidae																																	
<i>Tinodes sp.</i>				3	3				3	3	3	3	3			3				8	3	3				3	23	41					
Goeridae																																	
<i>Silonella aurata</i>										3						23	18																
Brachycentridae																																	
<i>Micrasema sp.</i>		3		16	36			3	3	3	3		3										3		3	5							
Uenoidea																																	
<i>Thremma sp.</i>																3	3																

3.1.2.- Richesse spécifique

La communauté des Trichoptères des cours d'eau étudiés est peu diversifiée comparativement à celle du Maroc (HAJJI et *al.*, 2013) et du Sud ouest de la France (VERNEAUX, 1973), riche en éléments sténothermes. La richesse spécifique est plus marquée dans les tronçons à couvert végétal assez dense, à courant modéré et à températures estivales peu élevées (fig. 16).

Le nombre d'espèces le plus élevé (13, 12, 11 espèces) est observé dans les stations SA1, TR1, A1, O1, SA2 : cours d'eau de montagne d'altitude comprise entre 1170 et 850 m, à couvert végétal dense (composé de feuillus), à courant rapide à moyen, à température relativement fraîche (8 – 16 °C), puis diminue sous des conditions écologiques différentes notamment en fonction de plusieurs facteurs plus ou moins liés, comme la structure granulométrique du fond, la végétation bordante, la température de l'eau et l'intensité de la pollution. En effet, les ruisseaux de sources d'altitude (TK1, TK2, IG1, O3), paraissent peu favorables au développement des Trichoptères. Elles comptent respectivement une, une, trois et quatre espèces. Une telle régression du nombre d'espèces dans ces ruisseaux est vraisemblablement liée aux conditions morphodynamiques et environnementales : fond érodé, couvert végétal absent ou clairsemé, réduction où intermittence du débit. De même, en basse altitude (stations S1, alt. 160 m), où la température de l'eau est assez élevée, la végétation bordante très éparse et les impacts humains modérés, le nombre d'espèces est également réduit : quatre espèces.

Quand aux stations de moyenne montagne et de piémont, elles présentent une richesse spécifique variant entre six et neuf espèces. Les espèces appartenant principalement à la famille des Hydropsychidae, connues pour leur rhéophilie, y abondent.

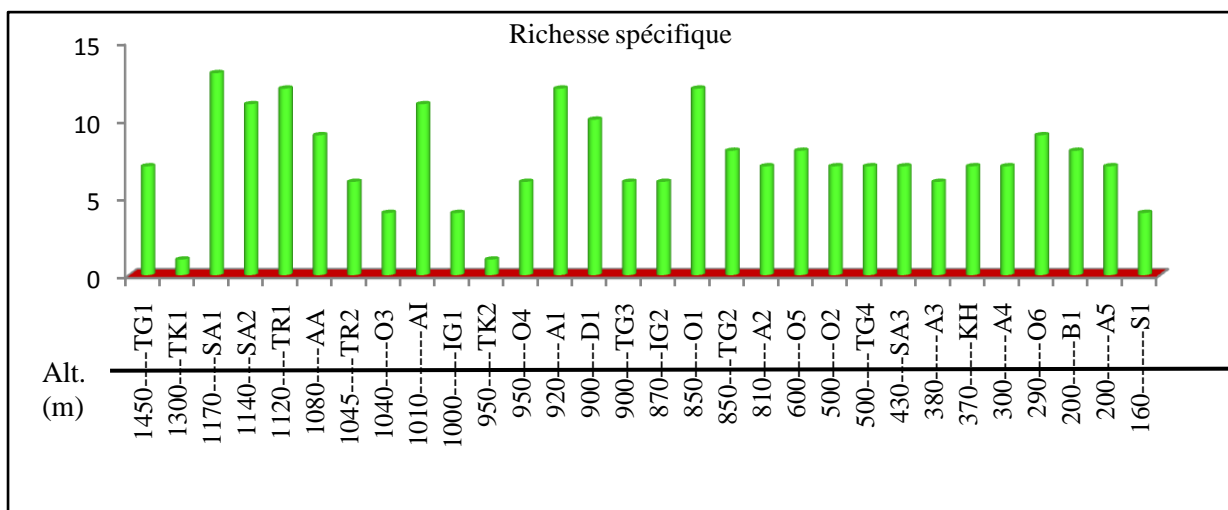


Figure 16 : Evolution de la richesse spécifique des Trichoptères recensés en fonction de l'altitude dans les 30 stations étudiées

3.1.3.- Abondance et occurrence des espèces recensées

Les Trichoptères vivent dans tous les types d'habitats du crénon au potamon. Les larves colonisent les substrats divers.

La prospection des 30 stations nous a permis de récolter un total de 3401 individus. La famille des Hydropsychidae avec 1826 individus est la plus abondante. Elle totalise à elle seule (53,7 %) des récoltes. Les autres familles sont faiblement représentées : Rhyacophilidae 538 ind. (soit 15,81 %), Hydroptilidae 364 ind. (soit 10,7 %), Glossosomatidae 272 ind. (8 %), Polycentropodidae 124 ind. (3,64 %), Psychomyiidae 105 ind. (3,08 %), Brachycentridae 81 ind. (2,38 %), Goeridae 44 ind. (1,3 %), Philopotamidae 41 ind. (1,2 %), Uenoidae 6 ind. (0,17 %) (annexe 11).

Les 19 taxons recensés au cours de notre étude affectionnent principalement les milieux rhéophiles. Les densités élevées sont enregistrées aussi bien dans les stations de montagne que celles de piémont et de basse altitude, mais principalement dans les faciès lotiques. Il n'existe pas de variations d'abondance selon un gradient altitudinal dans les cours d'eau étudiés. La granulométrie du substrat (grossière), l'importance de la végétation bordante (feuillus), la vitesse du courant (rapide à modérée) et la température de l'eau constituent les facteurs physiques favorisant la prolifération des Trichoptères.

La figure 17 visualise graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des espèces récoltées aux 30 stations étudiées. Elles peuvent être classées en trois groupes :

▪ Espèces dominantes

Rhyacophila munda, *Hydropsyche fezana*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche obscura*, sont les espèces dominantes de la communauté, elles sont fréquentes (OR > 7,6 %), et de plus, elles constituent les populations larvaires les plus denses des cours d'eau étudiés. Elles totalisent à elles seules 1859 individus (soit 54,6 %). Elles colonisent tous les types d'habitats d'eau courante, depuis les ruisseaux de sources jusqu'aux cours d'eau de basse altitude.

Deux autres espèces de la communauté à large amplitude écologique peuvent être considérées appartenant à ce groupe. Il s'agit de *Allotrichia* sp. et de *Hydropsyche* groupe *pellucidulla*. Elles sont fréquentes (OR 7,17 % et 8,96 %) et abondantes (AR 6,3 % et 8,4%).

▪ Espèces qui peuvent être qualifiées d'assez fréquentes et d'assez abondantes

Ce sont en général des espèces à populations plus ou moins denses à amplitude altitudinale assez large. Il s'agit de *Agapetus* sp. (AR 5,52 %, OR 4,93 %), *Hydroptila vectis* (AR 4,41 %, OR 4,48 %), *Polycentropus kingi* (AR 3,64 %, OR 8,07 %) et *Tinodes* sp (AR 3,08 %, OR 6,27 %). La zone de piémont constitue en fait, leur limite inférieure de distribution.

Chapitre III : La faune – Trichoptera

A ce groupe, nous pouvons rajouter *Wormaldia* sp. et *Micrasema* sp., espèces à distribution fragmentée dans les cours d'eau étudiés. Elles sont peu abondantes (AR 1,2 % et 2,38 %) mais assez fréquentes (OR 4,48 % et 4,93 %).

▪ Espèces très peu fréquentes et très peu abondantes

Elles sont récoltées dans deux, trois ou quatre stations des cours d'eau étudiés. Ce sont en général :

- des espèces à tendance sténothermes et rhéophiles inféodées aux cours d'eau de moyenne montagne (alt. 1170 – 810 m) : *Agapetus numidicus*, *Cheumatopsyche* sp., *Silonella aurata* et *Thremma* sp.

- des espèces thermophiles peuplant les habitats de basse altitude : *Hydropsyche punica*, *Hydropsyche resmineda*, *Cheumatopsyche atlantis*.

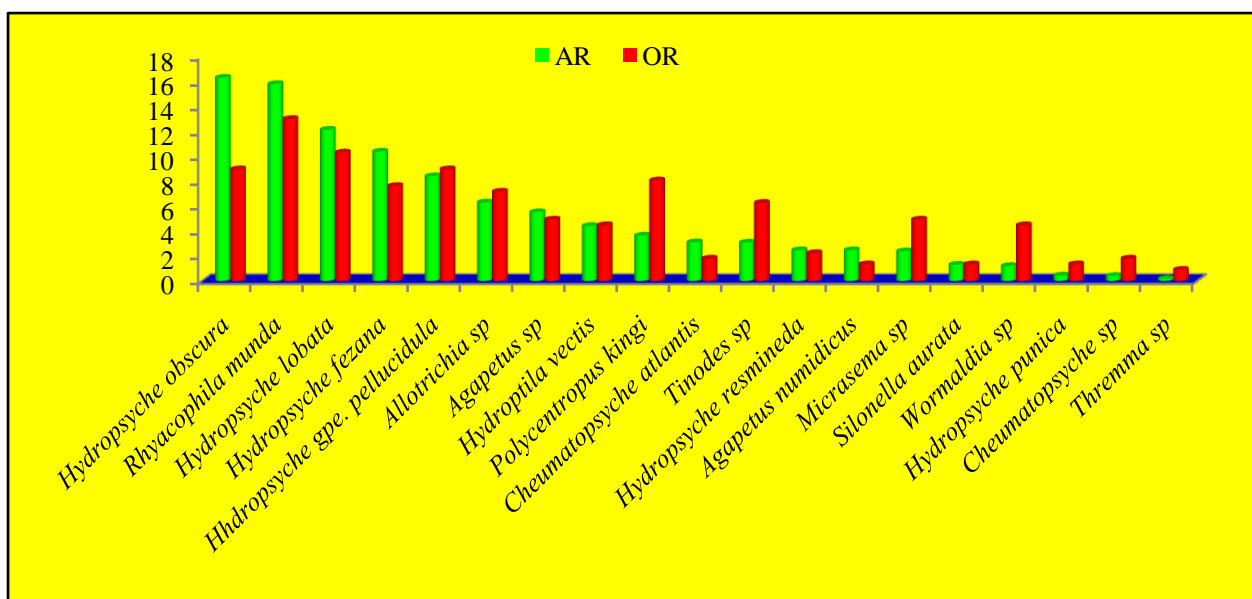


Figure 17 : Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées

3.2.- Limites altitudinales des espèces

Les Trichoptères récoltés dans les cours d'eau étudiés ici correspondent dans leur globalité au peuplement des cours d'eau rapide à modéré.

L'analyse de la distribution longitudinale des espèces permet de répartir les éléments de ce peuplement en deux grands groupes bien individualisés (tableau XIII).

Sur les 19 taxa recensés, huit ont une répartition limitée à une seule zone des cours d'eau étudiés. Ils colonisent les ruisseaux de sources, les cours d'eau de moyenne montagne ou de basse

Chapitre III : La faune – Trichoptera

altitude. Ils ont un réel intérêt pour la zonation des cours d'eau et apparaissent comme indicateurs de zones. Ils peuvent être scindés en trois sous-groupes :

- Le premier sous-groupe est formé d'éléments sténothermes d'eau froide caractéristiques des habitats d'altitude supérieure à 800 m qui semblent constituer leurs habitats refuges. Ils colonisent les ruisseaux de sources de montagne. Les espèces hébergées sont *Silonella aurata*, *Cheumatopsyche* sp., *Wormaldia* sp. et *Thremma* sp. Leur développement s'accommode de températures maximales relativement basses.

- Le second sous- groupe, composé d'une seule espèce *Agapetus numidicus*, rhéophile et à tendance sténotherme d'eau froide. Ses limites altitudinales supérieures sont moins élevées que celles du sous-groupe précédent. Elle a pour habitat les torrents de moyenne montagne à courant rapide et à couvert végétal assez dense (300 < alt. < 1000 m). elle ne supporte pas le réchauffement de la basse vallée, les piémonts constituent, en fait, sa limite inférieure de distribution.

- Le troisième sous-groupe est composé de taxons thermophiles caractéristiques des habitats du potamal. Il s'agit de *Hydropsyche resmineda*, *Hydropsyche punica* et *Cheumatopsyche atlantis*, localisées dans les zones de plaine et de piémont. Le dernier élément peut, par ailleurs, selon LOUNACI (2005), être présent à des altitudes plus élevées dans les autres régions Ouest-méditerranéennes.

- Le second grand groupe est composé d'espèces plus distribuées que les précédentes : *Rhyacophila munda*, *Hydroptila vectis*, *Hydropsyche fezana*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche obscura*, *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche* groupe *pellucidula*, *Agapetus* sp., *Allotrichia* sp., *Tinodes* sp. et *Micrasema* sp. Ces espèces ont une large distribution le long des cours d'eau étudiés et apparaissent comme des formes eurytopes à large valence écologique. Elles colonisent pour la plupart, tous les types d'habitats depuis les ruisseaux de montagne jusqu'aux cours d'eau de basse altitude.

Chapitre III : La faune – Trichoptera

Tableau XIII : Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Trichoptères recensés en fonction de l'altitude

Altitude (m) / Espèces	Alt. ≥ 1000	500 < Alt. < 1000	Alt. 500 - 300	Alt. < 300
<i>Silonella aurata</i>	3	41	0	0
<i>Cheumatopsyche</i> sp.	7	7	0	0
<i>Wormaldia</i> sp.	29	12	0	0
<i>Thremma</i> sp.	0	6	0	0
<i>Agapetus numidicus</i>	0	81	3	0
<i>Cheumatopsyche atlantis</i>	0	4	67	35
<i>Hydropsyche punica</i>	0	0	6	9
<i>Hydropsyche resmineda</i>	0	0	34	50
<i>Agapetus</i> sp.	24	15	98	51
<i>Hydropsyche lobata</i>	28	101	139	145
<i>Tinodes</i> sp.	41	50	3	11
<i>Hydroptila vectis</i>	60	40	47	3
<i>Micrasema</i> sp.	67	6	0	8
<i>Polycentropus kingi</i>	67	44	9	4
<i>Hydropsyche</i> groupe <i>pellucidula</i>	68	40	124	54
<i>Allotrichia</i> sp.	103	57	47	7
<i>Rhyacophila munda</i>	125	244	144	25
<i>Hydropsyche fezana</i>	171	117	62	3
<i>Hydropsyche obscura</i>	219	236	97	3

3.3.- Ecologie des espèces inventoriées

Les prospections réalisées dans les cours d'eau étudiés ont permis de recenser 19 taxons dont 11 espèces, déjà citées dans les travaux antérieurs. Ils appartiennent à 10 familles et à 12 genres.

- **Famille des Rhyacophilidae** Stephens, 1836

En Algérie, la famille des Rhyacophilidae est représentée par un seul genre *Rhyacophila* avec deux espèces : *Rhyacophila munda* et *Rhyacophila urgl* (absente dans nos récoltes)

- *Rhyacophila munda* McLachlan, 1862

Aire de répartition :

R. munda est un élément à distribution Ouest Paléarctique. Il est connu du Sud-ouest de l'Europe et du Maghreb.

Il est cité de la Péninsule Ibérique (VIEIRA-LANERO, 2000 ; BONADA et al., 2008), d'Algérie (LESTAGE, 1925 ; GAUTHIER, 1928 ; LOUNACI, 1987; AÏT MOULOUD, 1988 ;

Chapitre III : La faune – Trichoptera

TOBIAS & TOBIAS, 2008 ; SEKHI et *al.*, 2016), du Maroc (GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; AJAKANE, 1988 ; BOUZIDI, 1989 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; TOUABAY et *al.*, 2002 ; CHILLASSE & DAKKI, 2004 ; ALAOUI, 2006 ; HAJJI et *al.*, 2013) et de Tunisie (KRAÏEM, 1986 ; MALICKY & LOUNACI, 1987 ; KUMANSKI, 2006).

Ecologie :

R. munda est, selon GONZÁLEZ (1988), VIEIRA-LANERO (2000) et RUÍZ-GARCÍA et *al.* (2001) le Trichoptère le plus adapté aux contrastes du climat méditerranéen et, selon DAKKI (1987b), BOUZIDI (1989), HAJJI et *al.* (2013) et LOUNACI (2005) le mieux représenté en Afrique du Nord. Dans les cours d'eau Rif, du Moyen-Atlas et du Haut-Atlas, il forme les populations d'invertébrés les plus abondantes entre 1600 et 40 m d'altitude.

En Tunisie, *R. munda* est observée dans les cours d'eau de piémont (400 – 250m) (KRAÏEM, 1986). Elle prolifère dans des habitats à substrat composé essentiellement des pierres et de graviers et un couvert végétal assez dense.

En Algérie, LOUNACI (2005) et SEKHI et *al.* (2016) s'accordent à dire qu'il s'agit d'une espèce à large valence écologique habitant les différents secteurs des cours d'eau, depuis les émissaires de sources et les torrents de montagne jusqu'aux cours d'eau de plaine (1170 – 200m).

Dans les cours d'eau étudiés, *R. munda* est considéré parmi le Trichoptère le plu abondant et les plus fréquent, il occupe une zone altitudinale très large depuis les stations les plus basses (160 m) jusqu'à 1450 m d'altitude. Nous l'avons récolté dans 29 stations sur les 30 prospectées, aussi bien dans les sections des cours d'eau rapide que dans les zones à courant modéré à lent. Il réalise son optimum écologique dans les zones de piémont et de moyenne montagne.

▪ **Famille des Glossosomatidae** Wallengren, 1891

En Algérie, la famille des Glossosomatidae est représentée par un seul genre et trois espèces : *Agapetus numidicus*, *Agapetus fuscus* et *Agapetus incertulus*. Les deux dernières sont absentes dans nos récoltes.

• *Agapetus numidicus* Vaillant, 1954

Aire de répartition :

A. numidicus est une espèce à distribution Ouest Méditerranéenne. Elle est largement répandue dans la Péninsule Ibérique et l'Afrique du Nord (TOBIAS & TOBIAS, 2008).

Au Maghreb, elle est connue d'Algérie (VAILLANT, 1954 ; LOUNACI, 1987, 2005 ; MALICKY & LOUNACI, 1987 ; SEKHI et *al.*, 2016) et de Tunisie (MALICKY & LOUNACI, 1987). Elle est absente au Maroc.

Chapitre III : La faune – Trichoptera

Ecologie :

A. numidicus, espèce typiquement Ouest Méditerranéenne et hémisténotherme, est considérée comme caractéristique des cours d'eau rapides des zones de moyenne montagne et de piémont.

En Algérie, selon LOUNACI (2005) et SEKHI et al. (2016), *A. numidicus* a un spectre écologique assez étroit. Ces auteurs la qualifient d'espèce rhithrophile et à tendance sténotherme d'eau froide.

Dans nos prélèvements, cette espèce est peu abondante et peu fréquente. Elle est récoltée dans trois stations (A1, A2, A3) entre 920 et 380 m d'altitude, dans des biotopes à granulométrie mixte (galets, graviers), à courant rapide à modéré, à végétation bordante assez dense et à température de l'eau relativement basse. Elle présente vraisemblablement un caractère rhéophile et sténotherme d'eau froide.

- ***Agapetus* sp.**

Cet élément est morphologiquement différent du taxon précédent. Les larves sont difficilement identifiables dans l'état actuel des connaissances. La récolte d'imagos mâles est plus que nécessaire pour statuer sur ce taxon et pouvoir mieux connaître son écologie.

Dans les cours d'eau étudiés, nous l'avons récolté dans 11 stations entre 1170 et 200 m d'altitude, aussi bien dans les secteurs des cours d'eau rapides que dans les zones à courant modéré à lent.

- **Famille des Hydroptilidae** Stephens, 1836

En Algérie, la famille des Hydroptilidae est assez diversifiée. Elle est représentée par six genres et 17 espèces. Dans nos récoltes, seuls deux taxa appartenant à deux genres (*Hydroptila* et *Allotrichia*) ont été observés.

- ***Hydroptila vectis*** Curtis, 1834

Aire de répartition :

H. vectis est une espèce à distribution Paléarctique. Elle couvre l'Europe (BONADA et al., 2004 ; MALICKY, 2005 ; SIPAHILER, 2005 ; GULLEFORS, 2008 ; UJVAROSI et al., 2008 ; IVANOV, 2011 ; CORALLINI et al., 2013 ; MARTÍNEZ-MENÉNDEZ et al., 2015), le Sud-ouest de l'Asie (GONZÁLEZ et al., 1992) et le Maghreb (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; TOBIAS & TOBIAS, 2008).

Elle est connue d'Algérie (MORTON, 1896 ; SEKHI et al., 2016), du Maroc (GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; BOUZIDI, 1989 ; DAKKI, 1987b ; TOUABAY et al., 2002 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; ALAOUI, 2006 ; HAJJI et al., 2013) et de Tunisie (MALICKY & LOUNACI, 1987).

Chapitre III : La faune – Trichoptera

Ecologie :

Dans la Péninsule Ibérique, *H. vectis* est une espèce largement répandue (BONADA et al., 2008), elle peuple principalement les cours d'eau de moyenne montagne et de basse altitude (VIEIRA-LANERO, 2000).

Au Maroc, l'espèce est signalée de plusieurs localités du Rif (ALAOUI, 2006 ; HAJJI et al., 2013), du Haut-Atlas (AJAKANE, 1988 ; BOUZIDI, 1989) et du Moyen-Atlas (DAKKI, 1987b) entre 2040 et 600 m. Ces auteurs lui attribuent comme biotope caractéristique les cours d'eau de moyenne montagne et les ruisseaux de haute altitude.

En Algérie, les investigations entreprises dans les cours d'eau de Kabylie ont montré la présence de cette espèce dans les eaux continentales algériennes. Il s'agit, selon SEKHI et al. (2016), d'une espèce commune largement répartie entre 1170 et 190 m d'altitude.

Dans les cours d'eau étudiés, *H. vectis* est largement répartie, nous l'avons échantillonnée depuis les stations d'altitude (1170 m) jusque dans les biotopes de plaine (200 m). Ses populations les plus denses sont enregistrées dans les biotopes des ruisseaux de sources (stations SA2, alt. 1140 m), dans des sections à courant rapide à modéré et à substrat pierreux.

- ***Allotrichia* sp.**

Ce taxon ne peut faire l'objet d'analyse écologique à cause des difficultés de systématique. Les larves récoltées sont jeunes. Néanmoins, les fourreaux sont construits avec des filaments végétaux caractéristiques de ce genre. Elles occupent une large zone altitudinale depuis les stations les plus basses (200 m) jusqu'à 1450 m d'altitude. Cet élément semble être eurytherme et peuple des milieux variés.

- **Famille des Philopotamidae** Stephens, 1829

En Algérie, la famille des Philopotamidae est représentée par deux genres : *Wormaldia* et *Chimara* (absents dans nos prélèvements).

- ***Wormaldia* sp.**

Le genre *Wormaldia* est cité que de deux localités d'Algérie : forêt de l'Akfadou (GAUTHIER, 1928 ; VAILLANT, 1954) et Kabylie du Djurdjura (SEKHI et al., 2016).

Selon GIUDICELLI & DAKKI (1984), EL ALAMI & DAKKI (1998) et SEKHI et al. (2016), les éléments du genre *Wormaldia* sont rares et localisés. Ils montrent une nette préférence pour les ruisseaux froids d'altitude (1170 – 900 m).

Nos observations vont dans le même sens. En effet, *Wormaldia* sp. figure dans 10 stations entre 1300 et 850 m avec des densités très faibles. Il est inféodé aux habitats des ruisseaux de sources de montagne, mais il semble rechercher les biotopes froids ou frais (T° 4 –

Chapitre III : La faune – Trichoptera

15 °C). Les éléments de ce genre présentent vraisemblablement un caractère crénophile et sténotherme d'eau froide.

▪ Famille des *Hydropsychidae* Curtis, 1835

Les *Hydropsychidae* est la famille de Trichoptères la plus diversifiée en Algérie. Elle compte 14 espèces réparties en trois genres : *Hydropsyche* (11) *Cheumatopsyche* (deux) et *Diplictrona* (une).

Dans les cours d'eau étudiés, cette famille est représentée par deux genres (*Hydropsyche* et *Cheumatopsyche*) et huit espèces.

La richesse spécifique du genre *Hydropsyche* inventoriée ici mérite d'être soulignée. Elle est comparable à celle du Rif (huit espèces), du Moyen-Atlas (cinq), du Haut-Atlas (cinq), de Tunisie (cinq), des Pyrénées (six) et de Corse (trois) (LOUNACI, 2005 ; SEKHI et al., 2016).

• *Cheumatopsyche atlantis* Navás, 1930

Aire de répartition :

C. atlantis est une espèce endémique du Maghreb. Elle est connue d'Algérie (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; LOUNACI et al., 2000a ; SEKHI et al., 2016), du Maroc (DAKKI, 1978 ; EL AGBANI, 1984 ; BADRI, 1985 ; AJAKANE, 1988; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; CHILLASSE & DAKKI, 2004 ; HAJJI et al., 2013) et de Tunisie (MALICKY & LOUNACI, 1987).

Ecologie :

C. atlantis est une espèce thermophile, elle est mentionnée comme commune dans les différentes régions du Maghreb où elle prolifère dans les cours d'eau de basse altitude (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; TAYOUB, 1989 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; BONADA et al., 2008).

Dans les cours d'eau étudiés, *C. atlantis* figure dans quatre stations entre 810 et 200 m d'altitude. Elle réalise son optimum écologique dans les habitats de piémont et de basse altitude caractérisés par un écoulement de l'eau modéré, et un substrat hétérogène avec présence de végétation aquatique.

• *Cheumatopsyche* sp.

Les larves de *Cheumatopsyche* sp. sont difficilement identifiables dans l'état actuel des connaissances. La récolte d'adultes mâles est indispensable afin de statuer sur ce taxon.

Cheumatopsyche sp. est peu abondant (14 individus) et localisé. Le crénal semble être l'habitat préférentiel de cet élément. Nous l'avons récolté dans quatre stations (SA1, TR1, A1, O1) entre 1170 et 850 m d'altitude non loin des sources.

Chapitre III : La faune – Trichoptera

- *Hydropsyche fezana* Navás, 1935

Aire de répartition :

H. fezana est une espèce endémique Maghrébine. Elle est citée de plusieurs localités du Maghreb : massif de Mouzaïa et du Djurdjura (ARAB, 2004 ; SEKHI et al., 2016), du Rif et des Atlas marocains (GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; BOUZIDI, 1989 ; TAYOUB, 1989 ; OUAHSINE, 1993 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; ALAOUI, 2006 ; HAJJI et al., 2013 ; LAMRI et al., 2016). Elle est absente de Tunisie.

Ecologie :

H. fezana est mentionnée comme espèce très commune au Maghreb. Elle est eurytherme et à large distribution altitudinale. Elle est présente dans les ruisseaux d'altitude, les torrents de montagne et les cours d'eau de basse altitude (GIUDICELLI & DAKKI, 1984 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; LOUNACI, 2005 ; SEKHI et al., 2016).

Dans les cours d'eau étudiés, *H. fezana* est bien représentée dans nos récoltes. Elle est très fréquente et très abondante. Elle a un spectre écologique très large (1450 – 290 m) car elle constitue les populations abondantes dans presque tous les types d'habitats prospectés : petits ruisseaux à eau froide et à courant modéré, torrents froids de montagne, cours d'eau de piémont et de basse altitude.

- *Hydropsyche lobata* McLachlan, 1884

Aire de répartition :

H. lobata est un élément à distribution Ouest Méditerranéenne. Il est connu du Sud de l'Europe et de la Péninsule Ibérique (BONADA et al., 2008 ; VALLADOLID et al., 2011 ; MARTIN et al., 2014), d'Algérie (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; SEKHI et al., 2016), du Maroc (BOUZIDI, 1989 ; BERRAHOU et al., 2001 ; MAAMRI et al., 2005 ; ALAOUI, 2006 ; HAJJI et al., 2013 ; LAMRI et al., 2016) et de Tunisie (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; ALLAYA, 2003).

Ecologie :

H. lobata est une espèce commune dans les différentes régions du bassin Méditerranéen. Elle est eurytherme et à large distribution altitudinale.

En Espagne, sa limite altitudinale supérieure se situe vers 1470 m (MARTÍNEZ-MENÉNDEZ, 2014), mais elle est surtout abondante dans les cours d'eau de piémont et de basse altitude (560 – 160 m) (RUÍZ-GARCÍA et al., 2016).

En Afrique du Nord, on la trouve régulièrement dans les réseaux hydrographiques du Haut-Atlas, du Moyen-Atlas, du Rif, de la Kabylie et de Khroumirie (GIUDICELLI & DAKKI,

Chapitre III : La faune – Trichoptera

1984 ; DAKKI, 1987b ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; ALLAYA, 2003 ; HAJJI et *al.*, 2013 ; SEKHI et *al.*, 2016).

Dans les cours d'eau étudiés, 23 stations rendent compte de la présence de *H. lobata* en Kabylie, elle est à large distribution altitudinale (1450 – 160 m). Elle colonise une large diversité de milieux aquatiques, depuis les biotopes d'altitude jusque dans les zones de plaine. Nous l'avons observée dans les cours d'eau de montagne, de piémont et les ruisseaux de sources à eau fraîche et à substrat pierreux. Elle réalise les plus fortes densités larvaires dans les piémonts et les basses altitudes (au dessous de 600 m).

- *Hydropsyche obscura* Navás, 1928

Aire de répartition :

H. obscura est un élément à distribution restreinte à l'Inde et au Maghreb (GHOSH & CHAUDHURY, 1998 ; TOBIAS & TOBIAS, 2008).

Au Maghreb, elle est citée d'Algérie (NAVÁS, 1928 ; ARAB, 2004 ; SEKHI et *al.*, 2016) et du Maroc (BOUZIDI, 1989 ; HAJJI et *al.*, 2013 ; LAMRI et *al.*, 2016). Elle est absente en Tunisie.

Ecologie :

H. obscura est une espèce à amplitude altitudinale assez large et vit dans des habitats variés : ruisseaux de sources, rhithral, piémont et plaine (HAJJI et *al.*, 2013 ; SEKHI et *al.*, 2016).

Dans les cours d'eau étudiés, *H. obscura* est une espèce dominante de part son abondance (AR 16,3 %) et sa fréquence (OR 8,96 %). Elle est eurytherme et à large valence écologique. Elle figure dans 23 stations entre 1450 et 290 m d'altitude, et semble abonder dans les habitats d'altitude à granulométrie grossière et à végétation bordante assez dense.

- *Hydropsyche punica* Malicky, 1981

Aire de répartition :

H. punica est une espèce Ibéro-Maghrébine. Elle est connue de la Péninsule Ibérique et des îles de Baléares (GONZÁLEZ et *al.*, 1992 ; GALLARADO-MAYENCO, 1993 ; ZAMORA-MUÑOZ et *al.*, 1995), d'Algérie (LOUNACI, 2005 ; MALICKY & LOUNACI, 1987 ; SEKHI et *al.*, 2016) et de Tunisie (MALICKY, 1981, 1983 ; KRAÏEM, 1986 ; ALLAYA, 2003 ; KUMANSKI, 2006). Elle est absente du Maroc.

Ecologie :

H. punica est une espèce rare au Maghreb. Ses stades aquatiques semblent être étroitement inféodés aux habitats de basse altitude (KRAÏEM, 1986 ; SEKHI et *al.*, 2016).

Chapitre III : La faune – Trichoptera

H. punica est très peu fréquente et très peu abondante dans nos récoltes. Elle ne figure que dans trois stations (A3, A4, B1) d'altitude comprise entre 380 et 200 m. Elle est thermophile et vraisemblablement significative de la zone de transition rhithral-potamal dont elle semble être caractéristique.

- *Hydropsyche resmineda* Malicky, 1977

Aire de répartition :

H. resmineda est endémique d'Afrique du Nord. Elle est connue d'Algérie (MALICKY, 1983 ; LOUNACI, 2005 ; DAKKI & TACHET, 1987 ; MALICKY & LOUNACI, 1987 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; ARAB, 2004 ; SEKHI et al., 2016), du Maroc (DAKKI, 1978 ; BERRAHOU et al., 2001 ; CHILLASSE & DAKKI, 2004 ; LAMRI et al., 2016) et de Tunisie (BOUMAÏZA, 1994 ; ALLAYA, 2003).

Ecologie :

En Algérie, comme en Tunisie et au Maroc, DAKKI (1987b), BOUMAÏZA (1994), LOUNACI (2005) et SEKHI et al. (2016) mentionnent *H. resmineda* comme espèce assez commune des différentes régions du Maghreb. Ils la qualifient d'élément à caractère rhéophile et thermophile, et caractéristique des cours d'eau de basse altitude, à large lit pierreux riche en débris végétaux.

Dans les cours d'eau étudiés, la limite altitudinale supérieure de *H. resmineda* se situe vers 380 m d'altitude. Elle abonde dans les habitats de piémont et de plaine caractérisés par un écoulement de l'eau modéré et un substrat hétérogène avec présence de végétation aquatique.

- *Hydropsyche* groupe *pellucidula*

Ce taxon est un élément du groupe *pellucidula* dont la distribution est Paléarctique. Plusieurs auteurs ont attiré l'attention sur la difficulté de séparer les espèces de ce groupe au seul examen des stades larvaires.

Le taxon récolté dans les cours d'eau étudiés diffère de l'espèce type *Hydropsyche pellucidula*. Nous l'avons observé dans 20 stations sur les 30 prospectées aussi bien dans les sections des cours d'eau rapides que dans les zones à courant modéré à lent. Il paraît être un élément à caractère eurytherme. Il occupe une large zone altitudinale, depuis les stations les plus basses (160 m) jusqu'à 1170 m.

- **Famille des Polycentropodidae** Ulmer, 1903

En Algérie, la famille des Polycentropodidae est représentée par deux genres : *Polycentropus* et *Plectrocnemia* (absent dans nos récoltes).

Chapitre III : La faune – Trichoptera

- *Polycentropus kingi* McLachlan, 1881

Aire de répartition :

P. kingi est une espèce ouest Paléarctique à vaste répartition. Elle couvre l'Ouest de l'Europe (CZACHOROWSKI & MOROZ, 2007) et l'Afrique du Nord (TOBIAS & TOBIAS, 2008).

Elle est citée d'Algérie (LOUNACI et al., 2000a ; SEKHI et al., 2016), du Maroc (DAKKI, 1979 ; TAYOUB, 1989 ; EL ALAMI & DAKKI, 1998 ; ALAOU, 2006 ; HAJJI et al., 2013 ; LAMRI et al., 2016) et de Tunisie (MALICKY & LOUNACI, 1987).

Ecologie :

P. kingi est considérée en Europe comme espèce caractéristique des cours d'eau rapides des zones de moyenne montagne et de piémont (DÉCAMPS, 1968 ; VIEIRA-LANERO, 2000 ; BONADA et al., 2004 ; RUÍZ-GARCÍA et al., 2016).

Au Maghreb, *P. kingi* est fréquente. Elle est à spectre écologique assez large. Elle est enregistrée dans plusieurs localités du Rif et du Moyen-Atlas entre 1850 et 100 m d'altitude (DAKKI, 1987b ; EL ALAMI & DAKKI, 1998), et d'Algérie entre 1170 et 200 m, mais elle devient moins fréquente en Tunisie.

Dans nos récoltes, *P. kingi* est peu abondante et assez fréquente. Elle semble être rhéophile. Nous l'avons capturée dans 18 stations entre 1450 et 290 m d'altitude, aussi bien dans les cours d'eau de montagne et de piémont que les ruisseaux de sources à eau fraîche et à substrat pierreux.

- **Famille des Psychomyiidae** Walker, 1852

La famille des Psychomyiidae est représentée en Algérie par deux genres : *Tinodes* et *Psychomia* (absent dans nos récoltes).

- *Tinodes* sp.

Le genre *Tinodes* est un élément Ouest Méditerranéen à caractère eurytherme. Il est très répandu en Algérie entre 1950 et 10 m d'altitude (VAILLANT, 1954 ; LOUNACI, 2005) et au Maroc, dans la même amplitude altitudinale (EL ALAMI & DAKKI, 1998).

Dans les cours d'eau étudiés, *Tinodes* sp. occupe une large zone altitudinale. Il est observé dans 14 stations échelonnées entre 1450 et 200 m d'altitude.

- **Famille des Goeridae** Ulmer, 1903

La famille des Goeridae est représentée par un genre et une seule espèce : *Silonella aurata*

Chapitre III : La faune – Trichoptera

- *Silonella aurata* Hagen, 1864

Aire de répartition :

S. aurata est un élément à distribution Ouest Méditerranéenne. Il est connu d'Espagne, de Sardaigne et de Corse (CIANFICCONI et al., 2007 ; GONZÁLEZ & MARTÍNEZ-MENÉNDEZ, 2011 ; TOBIAS & TOBIAS, 2008), d'Algérie (LOUNACI et al., 2000a ; SEKHI et al., 2016), du Maroc (DAKKI, 1982 ; TAYOUB, 1989 ; BONADA et al., 2008 ; HAJJI et al., 2013 ; LAMRI et al., 2016) et de Tunisie (MALICKY & LOUNACI, 1987).

Ecologie :

S. aurata est signalée par divers auteurs comme habitant des cours d'eau froids de montagne.

En Espagne, elle vit à des altitudes variables entre 1750 et 930 m (MARTÍNEZ-MENÉNDEZ, 2014).

Dans le Rif marocain, EL ALAMI & DAKKI (1998) l'ont récolté entre 800 et 700 m d'altitude, et la qualifient de rhithrophile et caractéristique des cours d'eau de moyenne montagne caractérisés par un écoulement de l'eau rapide à modéré, et un substrat composé principalement d'éléments grossiers (galets, graviers) avec présence de végétation aquatique.

En Algérie, elle est, selon LOUNACI (2005) et SEKHI et al. (2016), rhithrobionte et sténotherme d'eau froide avec une nette préférence pour les cours d'eau à couvert végétal bordant assez dense, et à eau fraîche (5 – 16 °C).

Dans nos récoltes, cette espèce est peu abondante et peu fréquente. Elle est récoltée dans trois stations (AA, A1, A2) entre 1080 et 810 m, dans des habitats à granulométrie mixte (galets, graviers), courant rapide à modéré, végétation bordante assez dense et température de l'eau assez fraîche (T° max. 14 °C). Elle semble présenter un caractère rhithrobionte et sténotherme d'eau froide.

- **Famille des Brachycentridae** Ulmer, 1903

La famille des Brachycentridae est représentée par un seul taxon : *Micrasema*, signalé pour la première fois d'Algérie par SEKHI et al. (2016).

- *Micrasema* sp.

Les larves de *Micrasema* sp. récoltées ici sont difficilement identifiables dans l'état actuel des connaissances. La récolte d'imagos mâles est indispensable afin de statuer sur ce taxon et connaître mieux son écologie.

Selon SEKHI et al. (2016), *Micrasema* sp. est un élément rhéophile fréquentant les cours d'eau frais d'altitude (> 600 m), à parcours ombragés.

Chapitre III : La faune – Trichoptera

Dans nos récoltes, *Micrasema* sp. est observé dans 11 stations. Il présente une distribution discontinue entre 1170 et 200 m d'altitude, ce qui ne nous permet pas de juger ses préférences écologiques.

▪ Famille des Uenoidae Iwata, 1927

La famille des Uenoidae est représentée par un seul genre : *Thremma*

• *Thremma* sp.

Le genre *Thremma* est déjà signalé de plusieurs localités d'Algérie : forêt de l'Akfadou (GAUTHIER, 1928), Kabylie du Djurdjura (LOUNACI et al., 2000a ; SEKHI et al., 2016).

L'habitat des larves des Uenoidae est semblable à celui des Goeridae. Elles vivent selon DÉCAMPS (1968) et LOUNACI (2005), sur des substrats pierreux, en courant modéré, au voisinage des sources de moyenne altitude.

Dans les cours d'eau étudiés, *Thremma* sp., très peu abondant et très peu fréquent, est observé ici dans deux stations (A1, alt., 920 m et A2, alt., 810 m) en compagnie de *Silonella aurata*. Il est très localisé et paraît rhéophile et sténotherme d'eau froide. Ces stades aquatiques pourraient être bien caractéristiques des cours d'eau de montagne très ombragés et à écoulement vif.

3.4.- Données biogéographiques du peuplement

La faune Trichoptérologique recensée dans ce travail est composée essentiellement d'éléments d'origine Paléarctique à caractère Méditerranéen.

Les 11 éléments identifiés au niveau spécifique appartiennent à trois principaux groupes biogéographiques selon la largeur de leur aire de distribution.

❖ Espèces à large distribution géographique (7)

Elles sont au nombre de sept dont certaines couvrent l'Europe Occidentale Méditerranéenne et le Maghreb, d'autres étendent leur aire de distribution à toute l'Europe et l'Asie Mineure.

- Espèces Européennes à vaste répartition géographique : *Rhyacophila munda*, *Hydroptila vectis*, *Polycentropus kingi*, *Hydropsyche obscura*. Elles couvrent l'Europe Méditerranéenne et le Maghreb. Certaines étendent leur aire de répartition à toute l'Europe jusqu'en Asie Mineure.

- Espèces Ouest-Méditerranéennes : *Agapetus numidicus*, *Hydropsyche lobata*, *Silonella aurata*. Elles présentent une aire de répartition plus ou moins large dans la région Ouest de la Méditerranée (Péninsule Ibérique, îles Méditerranéennes et le Maghreb).

❖ Espèces Ibéro-Maghrébine (1)

Hydropsyche punica est une espèce Ibéro-Maghrébine avec une aire de répartition recouvrant la Tunisie, l'Algérie, le Maroc et la Péninsule Ibérique dont l'aire de distribution est limitée à la Péninsule Ibérique et aux pays du Maghreb.

❖ Espèces endémiques Maghrébines (3)

Elles sont au nombre de trois : *Cheumatopsyche atlantis* et *Hydropsyche resmineda*, sont endémiques du Maghreb dans son ensemble, et *Hydropsyche fezana* couvre seulement le Maroc et l'Algérie, elle est absente de la Tunisie.

3.5.- Discussion

Les prélèvements quantitatifs réalisés dans ce travail ont fourni 19 taxons de Trichoptères appartenant à 10 familles et 12 genres. La richesse spécifique de ce peuplement est faible par rapport à celle des réseaux hydrographiques septentrionaux de la région paléarctique et même d'Algérie. Un appauvrissement taxonomique graduel, affectant tous les groupes zoologiques s'observe suivant l'axe Nord-Sud depuis l'Europe jusqu'en Afrique du Nord et Ouest-Est depuis le Maroc jusqu'en Tunisie (BOUZIDI, 1989 ; LOUNACI, 2005). Ainsi, pour les Trichoptères, 45 espèces vivent dans le Rif (HAJJI et *al.*, 2013), 46 dans le Moyen-Atlas (DAKKI, 1987b), 34 dans le Haut-Atlas (BOUZIDI, 1989), 49 en Kabylie (SEKHI et *al.*, 2016), 45 en Khroumirie (MALICKY & LOUNACI, 1987 ; BOUMAÏZA, 1994), mais cette richesse reste encore plus faible que celle des cours d'eau de l'Europe Méditerranéenne : entre 100 et 270 espèces (VERNEAUX, 1973 ; TERRA, 1981 ; CIANFICCONI, 2002 ; COPPA, 2011 ; MARTÍNEZ-MENÉNDEZ, 2014).

Dans les cours d'eau étudiés, la plupart des genres sont représentés par un seul taxon (neuf genres sur les 12 inventoriés). La famille la plus dominante et la plus riche en espèces est celle des Hydropsychidae : huit taxons. Les autres familles dont l'importance quantitative est beaucoup plus faible, ne sont représentées que par une ou deux espèces.

Les autres particularités observées ici, est la faible diversité des Rhyacophilidae (une espèce) et l'absence des Limnephilidae, qui dans les réseaux Méditerranéens sont, selon DÉCAMPS (1967, 1968), VERNEAUX (1973) et GONZÁLEA DEL TANAGO et *al.* (1986), assez diversifiés et bien représentés dans le rhithral et le potamal.

Le peuplement de Trichoptères recensé dans ce travail semble assez diversifié dans la plupart des stations prospectées : entre neuf et 13 taxons dans les stations d'altitude (ruisseaux de sources et aux torrents de montagne) (alt. 1170 – 850 m), de six à neuf taxons dans les zones de moyenne montagne, de piémont et de basse altitude. Certains taxons sont récoltés d'une façon régulière dans l'ensemble des stations, d'autres dans quatre ou cinq stations, et d'autres encore sont recueillies uniquement dans deux ou trois stations.

Chapitre III : La faune – Trichoptera

La majorité des larves de Trichoptères manifestent une propension marquée pour les eaux courantes. La structure des cours d'eau présente une diversité remarquable d'habitats que les Trichoptères exploitent grâce à des adaptations morphologiques et comportementales (TACHET et *al.*, 1980). Les zones lotiques d'érosion caractérisées par des vitesses d'écoulements importantes hébergent les espèces rhéophiles comme *Silonella*, *Micrasema*, *Wormaldia*, *Cheumatopsyche* ... Par ailleurs, les zones à courant modéré à lent caractérisées par une sédimentation hétérogène, constituent des zones de transition considérables pour l'émergence de beaucoup d'espèces.

Les paramètres qui semblent le plus influencer la répartition des espèces en milieu lotique sont sans doute la température de l'eau et la nature du substrat. Ils sont habituellement considérés comme facteurs écologiques majeurs susceptibles d'influencer directement la répartition de la faune benthique (HYNES, 1970 ; LAVANDIER, 1979 ; MINSHALL, 1984). D'autres facteurs, moins étudiés, ont également une certaine importance dans la distribution du benthos, mais le degré d'importance accordé à ces facteurs est variable d'un auteur à un autre, car cette hiérarchie varie d'une espèce à une autre (MINSHALL & MINSHALL, 1977).

Les particularités abiotiques des différents cours d'eau de la Kabylie (irrégularités des écoulements, eurythermie des cours d'eau, dégradation et/ou absence du couvert végétal, surtout dans les biotopes d'altitude) sont à l'origine des facteurs conditionnant la distribution altitudinale et l'écologie des espèces. En effet, suite à l'influence de ces facteurs, certaines espèces effectuent des remontées considérables en altitude à la recherche de conditions favorables : cas des Limnephilidae et les Leptoceridae (absents dans nos récoltes), vivant habituellement dans les habitats du potamal des réseaux de l'Europe Méditerranéenne (DÉCAMPS, 1968 ; GIUDICELLI et *al.*, 1980), remontent en altitude à la recherche de conditions favorables au développement. Cette influence climatique sur la remontée d'autres groupes d'invertébrés tels que les Ephéméroptères, les Plécoptères et les Diptères Simuliidae, a été déjà signalée dans plusieurs réseaux hydrographiques du bassin Méditerranéen, notamment en Corse (GIUDICELLI et *al.*, 1985), au Maroc (DAKKI, 1986b ; BOUZIDI, 1989) et en Algérie (LOUNACI et *al.*, 2000b).

Ces contraintes climatiques expliquent aussi l'appauvrissement de la faune des eaux courantes d'Algérie du Nord. Les espèces Paléarctiques vivant en Kabylie ont leur écologie modifiée dans cette partie de leur aire de distribution géographique. Les modifications de leur habitat s'observent au niveau de leur distribution spatiale et altitudinale. En effet, les formes sténothermes d'eau froide se cantonnent dans des habitats restreints, ceux des sources et des ruisseaux d'altitude. Certaines espèces hémisténothermes ne peuvent réaliser leur optimum écologique que dans les parties supérieures des réseaux hydrographiques alors qu'elles trouvent leur habitat favorable à des altitudes inférieures dans les réseaux Européens.

Ces remontées en altitude sont la conséquence de : la faible diversité intra-générique qui permet à la plupart des espèces d'élargir leur spectre écologique en l'absence de compétition de

Chapitre III : La faune – Trichoptera

leurs concurrents à savoir les espèces congénères. C'est le cas du genre *Rhyacophila* représenté en Kabylie par deux espèces (*Rhyacophila munda* et *Rhyacophila urgl*) (LOUNACI, 2005), alors que dans les autres réseaux de l'Europe Méditerranéenne, ce genre est très diversifié : 20 espèces dans les Pyrénées (DÉCAMPS, 1967), 31 espèces en Italie (MORETTI & CIANFICCONI, 1981), cinq espèces en Corse (GIUDICELLI & ORSISNI, 1986), 32 espèces dans la Péninsule Ibérique (MARTÍNEZ-MENÉNDEZ, 2014).

De plus, les fortes minéralisations et les impacts négatifs des différentes activités humaines qui agissent, surtout dans les parties inférieures des réseaux hydrographiques, constituent un obstacle à l'installation des espèces thermophiles et potamobiontes telles que les *Mesophylax* par exemple. Dans ces cours d'eau, persistent quelques espèces tolérantes : *Hydropsyche punica*, *Hydropsyche resmineda* et *Cheumatopsyche atlantis*.

Dans les cours d'eau étudiés, les zones supérieures et inférieures sont bien individualisées tant par leurs caractéristiques abiotiques que par leur composition de leur peuplement.

Dans l'analyse de la distribution longitudinale des espèces de Trichoptères recensés, nous avons relevé :

- des taxons peuplant essentiellement les parties supérieures des cours d'eau : *Silonella aurata*, *Wormaldia* sp., *Cheumatopsyche* sp. et *Thremma* sp. Ce sont des formes montagnardes, sténothermes d'eau froide et crénophiles ;

- une espèce (*Agapetus numidicus*) qui paraît caractéristique des habitats de moyenne montagne et de piémont, à courant rapide à moyen et à couvert végétal assez dense. Ses limites altitudinales inférieures sont plus élevées que celles des espèces précédentes. Elle est vraisemblablement significative de la zone de transition rhithral-potamal ;

- des espèces thermophiles (*Hydropsyche punica*, *Hydropsyche resmineda* et *Cheumatopsyche atlantis*), à distribution limitée aux stations de basse altitude ;

- des espèces à large valence écologique : *Rhyacophila munda*, *Hydroptila vectis*, *Hydropsyche fezana*, *Hydropsyche lobata*, *Hydropsyche obscura*, *Hydropsyche* groupe *pellucidula*, *Polycentropus kingi*, *Agapetus* sp., *Allotrichia* sp., *Tinodes* sp. et *Micrasema* sp., elles sont eurytopes et eurythermes et largement réparties depuis les stations d'altitude jusqu'au cours d'eau de plaine (station S1).

Au point de vue biogéographique, le peuplement Trichoptérologique recensé dans cette présente étude, est nettement Paléarctique, largement réparti dans la sous-région Ouest-Méditerranéenne et une proportion assez élevée d'endémiques (36,36 %) (Ibéro-Maghrébine ou Maghrébine).

Sur les 11 espèces prises en compte, trois sont endémiques du Maghreb, une espèce est à distribution Ibéro-Maghrébine, et sept ont une vaste répartition géographique dont trois ont une répartition Ouest-Méditerranéenne et quatre s'étendent à toute l'Europe jusqu'en Asie Mineure.

Conclusion

Ce travail a permis de compléter les connaissances sur la faunistique et l'écologie des Trichoptères d'Algérie en général et de Kabylie en particulier. 19 taxons ont été recensés dans les cours d'eau étudiés. Tous sont connus dans les travaux antérieurs, leurs affinités biogéographiques sont plus marquées avec la faune Ouest-Méditerranéenne qu'avec celle de l'Europe non méditerranéenne.

La dissimilarité faunistique observée le long des cours d'eau étudiés est attribuée, probablement, à différents facteurs écologiques tels le substrat, la végétation bordante, la vitesse du courant, la température et le gradient altitudinal.

Le peuplement Trichoptérologique est sensible aux modifications des caractéristiques de chaque tronçon des cours d'eau. Les stations les plus en amont, avec un peuplement diversifié, représentent vraisemblablement un réservoir naturel d'espèces qui pourraient recoloniser les secteurs dégradés plus en aval, en cas d'une réduction de la pression anthropique actuelle.

Les Coléoptères (Elmidae, Hydraenidae)

4.- Les Coléoptères

Les Coléoptères aquatiques sont les seuls insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginaire et larvaire dans les milieux aquatiques. Ils vivent et colonisent pratiquement tous les biotopes, aussi bien en faciès lotique qu'en faciès lentique.

Les études sur ce groupe d'insectes, parmi les plus diversifiées, sont nombreuses et concernent tous les aspects relatifs à la systématique, à l'écologie et à la biogéographie. Parmi les travaux auxquels nous ferons référence dans ce mémoire, nous pouvons citer ceux de GUIGNOT (1959, 1931-1933), BERTRAND (1972), FRANCISCOLO (1979), BERTHELEMY (1964, 1979), PIRISINU (1981), JÄCH (2004), JÄCH *et al.* (2006).

De nombreuses autres études effectuées sur cet ordre d'insectes concernent la faune d'Afrique du Nord en général et d'Algérie en particulier, citons celles de REICH (1869), BEDEL (1895), PEYERIMHOFF (1905, 1925), PIC (1905), SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1905), GAUTHIER (1928), NORMAND (1933), BERTHELEMY (1979), FERRO (1985), BERTHELEMY *et al.* (1991), BENNAS *et al.* (2001), BENNAS (2002), CHAVANON *et al.* (2004), BENNAS & SÀINZ-CANTERO (2007), TOUAYLIA *et al.* (2009a, 2009b, 2010a, 2010b, 2011b), BENAMAR *et al.* (2011), TOUAYLIA *et al.* (2011a), GHANNEM *et al.* (2015), SELLAM *et al.* (2016), BENNAS *et al.* (2018).

Plus récemment, dans le cadre d'études de la faune de macroinvertébrés d'eau courante du Nord de l'Algérie, les récoltes effectuées par différents auteurs ont permis de contribuer à une meilleure connaissance de ce groupe d'insectes (LOUNACI, 1987 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI *et al.*, 2000a, 2000b ; LOUNACI, 2005 ; BOUKLI-HACENE *et al.*, 2012). Ces travaux ont permis de mettre en évidence plusieurs originalités biogéographiques. Les données faunistiques de ces auteurs apparaissent toutefois préliminaires.

Depuis la parution des premiers travaux sur les Coléoptères d'Algérie, rares sont les travaux entièrement dédiés aux Elmidae et Hydraenidae. Seules quatre études ont été réalisées : SAINTE-CLAIRE DEVILLE (1905) sur les *Hydraena* d'Algérie, BERTHELEMY (1979) sur les Elmidae de la région Paléarctique occidentale, systématique et répartition, KADDOURI (1986) sur les *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de Tunisie et BERTHELEMY *et al.* (1991) sur le genre *Hydraena* d'Afrique du Nord.

De l'ensemble de ces travaux, il ressort clairement que les données existantes sur l'Algérie en général et la Kabylie en particulier sont peu nombreuses et fragmentaires. Il existe en outre des régions d'Algérie qui sont encore inexplorées et dont la faune reste encore inconnue.

En effet, les évaluations globales et régionales nécessitent d'avoir des données réactualisées et complétées, du fait notamment de l'intensification de la pression humaine et du réchauffement climatique en cours, responsables de la dégradation des habitats dans plusieurs

secteurs. De telles réactualisations et compléments de prospections sont importants en ce qui concerne particulièrement les espèces endémiques, ou ayant une aire de répartition fragmentée, qui sont souvent les plus fragiles et les plus menacées.

Le présent travail se veut une contribution à la connaissance des Coléoptères Elmidae et Hydraenidae du Sébaou, l'un des réseaux hydrographiques les plus importants de l'Algérie du Nord. Il servira de base de comparaison pour les études ultérieures.

4.1.- Analyse du peuplement

4.1.1-Faunistique

Le tableau XIV récapitule la liste des espèces récoltées dans les 30 stations étudiées avec leurs abondances moyennes correspondantes. Le peuplement des Coléoptères Hydraenidae et Elmidae inventorié dans ce travail se compose de 18 taxons dont 16 identifiés au niveau spécifique et deux au niveau générique. Ils appartiennent à huit genres et à trois sous-genres. Une espèce est citée pour la première fois en Algérie : *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* et trois autres *Hydraena (Hydraena) leprieuri*, *Limnebius pilicauda* et *Limnius intermedius* constituent des nouvelles citations pour la Kabylie et portent ainsi à 31 (Hydraenidae 20, Elmidae 11) le total des espèces actuellement recensées dans cette région et à 79 (Hydraenidae 60, Elmidae 19) sur le territoire algérien (annexe 8).

Sur les 79 espèces répertoriées en Algérie, 48 n'ont jamais été récoltées en Kabylie (Hydraenidae 40 espèces, Elmidae huit espèces).

La richesse du peuplement Hydraenidae-Elmidae des cours d'eau étudiés ici est faiblement représentée comparativement à celle observée dans les régions du Maghreb :

- Rif 74 espèces, Moyen-Atlas 64 espèces, Haut-Atlas 53 espèces, Anti-Atlas 28 espèces, Tunisie (tout le territoire) 68 espèces (BOUZIDI, 1989 ; BERTHLEMY et al., 1991 ; BOUMAÏZA, 1994 ; JÄCH, 1995, 2004 ; JÄCH et al., 2005 ; JÄCH et al., 2006 ; BENAMAR et al., 2011).

Cette richesse reste encore plus faible par rapport à celle observée dans les autres pays d'Europe : France 140 espèces, Péninsule Ibérique 180 espèces... (QUENEY, 2004 ; MILLÁN et al., 2014 ; JÄCH et al., 2006).

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Tableau XIV : Répartition des Coléoptères aquatiques (Hydraenidae, Elmidae) dans les stations étudiées (Les chiffres indiquent l'abondance moyenne par 0,1 m²)

Stations	Oued Sébaou	Sous-bassin de l'oued Boubhir										Sous-bassin de l'oued Aissi												Sous-bassin de l'oued Bougdoura				
	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O4	O5	O6	TG1	TG2	TG3	TG4
Esp. / Alt.	160	1000	870	1170	1140	430	370	200	1010	1080	1120	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	950	600	290	1450	850	900	500
Hydraenidae																												
<i>Hydraena (Hydraena) leprieuri</i>		78	42	3		3	3													45	10	7	38		11	23		13
<i>Hydraena (H.) mouzaiensis</i>									3					15	35					34	3		5				3	3
<i>Hydraena (H.) numidica</i>	6	68	22	9	15	3	48	18		3	5	3		3	35	3	4	4		75	48	23	15	22		21		4
<i>Hydraena (H.) pici</i>			3											3	10													
<i>Hydraena rivularis</i>	6		3				3	8				5	3		3	3	3	4	4	3		3	3			11		3
<i>Limnebius pilicauda</i>		3		3							3	3									3		6			4		
<i>Ochthebius (Asiobates) bonnairei</i>			5	5	4	3	3			3	3	3								9	8	15	5		3	35	14	3
<i>Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus</i>																										3		
Elmidae																												
<i>Elmis maugetii velutina</i>				3						3					8										46	16	38	23
<i>Esolus filum</i>																35	40	32										
<i>Esolus pygmeus</i>	25							12																				
<i>Esolus sp.</i>	45							30																				
<i>Limnius intermedius</i>				3	25		3		3	3	3	4									14	4	17	7		3		3
<i>Limnius opacus opacus</i>	48							45								38	35	30										
<i>Limnius surcoufi</i>							3			3		10							3	4			4			3		3
<i>Oulimnius maurus</i>					3		3			3				3		8	35	3		3	3	8	15			3		
<i>Oulimnius sp.</i>	3							3				9								3	8			6				7
<i>Stenelmis consobrina consobrina</i>	3							3										7										3

4.1.2.- Richesse spécifique

Les Coléoptères Hydraenidae et Elmidae inventoriés dans ce travail sont relativement bien représentés comparativement aux autres familles des Epheméroptères, Trichoptères et Plécoptères. En effet, la prospection des 28 stations nous a permis de récolter 1892 individus appartenant à 18 espèces (Hydraenidae, huit espèces ; Elmidae, 10 espèces).

La richesse spécifique et l'abondance ne sont pas importantes à la plupart des stations étudiées (tableau XIV et fig. 18). Elles sont maximales dans les tronçons à courant rapide à modéré coulant sur un substratum pierreux entre 900 et 500 m d'altitude, à couvert végétal assez dense et à température de l'eau peu élevée : stations TG4, TG2, O2, O5, O1, D1 (avec respectivement, 10 espèces, 10 espèces, huit espèces, neuf espèces, sept espèces, sept espèces), moyenne dans les zones de piémont et de basse altitude (370 – 160 m) où la température estivale de l'eau est relativement élevée auxquelles s'ajoutent l'accumulation de matière organique tels que les stations KH, A5, B1 et S1 qui comptent sept espèces chacune. Inversement, les cours d'eau d'altitude aux conditions hydrologiques et écologiques bien différentes (forte pente, fond érodé...), n'hébergent que peu d'espèces entre une et quatre espèces tels que les stations TG1, TK1, TK2, SA2, TR1, AI et IG1).

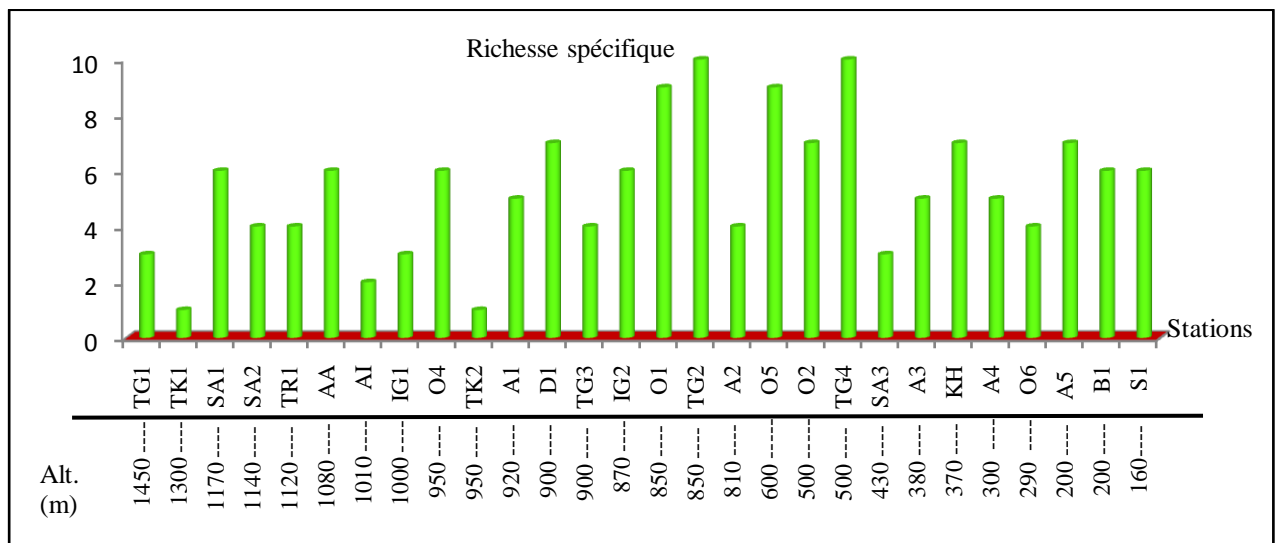


Figure 18 : Evolution de la richesse spécifique des Coléoptères Hydraenidae, Elmidae recensés en fonction de l'altitude aux stations étudiées.

4.1.3.- Abondance et occurrence des espèces recensées

Les Coléoptères Hydraenidae et Elmidae vivent dans tous les types d'habitats du crénon au potamon. Ils colonisent les substrats les plus divers. Les densités élevées sont enregistrées aussi bien dans les sites d'altitude que ceux de piémont et de basse altitude. Toutefois, il n'existe pas de variations d'abondance selon un gradient altitudinal dans les cours d'eau étudiés. La granulométrie du substrat, l'importance de la végétation bordante (feuillus) et aquatique, la vitesse du courant, la température de l'eau et les disponibilités des niches écologiques constituent des facteurs physiques favorisant la prolifération des éléments de ce groupe d'insectes.

La figure 19 visualise graphiquement l'abondance et l'occurrence relatives des espèces récoltées aux 28 stations étudiées.

- *Hydraena (Hydraena) numidica* et *Hydraena (H.) leprieuri* sont les espèces dominantes de la communauté, elles sont fréquentes et, de plus, elles constituent les populations les plus denses des cours d'eau étudiés (AR 24 % et 12 % ; OR 16 % et 8 %).

- Quatre autres espèces de la communauté se révèlent fréquentes, mais leur représentativité par rapport aux précédentes est relativement moindre (annexe 12). C'est le cas de *Hydraena (H.) rivularis* (OR 11%), *Ochthebius (Asiobates) bonnairei* (OR 11 %), *Limnius intermedius* (OR 8,6 %) et *Oulimnius maurus* (OR 8 %), espèces occurrentes et à large répartition longitudinale.

Ces six espèces, très occurrentes, sont eurythermes et eurytopes. Elles colonisent tous les types d'habitats indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

- Deux autres espèces *Limnius surcoufi* (AR 1,7 %, OR 5,3 %) et *Oulimnius* sp. (AR 2%, OR 4,6 %) suivent la même tendance avec les précédentes. Elles sont peu abondantes mais peuvent être considérées comme éléments à large amplitude écologique (alt. 1080 – 160 m). Elles sont observées respectivement à huit et six stations.

- *Hydraena (H.) mouzaiensis*, *Elmis maugetii velutina* et *Limnebius pilicauda*, à distribution fragmentée, sont assez fréquentes (OR 4,7 – 5,3 %) et assez ou peu abondantes (AR 5,3 % ; 7,2 % ; 1,3 %). Elles ont pour habitat les ruisseaux d'altitude et les cours d'eau de moyenne montagne. Les zones de piémont constituent leur limite inférieure de distribution.

- Les autres espèces sont à la fois très peu abondantes et très peu occurrentes. Certaines sont très localisées. Elles sont récoltées dans une, deux ou trois stations des cours d'eau étudiés. Ce sont en général les espèces :

- de biotopes ombragés de moyenne montagne : *Hydraena (H.) pici*, *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* ;

- de biotopes de piémont : *Esolus filum* ;

- de biotopes de plaine : *Esolus pygmaeus*, *Esolus* sp., *Stenelmis consobrina consobrina*.

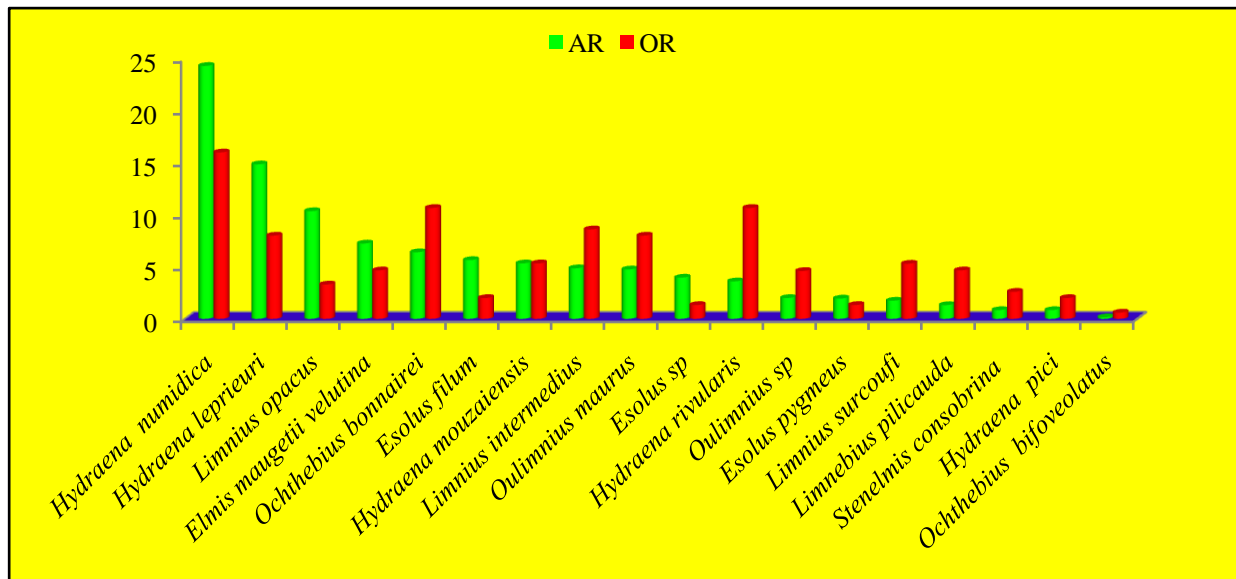


Figure 19 : Abondance et occurrence relatives des espèces recensées dans les stations étudiées.

4.2.- Limites altitudinales des espèces

L'évolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae recensés, au fil de l'altitude permet de mettre en évidence les éléments caractéristiques et localisés dans certaines tranches altitudinales et les éléments à large valence écologique. L'examen du tableau XV permet de répartir les éléments de ce peuplement en 3 grands groupes bien individualisés.

Sur les 18 espèces recensées, huit espèces ont une répartition limitée à un seul secteur des cours d'eau étudiés. Elles ont un réel intérêt pour la zonation des cours d'eau et apparaissent comme des indicateurs de zones.

- Dans les parties supérieures des cours d'eau, trois espèces appartiennent à cette catégorie. Il s'agit de *Hydraena (H.) mouzaiensis*, *Hydraena (H.) pici* et *Ochthebius (O.) bifoveolatus*. Elles sont rhéophiles et à tendance sténotherme. Leur développement s'accommode de températures maximales relativement basses.

La première est la plus alticole, elle colonise les ruisseaux de sources (alt. > 1000 m) et les cours d'eau de moyenne montagne (alt. 1000 – 500 m). Les deux autres pouvaient être qualifiées de sténotopes, elles sont confinées aux parcours ombragés de moyenne montagne (alt. 1000 – 500m) qui semblent constituer leurs habitats refuges.

- Cinq espèces sont inféodées aux zones de piémont et de basse altitude. Elles peuvent être qualifiées de potamophiles. Elles supportent bien mieux les élévations de température et l'abondance de matière organique, et descendant par conséquent plus bas dans les portions inférieures des cours d'eau. Il s'agit de : *Esolus filum*, *Stenelmis consobrina consobrina* et

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Limnius opacus opacus, espèces hémisténothermes, peuplent les habitats des piémonts et de basse altitude (alt. 500 – 160 m).

Esolus pygmaeus et *Esolus* sp., espèces encore plus thermophiles, à répartition altitudinale la plus étroite (< 300 m), localisées dans les zones de plaine.

- Le troisième groupe renferme les espèces largement réparties depuis les biotopes d'altitude (1450 m) jusqu'en plaine (160 m). Ces espèces peuvent être scindées en deux sous-groupes :

Le premier comprend les formes fortement eurythermes et eurytopes. Il s'agit de *Limnius surcoufi*, *Hydraena (H.) rivularis*, *Oulimnius maurus*, *Limnius intermedius*, *Hydraena (H.) numidica* et *Oulimnius* sp. Ces espèces, ont une large distribution le long des cours d'eau étudiés et apparaissent comme les formes les plus eurytopes. Elles sont à large valence écologique. Elles colonisent, pour la plupart, tous les types de milieux, depuis les ruisseaux de haute montagne jusqu'au cours d'eau de basse altitude.

Le second sous-groupe est formé d'espèces dont la répartition altitudinale est moins large que les précédentes (alt. 1450 – 300 m). Elles ont tendance à remonter en altitude, fuyant les élévations importantes de températures estivales et les perturbations des milieux avals. Il s'agit de *Limnebius pilicauda*, *Ochethebius (A.) bonnairei*, *Elmis maugetii velutina* et *Hydraena (H.) leprieuri*.

Tableau XV : Evolution de la richesse spécifique et de l'abondance numérique des Coléoptères aquatiques Hydraenidae, Elmidae recensés en fonction de l'altitude.

Altitude (m) / Espèces	Alt. ≥ 1000	500 < Alt < 1000	Alt. 500 - 300	< 300
<i>Hydraena (Hydraena) pici</i>	0	16	0	0
<i>Ochethebius (Ochethebius) bifoveolatus</i>	0	3	0	0
<i>Hydraena (Hydraena) mouzaiensis</i>	3	92	6	0
<i>Stenelmis consobrina consobrina</i>	0	0	3	13
<i>Limnius opacus opacus</i>	0	0	73	123
<i>Esolus filum</i>	0	0	75	32
<i>Esolus pygmaeus</i>	0	0	0	37
<i>Esolus</i> sp.	0	0	0	75
<i>Limnebius pilicauda</i>	9	13	3	0
<i>Ochethebius (Asiobates) bonnairei</i>	18	86	17	0
<i>Elmis maugetii velutina</i>	52	62	23	0
<i>Hydraena (Hydraena) leprieuri</i>	92	155	29	0
<i>Oulimnius</i> sp.	0	12	15	12
<i>Limnius surcoufi</i>	3	21	3	3
<i>Hydraena (Hydraena) rivularis</i>	3	34	13	18
<i>Oulimnius maurus</i>	6	17	49	18
<i>Limnius intermedius</i>	37	28	20	7
<i>Hydraena (Hydraena) numidica</i>	100	200	110	50

4.3.- Ecologie des espèces recensées

Les Coléoptères peuplent des milieux aquatiques de nature variée, aussi bien à caractères stagnant que courant. Toutefois, les eaux courantes constituent le milieu le plus fréquenté par la majorité des familles, notamment, les Elmidae et les Hydraenidae (RIBERA & VOLGER, 2000).

Ils sont d'un grand intérêt écologique en tant que bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes limniques, du type des eaux qui les abritent et des habitats en danger (BALKE et *al.*, 2004).

4.3.1.- Famille des Hydraenidae Mulsant, 1844

Les Hydraenidae comptent environ 1420 espèces appartenant à pas moins de 40 genres (LÖBL & SMETANA, 2004), parmi lesquels seuls quatre sont Paléarctiques : *Hydraena*, *Limnebius*, *Ochthebius* et *Aulacochthebius* (RIBERA & VOLGER, 2000). Les deux premiers appartiennent à la sous famille des Hydraeninae MULSANT, 1844, et les deux derniers à la sous famille des Ochthebiinae THOMSON, 1859.

▪ Sous famille Hydraeninae Mulsant, 1844

Dans les cours d'eau étudiés, cette sous famille est représentée par cinq espèces, quatre appartiennent au genre *Hydraena* et une au genre *Limnebius*.

• *Hydraena (Hydraena) leprieuri* Sainte-Claire Deville, 1905

Aire de répartition :

Espèce endémique maghrébine, elle est connue d'Algérie et de Tunisie.

La présence de *H. leprieuri* en Algérie a été mentionnée par KADDOURI (1986), BERTHELEMY et *al.* (1991) et JÄCH (2004) dans le massif d'Eough situé au Nord-est du pays, mais sans localité précise.

Nos prospections dans le bassin versant du Djurdjura nous ont permis de signaler pour la première fois, la présence de cette espèce en Kabylie. Cette découverte élargie l'aire de répartition de *H. leprieuri* au centre-nord de l'Algérie.

Ecologie :

En Tunisie, *H. leprieuri* est observée assez fréquemment dans les cours d'eau de piémont et de basse altitude (588 – 7 m) (TOUAYLIA et *al.*, 2011b). Elle vit dans des habitats à eau claire riche en détritiques, et à substrat composé principalement des pierres et de gravier.

Dans les cours d'eau étudiés, douze stations rendent compte de la présence de *H. leprieuri* en Kabylie, elle est rhéophile et à large distribution altitudinale (1450 – 370 m). Elle colonise aussi bien les cours d'eau de montagne et de piémont que les ruisseaux de sources à eau fraîche et à substrat pierreux. Son abondance maximale (78 ind./0,1 m²) a été observée au niveau

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

de la station IG1 (alt. 1000 m) caractérisée par une vitesse de l'eau rapide, un substrat grossier, une température moyenne de l'eau de l'ordre de 10 °C et une végétation bordante assez dense.

- *Hydraena (Hydraena) mouzaiensis* Sainte-Claire Deville, 1909

Aire de répartition :

H. mouzaiensis est endémique d'Algérie, sa distribution est restreinte aux deux massifs montagneux du centre-nord du pays : massif de Mouzaïa (Atlas Blidéen) et massif du Djurdjura (Kabylie) (LOUNACI, 1987, 2005 ; BERTHELEMY et al., 1991).

Ecologie :

En Kabylie, LOUNACI (2005) lui attribue comme biotope caractéristique les ruisseaux d'altitude et les cours d'eau de montagne (alt. 920 – 480 m) à écoulement de l'eau rapide à modéré.

Nos observations vont dans le même sens, cette espèce ne descend pas au dessous de 500m d'altitude. Elle est assez fréquente mais peu abondante, rhéophile et à tendance sténotherme d'eau froide. Elle est récoltée dans huit stations (alt. 1010 - 500 m) dans des habitats à substrat pierreux, à courant généralement rapide à moyen et une végétation bordante assez dense.

- *Hydraena (Hydraena) numidica* Sainte-Claire Deville, 1905

Aire de répartition :

H. numidica est un élément endémique Maghrébin, il est connu d'Algérie et de Tunisie.

En Algérie, l'espèce est citée de Kabylie (massif du Djurdjura), de l'Atlas de Blida (massif de Mouzaïa) et d'Annaba (FERRO, 1985 ; KADDOURI, 1986 ; LOUNACI, 1987, 2005 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; BERTHELEMY et al., 1991 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; JÄCH, 2004).

En Tunisie, *H. numidica* n'est observée qu'en Khroumirie (TOUAYLIA et al., 2009a).

Ecologie :

En Tunisie, BERTHELEMY et al. (1991) qualifie *H. numidica* d'espèce peu abondante et localisée. Elle ne se rencontre qu'en faibles effectifs dans les cours d'eau de piémont (alt. 540-350 m).

En Algérie, *H. numidica* est à large amplitude altitudinale (alt. 920-100 m). Elle se rencontre aussi bien dans les émissaires de sources que dans les cours d'eau de moyenne montagne et de basse altitude. Ses populations les plus denses s'observent dans les habitats ombragés d'altitude (LOUNACI, 1987, 2005 ; AÏT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996).

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Dans les cours d'eau étudiés, *H. numidica* est le Coléoptère le plus abondant et le plus fréquent, il occupe la plus large zone altitudinale, depuis les stations les plus basses (160 m) jusqu'à 1170 m d'altitude. Nous l'avons observé dans 24 stations sur les 30 prospectées, aussi bien dans les sections des cours d'eau rapide que dans les zones à courant modéré à lent. Elle réalise son optimum écologique dans les zones de piémont et de moyenne montagne.

- *Hydraena (Hydraena) pici* Sainte-Claire Deville, 1905

Aire de répartition :

H. pici est une espèce endémique Maghrébine, elle est connue d'Algérie et de Tunisie. On la trouve régulièrement dans les cours d'eau des massifs montagneux de Mouzaïa, du Djurdjura et d'Eough (AÏT MOULOU, 1988 ; BERTHELEMY et al., 1991 ; LOUNACI, 2005), et s'étend jusqu'en Khroumirie (Tunisie) (TOUAYLIA et al., 2009a).

Ecologie :

H. pici est, selon LOUNACI (2005), rhéophile et sténotherme d'eau froide. Elle a une préférence marquée pour les ruisseaux de sources et les parcours ombragés de moyenne montagne.

Dans nos récoltes, cette espèce est très peu abondante et très peu fréquente. Elle n'est récoltée que dans trois stations (A1, A2, IG2) entre 920 et 810 m, dans des habitats à granulométrie mixte (galets, graviers), courant rapide à modéré, végétation bordante assez dense et température de l'eau fraîche (T° max. 16 °C). Elle présente vraisemblablement un caractère rhithrophile et sténotherme d'eau froide.

- *Hydraena (Hydraena) rivularis* Guillebeau, 1896

Aire de répartition :

Cet élément est endémique du Maghreb, il est connu d'Algérie et de Tunisie.

H. rivularis est citée de plusieurs localités du Nord de l'Algérie, massifs de l'Ouarsenis, Mouzaïa, Djurdjura et Aurès (KADDOURI, 1986 ; BERTHELEMY et al., 1991 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI, 2005), et s'étend dans la partie Nord-ouest de la Tunisie (Khroumirie) (BOUMAÏZA, 1994 ; TOUAYLIA et al., 2009a).

Ecologie :

H. rivularis est selon LOUNACI-DAOUDI (1996), une espèce à large distribution altitudinale. Elle se rencontre dans des habitats variés, entre 920 et 60 m d'altitude, à biotope à eau courante, à fond hétérogène, parfois riches en matière organique.

Dans les cours d'eau étudiés, *H. rivularis* est bien représenté dans nos récoltes. Il est fréquent mais peu abondant. Il se rencontre dans des habitats variés entre 1300 et 160 m

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

d'altitude : petits ruisseaux à eau froide et à courant modéré, torrents froids de montagne, cours d'eau de piémont et de basse altitude.

- *Limnebius pilicauda* Guillebeau, 1896

Aire de répartition :

L. pilicauda est un élément qui peut être qualifié de Ouest méditerranéen. Il est connu du Maghreb et de la Sicile.

Au Maghreb, sa présence est liée aux grands massifs montagneux. En effet, elle est très répandue au Maroc (Rif et les Atlas) (BENAMAR, 2015), assez répandue en Algérie (massifs montagneux de Mouzaïa et d'Eough) (JÄCH, 1993) mais rare en Tunisie (Khroumirie) (TOUAYLIA et *al.*, 2009a). La découverte de cette espèce dans la chaîne montagneuse du Djurdjura, constitue la première citation de cette espèce en Kabylie et contribue à l'élargissement de son aire de distribution.

Ecologie :

L. pilicauda est une forme montagnarde à caractère rhithrophile. Elle est citée par divers auteurs à des altitudes élevées (jusqu'à 2000 m) dans les cours d'eau de dimensions moyennes à courant vif coulant sur un substrat grossier (TOUAYLIA et *al.*, 2009a, 2011b ; BENAMAR, 2015).

Dans les cours d'eau étudiés, elle est assez fréquente mais peu abondante. Nous l'avons récoltée dans sept stations entre 1170 et 500 m d'altitude. Elle présente une tendance alticole, rhéophile et sténotherme d'eau froide. Sa présence semble être liée aux eaux courantes de montagne, particulièrement aux petits cours d'eau à eau fraîche et à écoulement modéré, bordés d'une végétation assez dense.

- **Sous famille Ochthebiinae** Thomson, 1859

La sous famille des Ochthebiinae est représentée par deux espèces appartenant à deux sous genres : *Asiobates* et *Ochthebius* et à un seul genre : *Ochthebius*.

- *Ochthebius (Asiobates) bonnairi* Guillebeau, 1896

Aire de répartition :

O. (A.) bonnairi est un élément à distribution Ouest méditerranéenne. Il couvre la région Ouest de l'Europe méditerranéenne et le Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie).

Dans le Maghreb, on le trouve régulièrement dans les réseaux hydrographiques des massifs montagneux : Rif, Moyen-Atlas, Haut-Atlas, pour le Maroc (BENNAS et *al.*, 2001 ; BENAMAR, 2015), Mouzaïa, Djurdjura pour l'Algérie (JÄCH, 1990, 2004) et Khroumirie pour la Tunisie (NORMAND, 1933 ; JÄCH, 2004).

Ecologie :

O. (A.) bonnairei est une espèce à large spectre écologique. Elle se rencontre dans les cours d'eau de montagne et de piémont à courant modéré. En Espagne, MILLÁN et al. (2014) lui attribuent comme biotope préférentiel les ruisseaux de montagne coulant sur un substratum calcaire. Au Maroc, BENAMAR (2015) la qualifie d'espèce à tendance alticole et rhithrophile.

Dans les cours d'eau étudiés, *O. bonnairei* est largement répartie, nous l'avons récoltée depuis les stations d'altitude (1450 m) jusque dans les biotopes de piémont (370 m). Ses populations les plus denses sont enregistrées dans les biotopes de moyenne montagne (station TG2, alt. 850 m), dans des sections à courant modéré et à substrat pierreux.

- *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* Walth, 1835

Aire de répartition :

O. (O.) bifoveolatus est un élément à distribution Ouest méditerranéenne. Il est connu de la Péninsule Ibérique (MILLÁN et al., 2014), de côte atlantique Française, des îles canaries et du Maroc (BENAMAR et al., 2011 ; BENAMAR, 2015 ; BENNAS et al., 2016).

Nos investigations constituent la première citation de l'espèce en Algérie. Sa découverte dans le massif du Djurdjura montre que son aire de distribution s'étend à la partie centre nord du Maghreb.

Ecologie :

Dans la Péninsule Ibérique, MILLÁN et al. (2014) lui attribuent un caractère thermophile, peuplant préférentiellement les parties inférieures des cours d'eau ainsi que certains marais et mares côtiers à eaux très minéralisées. Au Maroc, cette espèce remonte jusqu'à 1235 m d'altitude (BENNAS, 2002).

Dans nos prélèvements, *O. (O.) bifoveolatus* semble être une espèce rare et localisée. Elle n'est connue que par trois individus récoltés dans une seule station (TG2) à 850 m d'altitude : cours d'eau de montagne de dimensions réduites, caractérisés par un écoulement modéré, un substrat grossier, une végétation bordante assez dense et une température maximale de l'eau ne dépassant pas les 17 °C.

4.3.2.- Famille des Elmidae (Latreille, 1798)

Les Elmidae sont des organismes vivants dans les biotopes lotiques. Comparativement aux autres Coléoptères, ils sont fréquents, abondants et rhéophiles. Seuls quelques éléments, tels que les *Oulimnius* et les *Esolus*, eurythermes, présentent une faible tendance limnophile et peuvent coloniser les eaux peu courantes (BERTHELEMY, 1966).

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Les Elmidae d'Afrique du Nord présentent des variations de taille généralement plus importantes qu'en Europe. Ce fait est, selon BERTHELEMY (1964), certainement lié à la grande variété des biotopes d'eau courante dans le Maghreb.

La famille des Elmidae comprend 1330 espèces appartenant à 146 genres peuplant tous les continents (JÄCH & BALKE, 2008). Cependant, elle n'est représentée en Algérie que par 19 espèces appartenant à six genres.

Les prospections réalisées dans le cadre de ce travail ont permis d'inventorier 10 espèces appartenant à cinq genres : *Elmis* (une), *Limnius* (trois), *Esolus* (trois), *Oulimnius* (deux), *Stenelmis* (une). Toutes sont déjà connues d'Algérie.

- *Elmis maugetii velutina* (Reiche, 1879)

Aire de répartition :

E. m. velutina est endémique du Maghreb. Elle est connue du Maroc (Rif, Moyen-Atlas et Haut-Atlas) et de l'Algérie (massif du Djurdjura).

Ecologie :

Cette espèce est une forme montagnarde à caractère rhithrophile et sténotherme d'eau froide. Elle est signalée par divers auteurs à des altitudes élevées dans les torrents et les ruisseaux de sources : Oued Aïssi (900 m) (LOUNACI, 1987), Rif, Moyen-Atlas et Haut-Atlas (jusqu'à 2750 m) (BOUZIDI, 1989 ; OUAHSINE, 1993 ; BERRAHOU et *al.*, 2001 ; BENNAS & SÁINZ-CANTERO, 2007 ; BENAMAR, 2015).

Dans les cours d'eau étudiés, cette espèce est assez abondante et assez fréquente. Elle a été récoltée dans sept stations entre 1450 et 500 m d'altitude, dans des habitats à substrat pierreux, à courant rapide et à température assez faible. Son absence dans les zones de piémont et à basse altitude est vraisemblablement à lier aux élévations de température et à la présence de pollution organique.

- *Esolus filum* Fairmaire, 1870

Aire de répartition :

E. filum est une espèce endémique Maghrébine. Elle est connue de plusieurs localités du Maghreb : Rif et Atlas marocains (BENNAS & SÁINZ-CANTERO, 2007 ; BENAMAR, 2015), Khroumirie (BOUMAÏZA, 1994 ; TOUAYLIA et *al.*, 2010b), massifs de Mouzaïa, Djurdjura et Chélia (OLMI, 1976 ; BERTHELEMY, 1979 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI, 2005 ; JÄCH et *al.*, 2006).

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Ecologie :

En Algérie, LOUNACI (2005) la qualifie d'espèce assez abondante et caractéristique des cours d'eau de basse altitude (380 – 200 m), vivants dans des habitats à fond pierreux avec présence de bryophytes, et à courant généralement modéré.

Au Maroc, son spectre écologique est plus ou moins large, elle remonte dans le Haut-Atlas jusqu'à 1000 m (BENNAS, 2002).

Dans les cours d'eau étudiés, la limite altitudinale supérieure de *E. filum* se situe vers 400m. Elle abonde dans les habitats des piémonts caractérisés par écoulement de l'eau modéré, et un substrat hétérogène avec présence de végétation aquatique.

- *Esolus pygmaeus* (P. W. J. Müller, 1806)

Aire de répartition :

E. pygmaeus est un élément Européo-Méditerranéen. Il a fait l'objet de plusieurs citations d'Algérie (AÏT MOULOU, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI, 2005), du Maroc (BENNAS & SÁINZ-CANTERO, 2007 ; BENAMAR, 2015) et de Tunisie (BOUMAÏZA, 1994).

Ecologie :

E. pygmaeus est une forme rhéophile et à large distribution altitudinale (HEBAUER, 1994). Elle colonise aussi bien les cours d'eau de montagne que ceux de piémont et de basse altitude, à substrat hétérogène avec présence d'algues et de macrophytes (SÁINZ-CANTERO & ALBA-TERCEDOR, 1991).

Au Maroc, elle se rencontre régulièrement dans les réseaux hydrographiques des massifs montagneux du (Rif et Moyen-Atlas) depuis 1820 m d'altitude jusqu'au niveau de la mer (BENNAS & SÁINZ-CANTERO, 2007).

En Algérie, LOUNACI (2005) la qualifie d'espèce peu abondante et localisée. Elle vit principalement dans les parties inférieures des cours d'eau, dans les biotopes chauds à courant lent riche en végétation aquatique et/ou en débris organiques.

Dans les cours d'eau étudiés, *E. pygmaeus* est récoltée dans deux stations, à 200 m et 160m d'altitude (B1, S1). Il semble bien supporter les élévations de température et la présence de matière organique.

- *Esolus sp.*

Ce taxon est différent des deux *Esolus* précédents. La capture d'adultes mâles est plus que nécessaire afin de pouvoir préciser son statut taxonomique et étudier son écologie.

Esolus sp. apparaît comme une composante du potamon. Nous l'avons noté dans deux stations de basse altitude (B1 alt. 200 m, S1 alt. 160 m) avec des densités de populations assez

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

élevées, dans des biotopes à courant lent à modéré, riches en végétation aquatique et en matière organique.

- *Limnius intermedius* Fairmaire, 1881

Aire de répartition :

L. intermedius est un élément à distribution Européenne et Circum-Méditerranéenne, connue du Maroc, d'Algérie, de Tunisie et de l'Europe méditerranéenne.

En Algérie, elle a été signalée des massifs de l'Ouarsenis et Chélia par BERTHELEMY (1964) et JÄCH et *al.* (2006).

Nos investigations constituent la première citation de l'espèce en Kabylie.

Ecologie :

L. intermedius est une espèce assez fréquente, thermophile et à spectre écologique assez large (SÁINZ-CANTERO & ALBA-TERCEDOR, 1991 ; JÄCH et *al.*, 1999 ; MILLÁN et *al.*, 2014).

Au Maroc, dans le Haut-Atlas, sa limite altitudinale se situe vers 3300 m (BENAMAR, 2015), alors qu'en Tunisie, elle semble être très localisée, sa limite altitudinale supérieure est établie à 200 m (BOUMAÏZA, 1994 ; TOUAYLIA et *al.*, 2010b).

Dans les cours d'eau étudiés, *L. intermedius* peuple les milieux les plus diversifiés. Nous l'avons récoltée dans 13 stations entre 1170 et 290 m d'altitude. Elle semble être hémisthénotherme et ne pénètre pas dans la basse vallée, probablement en raison de température estivale trop élevée et l'abondance de matière organique.

- *Limnius opacus opacus* P. W. J. Müller, 1806

Aire de répartition :

L. opacus opacus est un élément Européo-Méditerranéen. Il couvre l'Europe, l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie) et le Moyen-Orient

Cet élément est déjà cité de plusieurs localités d'Algérie : massifs montagneux de Mouzaïa et du Djurdjura (LOUNACI, 1987; AÏT MOULOUD, 1988 ; LOUNACI-DAOUDI, 1996) et du Maroc : Rif (BENNAS, 2002), Moyen-Atlas (PIHAN & MOHATI, 1985).

Ecologie :

Au Maroc, l'espèce a été retrouvée dans plusieurs localités du Rif, du Moyen-Atlas et du Haut-Atlas (DAKKI, 1987a ; BOUZIDI, 1989 ; OUAHSINE, 1993 ; BENNAS & SÁINZ-CANTERO, 2007). Ces auteurs la qualifient d'espèce à caractère rhithrophile fréquentant principalement les cours d'eau permanents de montagne.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

En Algérie, il s'agit selon LOUNACI (2005), d'une espèce commune, largement répartie dans les cours d'eau de Kabylie.

Dans nos prélèvements, *L. opacus opacus* est observée dans cinq stations entre 380 et 160m d'altitude, dans les habitats de piémont et de plaine caractérisés par un substrat hétérogène (galets, graviers, sable, limons, matière organique) et un courant rapide à moyen. L'espèce semble bien supporter les élévations de température (9 – 30 °C).

- *Limnius surcoufi* (Pic, 1905)

Aire de répartition :

L. surcoufi est une espèce endémique d'Algérie, elle n'a encore jamais été trouvée en dehors de l'Ouarsenis et du Djurdjura (BERTHELEMY, 1964 ; LOUNACI, 1987 ; JÄCH *et al.*, 2006).

Ecologie :

En Algérie, selon LOUNACI (2005), *L. surcoufi* n'est connue que par très peu d'individus récoltés dans les parties avals des cours d'eau (alt. 240 – 140 m).

Dans nos récoltes, l'espèce *L. surcoufi* est assez fréquente mais peu abondante. Elle a été rencontrée dans huit stations entre 1080 et 200 m d'altitude. Elle semble être rhéophile et se tient dans les habitats de moyenne montagne et de piémont à courant rapide à modéré.

- *Oulimnius maurus* Berthélemy, 1979

Aire de répartition :

En Algérie, les investigations entreprises en Kabylie (oued Aïssi, Parc National du Djurdjura) ont montré la présence de cette espèce dans les eaux continentales algériennes. Il s'agit, selon LOUNACI (2005), d'une espèce commune, largement répartie entre 920 et 20 m d'altitude.

Dans nos récoltes, *O. maurus* est le Coléoptère le mieux représenté dans la famille des Elmidae. Nous l'avons récolté dans 12 stations entre 1140 et 200 m d'altitude. Il est dominant, à la fois assez abondant et fréquent. Il présente une assez large valence écologique et peuple tous les types d'habitats.

- *Oulimnius* sp.

Ce taxon ne peut faire l'objet d'analyse écologique à cause des difficultés de systématique. Il semble être eurytherme et à large répartition altitudinale. Nous l'avons récolté dans sept stations en moyenne montagne, en piémont et en plaine, aussi bien dans les sections des cours d'eau rapides que dans les secteurs à courant faible, entre 900 et 160 m d'altitude. Il colonise tous les types d'habitats indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

- *Stenelmis consobrina consobrina* Dufour, 1835

Aire de répartition :

S. consobrina consobrina est une espèce à vaste répartition géographique, s'étendant de l'Afrique du Nord à l'Europe moyenne et occidentale jusqu'en Asie (MONTES & SOLER, 1986 ; RICO, 1997)

En Algérie, elle a été signalée des oueds Chéelif et Mouzaïa (ARAB, 2004) et des cours d'eau de Kabylie (LOUNACI-DAOUDI, 1996 ; LOUNACI, 2005).

Ecologie :

S. consobrina consobrina est une espèce à caractère thermophile, peuplant préférentiellement les cours moyens et inférieurs des cours d'eau.

Au Maroc, selon BERRAHOU (1995), BERRAHOU et al. (2001), BENNAS& SÁINZ-CANTERO (2007) et BENAMAR (2015), cette espèce possède une large distribution. Elle a été récoltée dans les cours d'eau du Rif, du Moyen-Atlas et du Haut-Atlas. Ces auteurs la qualifient d'espèce potamobionte fréquentant les cours d'eau de basse et de moyenne altitude.

En Algérie, LOUNACI (2005) la signale des cours d'eau de plaine et de piémont (220-140 m) avec des faibles densités, dans des biotopes à courant moyen à lent, coulant sur un fond de galets et de sable riche en matière organique.

Nos observations vont dans le même sens. Nous l'avons observée dans quatre stations entre 500 et 160 m d'altitude. Elle semble être thermophile et résistante vis-à-vis de la pollution organique.

4.4.- Considérations biogéographiques

Les Coléoptères Hydraenidae et Elmidae du Nord de l'Algérie appartiennent à la faune de l'Europe géographique et plus particulièrement la sous-région du pourtour méditerranéen, comme c'est le cas chez beaucoup d'autres groupes d'insectes aquatiques. Leurs affinités biogéographiques sont plus marquées avec l'Europe Sud occidentale qu'avec les pays de l'Est du bassin méditerranéen. Leur originalité est mise en évidence par les proportions d'endémiques élevées (56 %).

Sur les 16 éléments identifiés spécifiquement, nous distinguons :

a- Les endémiques nord-africains, au nombre de neuf, qui se répartissent en espèces micro-endémiques (trois) à aire de répartition restreinte et macro-endémiques (six) largement répandues au Maghreb.

- l'Algérie du Nord abrite trois espèces micro-endémiques : *Hydraena (H.) mouzaiensis*, *Oulimnius maurus* et *Limnius surcoufi*. Les deux premières sont limitées à la région centre Nord

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

de l'Algérie : Kabylie et Mouzaïa. Elles n'ont encore jamais été trouvées en dehors de ces massifs. La troisième couvre la Kabylie, et s'étend dans la partie Ouest du pays (Ouarsenis).

- Six autres espèces sont endémiques du Maghreb : *Hydraena (H.) leprieuri*, *Hydraena (H.) numidica*, *Hydraena (H.) pici* et *Hydraena (H.) rivularis*, couvrent les massifs montagneux de l'Algérie et s'étendent dans la partie Ouest de la Tunisie (Khroumirie).

- *Elmis maugetii velutina* et *Esolus filum*, couvrent les massifs montagneux de l'Algérie et s'étendent jusqu'au Maroc.

b- Les espèces Ouest Méditerranéennes : *Limnebius pilicauda*, *Ochthebius (A.) bonnairei* et *Ochthebius (O.) bifoveolatus*. Elles présentent une aire de répartition qui s'étend de façon plus ou moins large dans la partie Ouest de la Méditerranée. Elles couvrent le Maghreb, la Péninsule Ibérique, le Sud de la France et l'Italie.

c- Les espèces Europeo-méditerranéennes : *Esolus pygmaeus*, *Limnius intermedius*, *Limnius opacus opacus* et *Stenelmis consobrina consobrina*. Ces quatre espèces sont assez répandues dans le bassin Méditerranéen. Elles couvrent l'Europe méditerranéenne et l'Afrique du Nord.

4.5.- Analyse comparative des communautés avec les régions avoisinantes

La Kabylie du Djurdjura, grâce à ses deux façades méditerranéenne au nord et saharienne au sud, possède l'un des réseaux hydrographiques les plus complexes et des plus diversifiés en Algérie. Ses eaux continentales, de part leur richesse et leur diversité, ont suscité notre intérêt à envisager une étude faunistique comparative avec celle des régions avoisinantes telles la Tunisie et le Maroc (Rif, Moyen-Atlas, Haut-Atlas et l'Anti-Atlas).

Les investigations entreprises au cours de ces dernières décennies ont largement contribué à la connaissance des Coléoptères aquatiques Hydraenidae et Elmidae du Maghreb ou actuellement sont connues 143 espèces. Le Maroc compte 101 espèces, l'Algérie 79 et la Tunisie 68 (fig. 20 et annexe 11).

Le peuplement d'Algérie, et particulièrement de la Kabylie a été comparé à celui des régions limitrophes (tableau XVI). En Algérie sur les 79 espèces recensées, 31 sont signalées de la Kabylie, soit 40 % du total des Coléoptères Hydraenidae et Elmidae connus de ce pays, 28 de la partie Ouest (soit 36 %), 32 de la région centre (soit 41 %) et 37 de la région Est (soit 47 %).

De même pour le Maroc qui compte 101 espèces, 74 sont observées dans le Rif, soit 73 % du total des espèces connues du Maroc, 64 dans le Moyen-Atlas (soit 63 %), 53 dans le Haut-Atlas (soit 52 %) et 28 dans l'Anti-Atlas (soit 28 %).

Quant à la Tunisie où les travaux ont été menés sur l'ensemble du pays, 68 espèces ont été dénombrées.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Ainsi la richesse spécifique observée est-elle assez similaire entre ces différences géographiques.

L'analyse comparative entre les trois pays du Maghreb montre que sur le total des 143 espèces, 50 (35 %) sont communes entre l'Algérie et le Maroc, 47 (33 %) entre l'Algérie et la Tunisie et 43 (30 %) entre le Maroc et la Tunisie.

Au sein des diverses zones géographiques du Maghreb (tableau XVI), l'analyse de la répartition des données faunistiques montre qu'elles se répartissent de façon non uniforme. Au sein de chaque zone, d'importantes différences du nombre d'espèces recensées s'observent d'une localité à une autre.

Au Maroc, parmi les 101 espèces recensées, 22 sont exclusives de ce pays dont :

- *Limnebius kamali* du Rif ;
- *Limnebius zaerensis* et *Esolus bicuspidatus* du Moyen-Atlas ;
- *Ochthebius (Ochthebius) maroccanus* et *Limnius opacus jahandiezi* du Haut-Atlas ;
- *Aulacochthebius libertarius* et *Limnius stygius* de l'Anti-Atlas.

Les 15 autres ont une large répartition géographique et ne sont pas connues du reste du Maghreb.

Sur les 79 espèces inventoriées en Algérie, 13 sont exclusives de ce pays dont :

- *Hydraena (Hydraena) pallidula* limitée à la région centre-Nord de l'Algérie ;
- *Ochthebius (Ochthebius) lobocollis* à la Kabylie, *Ochthebius (Ochthebius) kienri* et *Hydraena (Hydraena) bedeli* à la région Est.

En ce qui concerne les 68 espèces Tunisiennes, sept espèces n'ont encore jamais été trouvées en dehors de la Khroumirie (Nord Ouest Tunisien) : *Hydraena (Hydraena) khroumiriana*, *Limnebius irmelae*, *Ochthebius (Ochthebius) eburneus*, *Ochthebius (Ochthebius) lividipennis*, *Ochthebius (Ochthebius) normandi*, *Ochthebius (Ochthebius) recurvatus* et *Ochthebius (Ochthebius) tunisicus*.

La comparaison des peuplements des différentes aires géographiques (tableau XVI) montre que sur les 31 espèces recensées en Kabylie, 19 (soit 61 %) sont communes avec celles du Rif, 16 (52 %) communes avec celles du Moyen-Atlas, 14 (45 %) communes avec celles du Haut-Atlas, quatre (13 %) communes avec celles de l'Anti-Atlas, et 16 (52 %) communes avec celles de la Tunisie.

La Kabylie présente une plus forte affinité avec le Rif qui peut s'expliquer par les conditions écologiques et climatiques assez proches entre les différents massifs bordant la côte méditerranéenne (Rif, Kabylie) et le degré d'affinité élevé entre les populations de ces aires géographiques.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

La comparaison de la composition spécifique entre les différents massifs montagneux du Maroc montre aussi de fortes similitudes qui décroissent avec la distance : sur les 74 espèces du Rif, 52 (soit 70 %) sont communes avec le Moyen-Atlas, 40 (54 %) avec le Haut-Atlas et 16 (22%) avec l'Anti-Atlas. Sur les 64 espèces du Moyen-Atlas, 38 (60 %) sont communes avec le Haut-Atlas et 14 (22 %) avec l'Anti-Atlas. Enfin, sur les 53 espèces du Haut-Atlas, 21 (40 %) sont communes avec l'Anti-Atlas.

A l'heure actuelle, une comparaison de la faune des Coléoptères Elmidae et Hydraenidae de Kabylie avec celles des autres régions d'Algérie paraît difficile à cause des différences dans l'état d'avancement des connaissances sur le peuplement de ces régions. Cependant, une analyse préliminaire montre que sur les 31 espèces recensées en Kabylie, 11 (35 %) sont communes à la région Ouest algérien, 16 (52 %) à la région centre et 14 (45 %) à la région Est. De même, sur les 28 espèces signalées de la région Ouest, 16 (57 %) sont communes à la région centre et 14 (50%) à la région Est. Enfin, sur les 37 espèces connues de la région Est, 19 (51 %) sont communes avec la région centre.

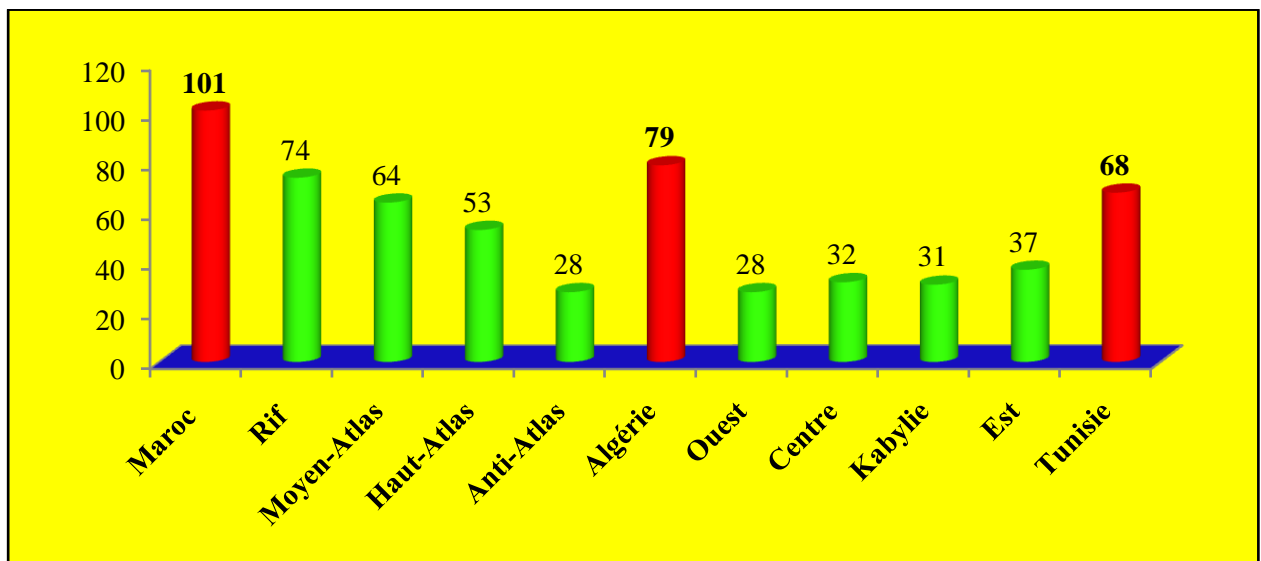


Figure 20 : Richesse spécifique des Coléoptères aquatiques d'Hydraenidae et d'Elmidae dans différentes régions du Maghreb.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Tableau XVI : Nombre d'espèces communes des Coléoptères aquatiques (Hydraenidae, Elmidae) aux différentes régions du Maghreb.

	Total espèces	Nombre d'espèces communes										
		Mar. Alg. Tun.	Algérie	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Maroc	Anti-Atlas	Haut-Atlas	Moyen-Atlas	Rif
Maroc Algérie Tunisie	143											
Algérie	79	35										
Ouest	28											
Centre	32			16								
Kabylie	31			11	16							
Est	37			14	19	14						
Maroc	101		50									
Anti-Atlas	28			4	6	4	7					
Haut-Atlas	53			11	12	14	11		21			
Moyen-Atlas	64			16	18	16	17		14	38		
Rif	74			18	19	19	22		16	40	52	
Tunisie	68		47	18	22	16	27	43	13	25	30	39

Source :

Algérie : BERTHELEMY (1964, 1979), FERRO (1985), KADDOURI (1986), LOUNACI (1987, 2005), AÏT MOULOUD (1988), BERTHELEMY *et al.* (1991), LOUNACI-DAOUDI (1996), LOUNACI *et al.* (2000a, 2000b), ARAB (2004), SELLAM *et al.* (2016), LAMINE *et al.* (2019b).

Maroc: BOUZIDI (1989), BERRAHOU *et al.* (2001), BENNAS *et al.* (2001), BENNAS (2002), CHAVANON *et al.* (2004), BENNAS & SÁINZ-CANTERO (2007), BENAMAR *et al.* (2011), BENAMAR (2015).

Tunisie : BOUMAÏZA (1994), TOUAYLIA *et al.* (2009a, 2010b, 2011b), TOUAYLIA *et al.* (2011a), GHANNEM *et al.* (2015), BENNAS *et al.* (2018).

4.6. Analyse biogéographique des espèces maghrébines

Bien que les Coléoptères aquatiques soient relativement peu connus en Algérie et dans les pays limitrophes, il est possible à partir de la bibliographie existante, d'observer quelques tendances sur la distribution géographique des éléments de ce groupe d'insectes.

Le peuplement recensé dans ce travail est en grande partie Paléarctique à caractère méditerranéen. Il est pauvre en éléments de l'Europe moyenne et septentrionale et en éléments asiatiques et afro-Tropicaux. Il présente des relations étroites avec les massifs ibériques et ceux

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

de l'Italie, de Sicile et de Sardaigne. Son originalité est mise en évidence par la proportion d'endémiques élevée comme le montre le tableau XVII.

La faune Ouest paléarctique peut être ordonnée en chorotypes selon les catégories chorologiques proposées par LA GRECA (1964, 1975) et TAGLIANTI *et al.* (1992). Ce schéma chorologique proposé, a servi de modèle pour l'attribution de catégories biogéographiques aux insectes en général et aux Coléoptères aquatiques en particulier. Cependant, ce schéma a subi de légères modifications lors de son accommodation aux Adepaga aquatiques de l'Italie (FRANCISCOLO, 1979) et aux Palpicornes du Nord de l'Espagne (VALLADARES, 1988). Nous avons adopté ce modèle pour attribuer à chacune des 143 espèces de polyphaga (Elmidae, Hydraenidae) (annexe 11) du Maghreb une catégorie chorologique en fonction de son aire d'occupation.

Afin de catégoriser le plus finement possible les types des aires de distribution adoptées par les Coléoptères aquatiques du Maghreb, certaines nouvelles catégories sont proposées. Elles sont mentionnées au-dessous de chaque grande catégorie, à laquelle elles appartiennent.

A. Distribution large dépassant le domaine paléarctique

- Distribution Sub-Cosmopolite : cette distribution couvre plus de domaines biogéographiques en plus de domaines Paléarctiques, comme l'Afrotropicale, Orientale etc.
- Distribution Holarctique : cette distribution couvre le domaine Paléarctique et Néarctique.

B. Distribution Paléarctique

- Distribution Holo-Paléarctique : elle couvre la région Euro-asiatique, la région Macaronésienne et le Nord de l'Afrique.
- Distribution Paléarctique-Occidentale : où Ouest Paléarctique, elle couvre l'Europe jusqu'à l'Oural, le Caucase, l'Anatolie jusqu'au sud des Himalaya, le Nord de l'Afrique et la région Macaronésienne.

B. Distribution Paléarctique

- Distribution Holo-Paléarctique : elle couvre la région Euro-asiatique, la région Macaronésienne et le Nord de l'Afrique.
- Distribution Paléarctique-Occidentale : où Ouest Paléarctique, elle couvre l'Europe jusqu'à l'Oural, le Caucase, l'Anatolie jusqu'au sud des Himalaya, le Nord de l'Afrique et la région Macaronésienne.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Tableau XVII : Comparaison du nombre de genres (**Nb. G**), d'espèces (**Nb.Esp**), de micro-endémiques (**EN**) et d'endémiques maghrébines (**E Mag**) et % d'endémisme (**% End**) des Coléoptères Elmidae et Hydraenidae d'Algérie, du Maroc et de la Tunisie.

Familles	ALGERIE							MAROC							TUNISIE						
	Nb. G	Nb. Esp	EN	% End	E Mag	EN + E Mag	%	Nb. G	Nb. Esp	EN	% End	E Mag	EN + E Mag	%	Nb. G	Nb. Esp	EN	% End	E Mag	EN + E Mag	%
Hydraenidae	4	60	9	15	13	22	36,36	4	78	15	17,94	7	21	26,92	4	57	7	12,28	13	20	35
Elmidae	6	19	4	21	7	11	57,9	8	23	7	30,43	5	12	52,17	6	11	0	0,00	4	4	36,36
Total	10	79	13	16,45	20	33	41,77	12	101	22	21,78	12	33	32,67	10	68	7	10,30	17	24	35,30

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

- Distribution Européo-Méditerranéenne : elle couvre l'Europe et le domaine Méditerranéen. Deux sous catégories sont proposées pour les espèces dont la distribution se limite à l'Europe ou à sa partie occidentale en plus du Maghreb :

- Distribution Européo-Maghrébine : elle couvre l'Europe et le Maghreb.

- Distribution Ouest Européo-Maghrébine : elle couvre l'Europe occidentale et le Maghreb.

- Distribution Centroasiatico-Européo-Méditerranéenne : cette distribution couvre depuis le désert de Gobi jusqu'à la dépression Caspienne, l'Iran, le Moyen-Orient, l'Anatolie, le Caucase, l'Europe Centro-méridionale et le Nord de l'Afrique.

- Distribution Turanique-Européo-Méditerranéenne : cette distribution couvre l'Europe Centro-méridionale, le Nord de l'Afrique, le Moyen Orient, l'Anatolie, le Caucase, l'Iran et le Turkestan occidental. Une sous catégorie est proposée pour les espèces dont la distribution se limite au sein du bassin Méditerranéen qu'au pays du Maghreb.

- Distribution Turanique-Européo-Méditerranéenne : elle couvre l'Europe Centro-méridionale, le Maghreb et le Turkestan occidental.

C. Distribution Méditerranéenne

- Distribution Holo-Méditerranéenne : distribution couvrant les pays du pourtour Méditerranéen.

- Distribution Atlanto-Méditerranéenne : distribution proposée par la GRECA (1964). Elle couvre les pays du pourtour Méditerranéen avec un prolongement vers le domaine Atlantique Européen et la région Macaronésienne.

- Distribution Sud-Méditerranéenne : distribution proposée par la GRECA (1964). Elle couvre les pays du Sud de la Méditerranée.

- Distribution Méditerranéenne-Occidentale : distribution limitée à la Péninsule Ibérique, le Maghreb, la France et/ou l'Italie.

- Endémiques Maghrébines : distribution limitée au trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie) ou uniquement à deux d'entre eux.

- Endémiques Ibéro-Maghrébines : distribution limitée à la Péninsule Ibérique et au 3 pays du Maghreb, parfois uniquement à l'Espagne et au Maroc.

- Endémique Algérienne : distribution limitée à l'Algérie.

- Endémique Marocaine : distribution limitée au Maroc.

- Endémique Tunisienne : distribution limitée à la Tunisie.

4.6.1.-Résultats

Le nombre d'espèces et sous-espèces de chacun des groupes ou sous-groupes, ainsi que leur pourcentage par rapport au total est exprimé comme suit :

4.6.1.1.-Groupe d'espèces à large distribution

Il comprend les espèces dont la distribution dépasse largement le domaine Paléarctique. Il s'agit de cinq espèces représentant 3,5 % du total réparties dans cinq sous-groupes :

- Espèces de distribution Holarctique : une espèce (soit 20 %) : *Ochthebius (Ochthebius) marinus*;
- Espèces de distribution Paléarctique-Afrotropicale : une (20 %) : *Aulacochthebius exaratus*.
- Espèces de distribution Paléarctique-Orientale : une (20 %) : *Ochthebius (Ochthebius) subinteger*.
- Espèces de distribution Afrotropicale-Méditerranéenne : une (20 %) : *Ochthebius (Ochthebius) quadrifoveolatus*.
- Espèces de distribution Afrotropical-Nord-Africaine : une (20 %) : *Hydraena (Hydraena) quadricollis*.

4.6.1.2.-Groupes d'espèces de distribution Paléarctique

Il comprend 19 espèces représentant 13,28 % du total, et se répartissent dans six sous-groupes :

- **Espèces de distribution Holo-Paléarctique** : quatre (21,05 %) : *Ochthebius (Ochthebius) foveolatus*, *Ochthebius (Ochthebius) pusillus*, *Potamophilus acumintaus* et *Riolus cupreus*.
- **Espèces de distribution Paléarctique méridional** : une (5,26 %) : *Ochthebius (Ochthebius) pedicularius*.
- **Espèces de distribution Centroasiatico-Européo-Méditerranéenne** : une (5,26 %) : *Ochthebius (Ochthebius) meridionalis*.
- **Espèces de distribution Européo-Méditerranéenne** : six (31,57 %) : *Limnius intermedius*, *Limnius opacus opacus*, *Normandia nitens*, *Esolus pygmaeus*, *Esolus parallelepipedus* et *Ochthebius (Ochthebius) viridis fallociossus*.
- **Espèces de distribution Européo-Maghrébine** : cinq (26,31 %) : *Hydraena (Phothydraena) testacea*, *Limnebius truncatellus*, *Ochthebius (Asiobates) opacus*, *Ochthebius (Ochthebius) metallescens* et *Ochthebius (Ochthebius) nobilis*.

- **Espèces de distribution Ouest-Européo-Maghrébine** : deux (10,52 %) : *Ochthebius (Ochthebius) nanus* et *Macronychus quadrituberculatus*.

4.6.1.3.-Groupe d'espèces de distribution Méditerranéenne

Il comprend 119 espèces représentant 83,21 % qui se répartissent en cinq sous-groupes :

- **Espèces de distribution Atlanto-Méditerranéenne** : six (5,04 %) : *Ochthebius (Asiobates) aeneus*, *Ochthebius (Asiobates) dilatatus*, *Ochthebius (Ochthebius) poweri*, *Ochthebius (Ochthebius) punctatus*, *Oulimnius rivularis* et *Oulimnius troglodytes*.

- **Espèces de distribution Holo-Méditerranéenne** : 12 (10,08 %) : *Limnebius perparvulus*, *Ochthebius (Asiobates) maculatus*, *Ochthebius (Ochthebius) auropallens*, *Ochthebius (Ochthebius) corrugatus*, *Ochthebius (Ochthebius) difficilis*, *Ochthebius (Ochthebius) mediterraneus*, *Ochthebius (Ochthebius) reyi*, *Ochthebius (Ochthebius) salinator*, *Ochthebius (Ochthebius) semisericeus*, *Ochthebius (Ochthebius) subpictus*, *Ochthebius (Ochthebius) viridescens* et *Stenelmis consobrina consobrina*.

- **Espèces de distribution Sud-Méditerranéenne** : quatre (3,36 %) : *Ochthebius (Ochthebius) eyrei*, *Ochthebius (Ochthebius) thermalis*, *Ochthebius (Ochthebius) viridis* sp. 2 et *Oulimnius aegyptiacus*.

- **Espèces de distribution Méditerranéenne-Occidentale** : 13 (10,92 %) : *Hydraena (Hydraena) cordata*, *Hydraena (Phoehydraena) atrata*, *Limnebius furcatus*, *Limnebius oblongus*, *Ochthebius (Asiobates) bonnairrei*, *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus*, *Ochthebius (Ochthebius) cuprescens*, *Ochthebius (Ochthebius) fossulatus*, *Ochthebius (Ochthebius) grandipennis*, *Ochthebius (Ochthebius) pilosus*, *Ochthebius (Calobius) quadricollis*, *Hydraena (Holcohydraena) rugosa* et *Ochthebius (Ochthebius) tacapasensis tacapasensis*.

- **Espèces de distribution Est Méditerranéenne** : une (0,84 %) : *Ochthebius (Ochthebius) abeillei*.

- **Espèces endémiques au sens de Berthélemy & Whytton da terra (1980)** : ce groupe comprend 83 espèces représentant 70 % du total des éléments méditerranéens. Ils se répartissent en quatre sous-groupes :

- **Espèces de distribution Maghrébine** : 23 (27,71 %) : *Elmis maugetii velutina*, *Esolus filum*, *Hydraena (Hydraena) kocheri*, *Hydraena (Hydraena) leprieuri*, *Hydraena (Hydraena) numidica*, *Hydraena (Hydraena) pici*, *Hydraena (Hydraena) rigua*, *Hydraena (Hydraena) rivularis*, *Hydraena (Hydraena) scabrosa*, *Limnebius nitifarus*, *Limnebius pilicauda*, *Limnebius theryi*, *Normandia robustior*, *Normandia substriata*, *Normandia villosocostata*, *Ochthebius (Ochthebius) atriceps*, *Ochthebius (Ochthebius) gauthieri*, *Ochthebius (Ochthebius) mauretanicus*, *Ochthebius (Ochthebius) praetermissus*, *Ochthebius (Ochthebius) silfverbergi*, *Ochthebius (Ochthebius) velutinus*, *Oulimnius hipponensis* et *Oulimnius villosus*.

• **Espèces de distribution Ibéro-Maghrébine** : 18 (21,68 %) : *Hydraena* (*Hydraena*) *allomorpha*, *Hydraena* (*Hydraena*) *bisulcata*, *Hydraena* (*Hydraena*) *capta*, *Hydraena* (*Phothydraena*) *hernandoi*, *Limnebius* *bacchus*, *Limnebius* *evanescens*, *Limnebius* *extraneus*, *Limnebius* *fretalis*, *Limnebius* *maurus*, *Ochthebius* (*Asiobates*) *figueroi*, *Ochthebius* (*Asiobates*) *immaculatus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *anxifer*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *merinidicus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *notabilis*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *quadrifossulatus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *serratus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *judemaessi* et *Oulimnius* *fuscipes*.

• **Espèces endémiques Algériennes** : 13 (15,66 %) *Hydraena* (*Hydraena*) *algerina*, *Hydraena* (*Hydraena*) *audisioi*, *Hydraena* (*Hydraena*) *bedeli*, *Hydraena* (*Hydraena*) *chobauti*, *Hydraena* (*Hydraena*) *explanata*, *Hydraena* (*Hydraena*) *mouzaiensis*, *Hydraena* (*Hydraena*) *pallidula*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *kienri*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *lobocollis*, *Limnius* *surcoufi*, *Oulimnius* *maurus*, *Oulimnius* *reygassei* et *Stenelmis* *leblanci*.

• **Espèces endémiques Marocaines** : 22 (26,50 %) : *Aulacochthebius* *libertarius*, *Elmis* *atlantis*, *Esolus* *bicuspidatus*, *Esolus* *theryi*, *Hydraena* (*Hydraena*) *africana*, *Hydraena* (*Hydraena*) *antiatlantica*, *Hydraena* (*Hydraena*) *riberai*, *Limnebius* *zaerensis*, *Limnebius* *aguilerai*, *Limnebius* *alibei*, *Limnebius* *kamali*, *Limnebius* *kocheri*, *Limnebius* *mesatlanticus*, *Limnius* *opacus jahandiezi*, *Limnius* *stygius*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *lanarotis lanarotis*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *maroccanus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *perpusillus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *griotes*, *Oulimnius* *jaechi* et *Stenelmis* *peyerimhoff*. Dans cette catégorie on ajoute *Ochthebius* (*Ochthebius*) *tivelunus* à distribution Marocaine avec extension aux îles canaries.

• **Espèces endémiques Tunisiennes** : sept (8,43 %) : *Hydraena* (*Hydraena*) *khroumiriana*, *Limnebius* *irmelae*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *eburneus*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *lividipennis*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *normandi*, *Ochthebius* (*Ochthebius*) *recurvatus* et *Ochthebius* (*Ochthebius*) *tunisicus*.

Les limites entre ces différentes catégories ne sont pas évidentes et il existe bien entendu des cas intermédiaires difficiles à classer, dont l'attribution à tel ou tel groupe restera toujours contesté. Cette difficulté est notamment due à la position du carrefour du monde méditerranéen. Mais des changements concernant ces quelques « cas limites » ne modifieraient pas la vision globale que l'on peut avoir du peuplement Coléoptérologique du Maghreb.

La figure 21 représente la composition des éléments des 143 espèces et sous espèces du peuplement des coléoptères aquatiques (Elmidae et Hydraenidae) du Maghreb. Ils sont regroupés en trois grandes catégories chorologiques : Paléarctique, Méditerranéenne et à Large distribution. De cette catégorisation, il ressort clairement que la composition faunistique de ces deux familles de Coléoptères aquatiques, est constituée fondamentalement d'éléments méditerranéens (83 %) Paléarctique, (13 %), alors que les éléments à large distribution constituent une minorité (4 %).

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Parmi les éléments à large distribution (fig. 22) de l'ensemble des Coléoptères aquatiques du Maghreb, les catégories chorologiques mentionnées sont constituées par le même nombre d'espèces, une pour chacune des cinq catégories.

Au sein des éléments Paléarctique constituant l'ensemble des Coléoptères aquatiques du Maghreb (fig. 23), le chorotype Européo-Méditerranéen (32%) l'emporte sur les autres éléments. Il est suivi par des pourcentages très proches par les chorotypes Européo-Maghrébine (26 %) et Holo-Paléarctique (21 %), puis viennent le chorotype, Ouest Européo-Maghrébine (11 %), Paléarctique méridional (5 %) et Centroasiatico-Européo-Méditerranéenne 5 %.

Comme le montre la figure 21, l'essentiel des Coléoptères aquatiques du Maghreb est constitué d'éléments Méditerranéens. Au sein de ces derniers, il y a une nette prédominance des endémiques (70 %) au sens de BERTHELEMY & WHYTTON DA TERRA (1980) (fig.24). Ils sont suivis d'espèces, présentant une diffusion légèrement plus ample dans le continent Européen (chorotype Méditerranéen Occidental), et atteignant à peine la France (cas de *Hydraena cordata*) ou uniquement l'île de la Sicile dans le cas de l'espèce *Ochthebius (Ochthebius) bonnairei* ou la France et l'Italie cas de *Limnebius oblongus*. Ces deux chorotypes sont suivis par le chorotype Holo-Méditerranéen, espèces de diffusion couvrant tous les pays du pourtour Méditerranéen. Ainsi, viennent les chorotypes Atlanto-Méditerranéen, Sud-Méditerranéen et Est-Méditerranéen avec des pourcentages moins importants, respectivement 5%, 3 % et 1 %.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

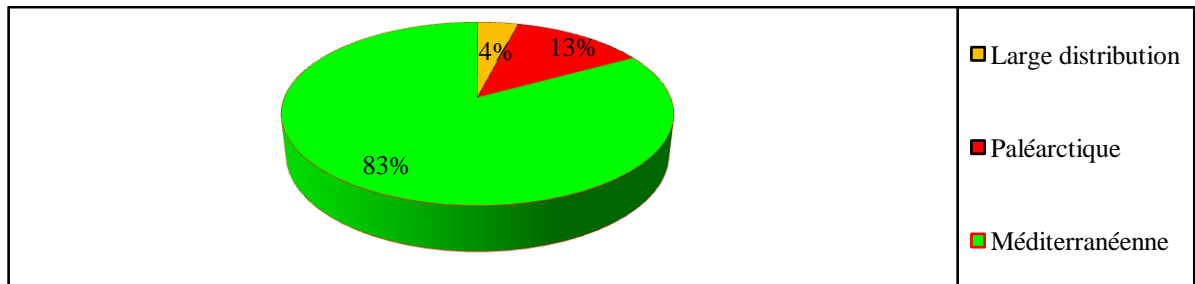


Figure 21 : Composition chorologique des Coléoptères aquatiques Hydraenidae et Elmidae du Maghreb.

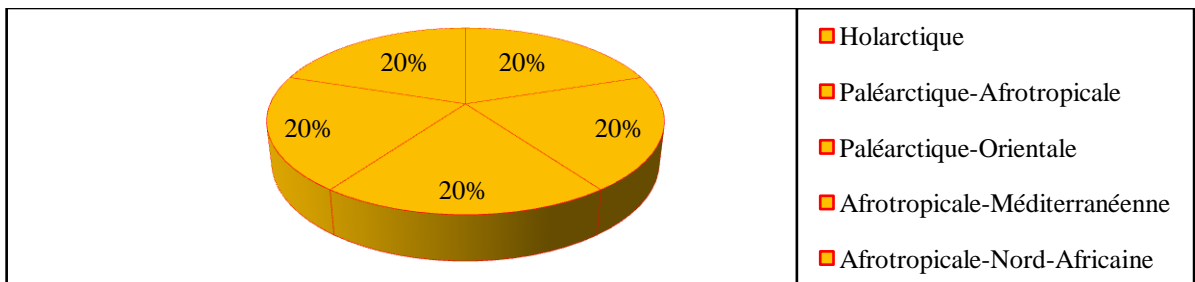


Figure 22 : Composition du chorotype " Large distribution " des Coléoptères aquatiques Hydraenidae et Elmidae du Maghreb.

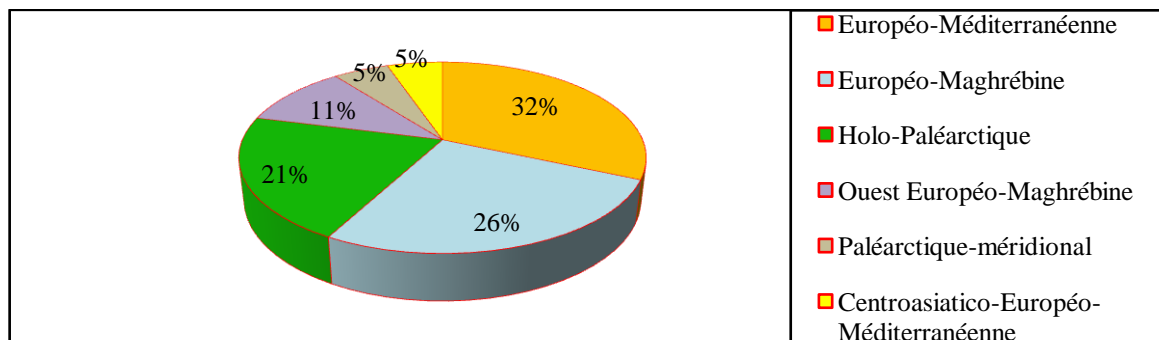


Figure 23 : Composition du chorotype " Paléarctique " des Coléoptères aquatiques Hydraenidae et Elmidae du Maghreb.

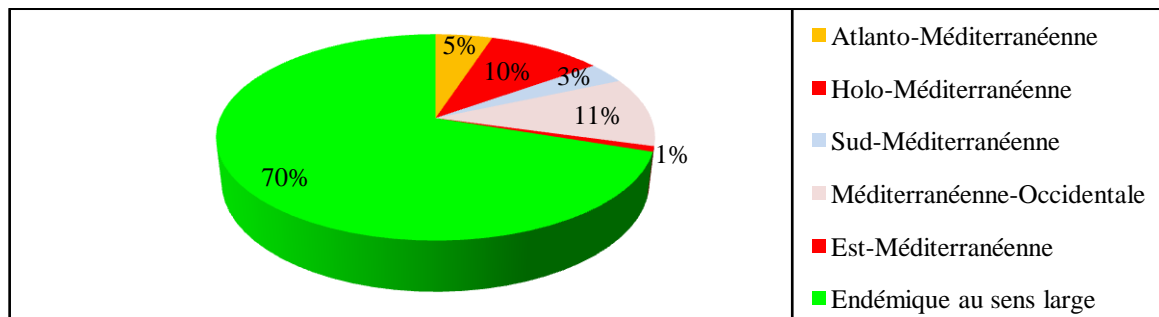


Figure 24 : Composition du chorotype " Méditerranéen " des Coléoptères aquatiques Hydraenidae et Elmidae du Maghreb.

4.7.- Discussion

Contrairement aux Hydrocanthares (Haliplidae, Dytiscidae), essentiellement limnophiles, les Elmidae et les Hydraenidae sont généralement rhéophiles, peuplant les milieux à faciès lotique, aussi bien les eaux froides que les eaux chaudes de basse altitude et de plaine. Seuls quelques éléments, tels que les *Oulimnius* et les *Esolus*, eurythermes, présentent une faible tendance limnophile et peuvent coloniser les eaux peu courantes (THOMAS & BERTHELEMY, 1991 ; JÄCH, 1995 ; LOUNACI, 2005).

Le présent travail a permis l'acquisition de quelques données intéressantes au point de vue systématique, biogéographique et écologique sur les Coléoptères Elmidae et Hydraenidae d'Algérie. Notre étude essentiellement dans les milieux d'eau courante, nous a permis de recenser 18 taxa (Elmidae 10, Hydraenidae huit) dont *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* est nouvellement citée pour l'Algérie et *Hydraena (Hydraena) leprieuri*, *Limnebius pilicauda* et *Limnius intermedius* pour la Kabylie et portent ainsi à 31 le total des espèces actuellement recensées dans cette région et à 79 sur le territoire algérien. Ces résultats constituent une appréciable contribution à la connaissance des Coléoptères d'Afrique du Nord.

La richesse spécifique de ce peuplement apparaît faible comparée à celle d'autres cours d'eau des pays limitrophes. A titre d'exemple, 64 espèces ont été signalées dans le Moyen-Atlas, 53 dans le Haut-Atlas et 74 dans le Rif (BERTHELEMY et al., 1991 ; BENNAS, 2002 ; TOUABAY et al., 2002 ; JÄCH et al., 2005 ; BENAMAR et al., 2011 ; BENAMAR, 2015).

Les différences faunistiques observées résulteraient des conditions écologiques différentes entre les réseaux hydrographiques des massifs montagneux du Maroc par exemple et ceux d'Algérie. En effet, un grand nombre de cours d'eau du Maroc présentent une large amplitude altitudinale. Leurs caractéristiques mésologiques plus proches de celles des réseaux du Sud-ouest de l'Europe que de celles des autres pays du Maghreb (BOUZIDI & GIUDICELLI, 1994 ; TOUABAY et al., 2002), ont favorisé le développement d'une faune riche et diversifiée. Dans cette faune figurent de nombreuses espèces potamophiles, rares ou absentes dans les cours d'eau algériens, et aussi au contraire, un contingent d'espèces sténothermes d'eau froide, exclusif aux réseaux hydrographiques du Maroc et particulièrement ceux du Rif, du Haut-Atlas et du Moyen-Atlas.

Les Coléoptères aquatiques (Elmidae et Hydraenidae) collectés en Kabylie correspondent dans leur globalité au peuplement des cours d'eau à écoulement rapide à modéré. Leurs richesses spécifiques et leurs abondances ne sont pas importantes à la plupart des stations étudiées. Elles sont maximales dans les cours d'eau de moyenne montagne et de piémont (alt. 1000 – 300 m) caractérisés par un substratum pierreux, un couvert végétal bordant assez dense et des températures estivales peu élevées. Inversement, les cours d'eau d'altitude (> 1000 m) aux conditions hydrologiques et écologiques bien différentes (forte pente, fond érodé, couvert végétal absent, assèchement plus ou moins long...) ainsi que ceux de plaine (alt. < 300 m) où la

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

température estivale est trop élevée à la suite des réductions de débit auxquelles s'ajoute l'accumulation des rejets anthropiques, n'hébergent que peu d'espèces.

L'analyse de la distribution longitudinale des Coléoptères Hydraenidae et Elmidae des cours d'eau étudiés, se traduit d'abord par la présence, dans sa globalité, d'un peuplement à caractère rhéophile et dont l'abondance de l'amont vers l'aval semble être régie par les ressources trophiques et la diversité des habitats.

La richesse spécifique la plus élevée apparaît dans les milieux de moyenne montagne (900 – 500 m). La prolifération optimale des éléments de ces deux familles dans ces zones peuvent certainement être expliquée par l'augmentation du nombre de niches écologiques. Les stations de ces secteurs constituent, en effet, des milieux favorables à l'installation d'une faune riche et diversifiée grâce à une végétation environnante et aquatique relativement abondante, un substrat hétérogène mais à dominance de galets) et une température de l'eau peu élevée.

En effet, la prédominance des Hydraenidae en moyenne montagne a été déjà montrée par BERHELEMY (1966) et LOUNACI (2005). Ici, cette famille est représentée par huit espèces dont trois : *Hydraena (H.) mouzaiensis*, *Hydraena (H.) pici* et *Ochthebius (O.) bifoveolatus* ont une préférence marquée pour les ruisseaux et les parcours ombragés de moyenne montagne. Elles sont rhéophiles et sténothermes d'eau froide.

Dans les ruisseaux de sources (alt. > 1000 m), le nombre d'espèces récolté est considérablement réduit. Les sites d'altitude ne semblent pas constituer des lieux préférentiels pour les éléments de ces deux familles de Coléoptères. Leur pauvreté est vraisemblablement la conséquence d'une végétation aquatique peu abondante, voire absente, d'un substrat caillouteux, une température de l'eau assez basse et des apports trophiques moins importants qu'ailleurs. De même, l'appauvrissement des stations de piémont et de basse altitude est à mettre en relation avec la réduction du débit d'étiage, l'élévation de la température de l'eau en période estivale et les impacts négatifs des différentes actions anthropiques. Dans ce type de milieu, ne peuvent persister que les espèces les plus euryèces.

L'analyse du peuplement des différents milieux inventoriés nous permet de reconnaître au sein des deux familles :

- les espèces strictement localisées dans les sites de moyenne altitude, à parcours ombragés, à écoulement de l'eau rapide à moyen et à eau relativement fraîche, qui caractériseraient cette zone : *Hydraena (H.) mouzaiensis*, *Hydraena (H.) pici*, *Ochthebius (O.) bifoveolatus*.

- les espèces inféodées aux habitats du potamal, bien connues de cette zone dans le bassin méditerranéen : *Esolus filum*, *Esolus pygmaeus*, *Limnius opacus opacus* et *Stenelmis consobrina consobrina*.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

- les espèces à vaste répartition, eurytopes et eurythermes : *Hydraena (H.) leprieuri*, *Hydraena (H.) numidica*, *Hydraena (H.) rivularis*, *Ochthebius (A.) bonnairei*, *Limnebius pilicauda*, *Elmis maugetii velutina*, *Limnius intermedius*, *Limnius surcoufi* et *Oulimnius maurus*.

Du point de vue biogéographique, les Hydraenidae et les Elmidae d'Algérie, comme les autres familles d'invertébrés d'eau courante, sont fondamentalement d'origine paléarctique, largement répartis dans la sous-région méditerranéenne.

Les zones les plus riches correspondent aux massifs montagneux les plus humides, comme la Kabylie par exemple. Cette richesse dépend aussi de la position géographique des massifs montagneux dans le contexte méditerranéen ; ainsi le Maroc avec 101 espèces, abrite une faune plus diversifiée que l'Algérie (79 espèces) ou la Tunisie (68 espèces) ; cette richesse s'explique par la proximité de l'Espagne qui a permis les échanges faunistiques les plus importants entre l'Afrique du Nord et l'Europe, comme en atteste la prépondérance des espèces à affinité Ibérique dans tout le Maghreb.

La faune d'Algérie avec 79 espèces apparaît typiquement Ouest-Paléarctique. Son originalité est marquée par la proportion élevée d'endémiques (50 %), caractère marquant de cette faune et témoignant ainsi d'un long isolement de l'Afrique du Nord de l'Europe à la fin du tertiaire et de la désertification du Sahara au quaternaire. Ces deux phénomènes ont constitué une barrière biogéographique à la faune de l'Europe et de l'Afrique (LOUNACI & VINÇON, 2005).

Conclusion

Avec 18 espèces ou taxa, cette étude des cours d'eau de la Kabylie du Djurdjura a permis d'augmenter d'une espèce la liste des Coléoptères Elmidae et Hydraenidae d'Algérie. Ce peuplement présente une majorité d'espèces paléarctiques largement réparties dans la sous-région méditerranéenne. Son originalité est mise en évidence par la proportion d'endémiques élevée (56%).

La distribution longitudinale des éléments de ce groupe semble dépendre ici des conditions environnementales : le climat et l'hydrologie d'une part, les ressources trophiques et l'influence anthropique d'autre part. Le courant (rapide à moyen) et la nature du substrat (à granulométrie grossière) agissent en favorisant la prolifération des espèces rhéophiles appartenant essentiellement aux Hydraenidae. En milieu lentique (courant faible ou nul, granulométrie fine), on assiste plutôt au développement des espèces lénitophiles qui se recrutent parmi les Elmidae.

L'analyse faunistique a permis de mettre en évidence une grande richesse spécifique dans les zones de moyenne montagne, de piémont et de basse altitude qui sont les plus hétérogènes. Au contraire, la réduction du nombre d'espèces en amont est due aux conditions constantes du milieu.

Chapitre III : La faune – Coleoptera (Elmidae, Hydraenidae)

Un important travail taxonomique reste à faire sur les larves et les adultes de Coléoptères en région Nord africaine. La prospection de nouveaux biotopes enrichira certainement cet inventaire faunistique et permettra de mieux connaître la répartition et l'écologie des espèces et particulièrement celles rares et localisées.



Biodiversity and chorology of aquatic beetles (Coleoptera: Elmidae and Hydraenidae) in Kabylia (central-north Algeria). New records and updates

SMAIL LAMINE¹, ABDELKADER LOUNACI¹ & NARD BENNAS^{2,3}

¹ *Laboratoire Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques
Université de Mouloud Mammeri - Tizi-Ouzou—Algérie. E-Mail: lounaci@yahoo.fr*

² *Département de Biologie, Faculté des Sciences de Tétouan, Université Abdelmalek Essaâdi. Tétouan, Maroc. E-mail: nbennas@hotmail.com*

³ *Corresponding author*

Abstract

This work presents a list of water beetles of the families Hydraenidae and Elmidae occurring in Kabylia (central-north of Algeria) based on an exhaustive review of literature (1872–2016) and on more than 2126 individuals collected during field campaigns (2013–2015). Twenty-five species belonging to nine genera of Hydraenidae and Elmidae are here recorded from a total of 25 sites. *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* Waltl, 1835 is here recorded for the first time from Algeria; *Hydraena leprieuri*, *Limnebius pilicauda*, and *Limnius intermedius* are new records for Kabylia.

A biogeographical analysis shows that the Hydraenidae and Elmidae from Kabylia are essentially Mediterranean (80%) and Palearctic (20%) elements. Elements with wider distributions are absent.

Key words: Aquatic coleoptera, Hydraenidae, Elmidae, inventory, new records, chorotypes, Sebaou basin, Kabylia Region, Algeria

Introduction

Northern Algeria is located in the Mediterranean Basin hotspot, one of 34 global areas with high biodiversity and high levels of threat (Myers *et al.* 2000). It includes a wide spectrum of wetlands, many of which of high international importance (Samraoui & Samraoui 2008). Kabylia is located in the central-north Mediterranean region of Algeria. It is situated between two different geographical frames, the coast and the mountains. The region is important because of its biogeography, landscape and an exceptional floral and faunal diversity.

Despite the above mentioned facts, water beetle communities in Algerian hydrosystems have received little attention from specialists, either Algerian or foreign. Information about the Algerian Coleoptera fauna can be found in the North African catalogues from the nineteenth century or early twentieth (Bedel 1895; Peyerimhoff 1905, 1925; Gauthier 1928), in the Algerian catalogues (Reiche 1872; Pic 1905), and recently in the Palearctic Catalogues (Löbl & Löbl 2015, 2016, 2017). In the last decade, faunistic studies have contributed to the knowledge of some families of aquatic beetles in Algeria, such as: Hydrophilidae, Hydrochidae, Haliplidae and Dytiscidae (Bouzid & Incekara 2006; Incekara 2007; Incekara & Bouzid 2007; Incekara *et al.* 2007; Fery & Bouzid, 2016). Several other studies regarding macroinvertebrates (attached) have emerged from some northern Algerian sources (Mason 1939; Lounaci 1987, 2005; Aït Mouloud 1988; Lounaci-Daoudi 1996; Lounaci *et al.* 2000; Haouchine 2011) broadening the knowledge on Coleoptera in the country.

Among water beetles, Elmidae and Hydraenidae constitute an important component of the biota of running waters and their numbers and diversity are considered a reliable indicator of a healthy fluvial system (García-Criado & Fernández-Aláez 1995, 2001). It is crucial to update the knowledge of Elmidae and Hydraenidae of northern Algeria, because information on those taxa is fairly scattered throughout the literature.

The relevant works providing the majority of information on Algerian species (including descriptions and identification keys) are the following: on Hydraenidae, Sainte-Claire Deville (1905, 1906), Ferro (1985), Kaddouri (1986), Jäch (1989, 1990, 1992, 1993) and Berthélemy *et al.* (1991); and on Elmidae, Alluaud (1922), Berthélemy (1962, 1964, 1979) and Olmi (1976).

None of these sources offers a comprehensive list of Kabylia fauna, mainly because of neglect and/or probably unintentional omissions of otherwise common species. No specific studies on these families in Kabylia have previously been published. According to all the above mentioned papers, 12 Hydraenidae species and nine Elmidae species had thus far been recognized in Kabylia.

The main goal of this study is to contribute to the improvement of the current knowledge of Elmidae and Hydraenidae species from Kabylia and the Sebaou River basin, as well as the identification of the chorotypes to which they belong and the listing of main threats to their habitats.

Material and methods

Study area. Kabylia is located in the central-north of Algeria. It is divided into two distinct sub-regions: i) the Djurdjura, which constitutes the largest limestone massif of the Tell Atlas with peaks often exceeding 2000 m altitude, abundant rainfall (1200–1500 mm) and relatively low water temperatures (8°C–16°C) (Derridj 1990; Lounaci & Vinçon 2005); the Sebaou Valley, an elongated and flared depression due to its geological structure and the nature of the terrain (Kabylia magmatic and metamorphic basement massifs), drained by Oued Sebaou, the major river of Djurdjura Kabylia. In this subregion, average annual rainfall is 700 mm and average water temperatures are 18 °C (Lounaci 2005). The watershed of the Sebaou (Fig. 1) has nearly 4000 km² and runs from the Djurdjura massif to the Sebaou valley. The dominant feature of the streams is the irregularity of discharge, floods alternating with low water episodes. Water deficit in the summer period induces a temporary flow regime for a large number of streams (Lamine *et al.* 2019).

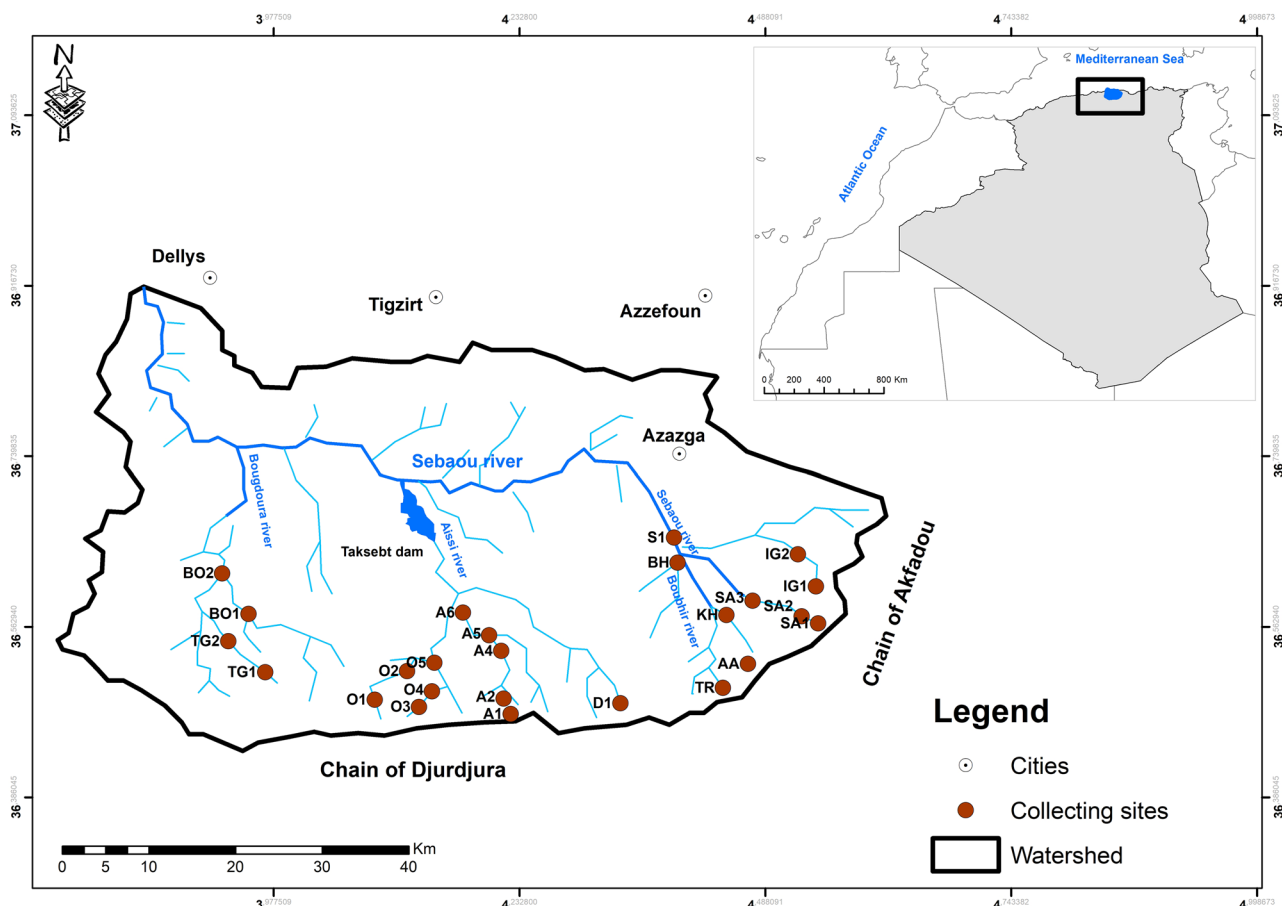


FIGURE 1. Map of Kabylia in Algeria, basin of Sebaou River (along with its main tributaries) and location of collecting sites

Sampling. The material from the Kabylia watercourses was collected during the spring and summer of 2013–2015 from 25 sampling sites located in the main tributaries rivers (Oueds, Assif and Wadi in local name) of the Sebaou River basin: Oueds Boubhir, Aïssi and Bougdoura (Fig. 1). The positions, metric coordinates, habitat types,

permanent or intermittent character, altitudes of the sampling sites, as well as the anthropogenic impacts observed at sampling sites are indicated in Table 1.

TABLE 1. List of localities sampled in Kabylia with GPS coordinates, altitude and other characteristics recorded.

Code	Station	Locality	Altitude (m)	Geographic coordinate	Habitat Type	Permanent/ Intermittent	Threat
TG1	Aïn Assif N'Kharathen	Thala Guilef	1450	36° 30.951'N 003° 58.125'E	Springs	Permanent	Grazing
TG2	Aïn Djemâa-Tarchi	Thala Guilef	1200	36° 32.882'N 003° 55.823'E	Springs	Intermittent	
BO1	Aïn Tinzert	Ait Ali	900	36° 34.590'N 003° 57.085'E	Springs	Permanent	Domestic water pollution
BO2	Assif Chemlili	Ait Ali	500	36° 37.115'N 003° 55.452'E	Middle courses of rivers	Permanent	Domestic water pollution
D1	Oued Djemâa	Hammam Boudrar	900	36° 29.020'N 004° 20.256'E	Headwater streams	Permanent	Domestic water pollution
A1	Assif n'Ath Agad	Source Arbailou	920	36° 28.351'N 004° 13.424'E	Springs	Permanent	Domestic water pollution
A2	Assif n'Ath Agad	500 m downhill A1	810	36° 29.317'N 004° 12.978'E	Springs	Intermittent	Domestic water pollution
A4	Assif Larbâa	Ouacifs	380	36° 32.287'N 004° 12.830'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution
A5	Assif Larbâa	6 km downhill Ouacifs	300	36° 33.253'N 004° 12.087'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution, sand and gravel extraction
A6	Assif Larbâa	13 km downhill Ouacifs	200	36° 34.664'N 004° 10.453'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution, sand and gravel extraction
O1	Assif Tamdha	Ath Oulhadj	850	36° 29.243'N 004° 4.957'E	Headwater streams	Intermittent	Swimming impact
O2	Assif Tamdha	Ath El Kaid	500	36° 31.025'N 004° 6.963'E	Middle courses of rivers	Permanent	Domestic water pollution
O3	Agounie Gueghrane	Ath Regane	950	36° 28.797'N 004° 7.705'E	Headwater streams	Intermittent	Domestic water pollution
O4	Agounie Gueghrane	Ath Amara	600	36° 29.762'N 004° 8.522'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution
O5	Assif Agouni-Gueghrane	Agouni-Gueghrane	290	36° 31.545'N 004° 8.671'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution
SA1	Assif Sahel	Ath-Zekki	1170	36° 33.995'N 004° 32.584'E	Springs	Permanent	Animal husbandry
SA2	Assif Sahel	Ath-Zekki	1140	36° 34.441'N 004° 31.544'E	Springs	Permanent	Animal husbandry
SA3	Assif Sahel	Sahel	430	36° 35.407'N 004° 28.500'E	Headwater streams	Permanent	Water extraction and grazing.
IG1	Assif Yahia	Iguersafen	1000	36° 36.298'N 004° 32.436'E	Headwater streams	Intermittent	Water extraction and grazing.

....Continued next page

TABLE 1. (continued)

Code	Station	Locality	Altitude (m)	Geographic coordinate	Habitat Type	Permanent/ Intermittent	Threat
IG2	Assif Yahia	Iguersafen	870	36° 38.303'N 004° 31.322'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution, water extraction
TR	Assif Tirourda	Tirourda	1120	36° 29.985'N 004° 26.643'E	Springs	Permanent	Domestic water pollution, water extraction
AA	Assif n'Ath Atsou	Ath Atsou	1080	36° 31.470'N 004° 28.202'E	Headwater streams	Permanent	domestic water pollution, water extraction
KH	Assif Hallil	Bridge El Khemis	370	36° 34.515'N 004° 26.866'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution
BH	Assif Boubhir	Boubhir	200	36° 37.783'N 004° 23.821'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution
S1	Oued Sebaou	Boubhir	160	36° 39.343'N 004° 23.598'E	Middle courses of rivers	Intermittent	Domestic water pollution, sand and gravel extraction

The samples of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Coleoptera) were obtained from running water by sampling all available microhabitats in the axial course of rivers using the standard Surber net (mesh size 250 µm, surface sampled 0.09 m²). Specimens were preserved in alcohol (70%).

For identification purposes, the aedeagus of the collected Elmidae and Hydraenidae specimens were dissected under a stereomicroscope in the laboratory. Specimens are deposited in the Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences, University of Mouloud Mammeri - Tizi-Ouzou (Algeria); and in the Department of Biology, Faculty of Sciences of Tétouan Morocco. For each species collected, the collection sites (codes taken from Table 1) and number of specimens are given in the material examined. A brief synopsis of the Algerian distribution of each species and the area is provided in the study.

Chorology. The chorological categories proposed here for the Elmidae and Hydraenidae were ranked according La Greca (1964, 1975) and Vigna Taglianti *et al.* (1993, 1999) and Stoch & Vigna Taglianti (2006) for the western Palaearctic fauna.

Results

The survey has yielded eight species of Hydraenidae and eight species of Elmidae from the Kabylia and the Sebaou River Basins. The most interesting species are *Hydraena leprieuri*, *Limnebius pilicauda*, and *Limnius intermedius*, new to Kabylia; and *Ochthebius bifoveolatus* which is new to Algeria. The new findings increase the number of Kabylia Hydraenidae and Elmidae to 15 and 10 respectively. Nine species, recorded previously, have not been recaptured in this study.

The following checklist comprises 15 species from three genera of Hydraenidae and eight species and two sub-species from six genera of Elmidae.

Family Hydraenidae Mulsant, 1844

Hydraena (Hydraena) audisioi Jäch, 1992

Chorotype. Endemic to Algeria.

The species was recorded in the north of the country in Akfadou on the Djurdjura (Kabylia) (Jäch 1992). Species not captured during this survey.

Hydraena (Hydraena) cordata Schaufuss, 1883

Chorotype. West-Mediterranean.

In Algeria, the species was recorded from Tlemcen, Blida, and in Laverdure (Berthélemy *et al.* 1991). Despite the records of the species from the Grand Kabylia in the Djurdjura (Berthélemy *et al.* 1991), it was not found during this survey.

Hydraena (Hydraena) leprieuri Sainte-Claire Deville, 1905

Material examined. IG1: 18-V-2013 (78 exs.), IG2: 18-V-2013 (42 exs.), SA1: 12-VI-2013 (3 exs.), SA3: 12-VI-2013 (3 exs.), KH: 14-VI-2013 (3 exs.), O1: 16-VI-2014 (45 exs.), O2: 16-VI-2014 (10 exs.), O3: 16-VI-2014 (7 exs.), O4: 16-VI-2014 (38 exs.), BO1: 26-VI-2014 (9 exs.), BO2: 26-VI-2014 (13 exs.), TG1: 26-VI-2014 (11 exs.), TG2: 18-V-2014 (23 exs.).

Chorotype. Endemic Maghrebian (Algeria and Tunisia).

From Algeria, the species was recorded from the Edough massif and in Souk Ahras located in the country's north-east (Kaddouri 1986; Berthélemy *et al.* 1991). The captures in thirteen sampling sites in the Djurdjura massif, at altitudes between 370 m and 1450 m, include new sites in northern Algeria. It is the first record for Kabylia. In Tunisia, these species was collected at elevations from 7 m to 588 m (Touaylia *et al.* 2009).

The rheophilic species has been collected in the following habitat types: springs, headwater streams and middle courses of rivers, under stony substrates with rocks and gravel. This microhabitat provides a homochromy for avoiding predators (Touaylia *et al.* 2009).

Among 12 sampling sites where *H. leprieuri* occurred, 11 were exposed to domestic water pollution, grazing and water extraction.

Hydraena (Hydraena) mouzaiensis Sainte-Claire Deville, 1909

Material examined. A1: 7-V-2013 (15 exs.), A2: 7-V-2013 (35 exs.), O1: 16-VI-2014 (34 exs.), O2: 16-VI-2014 (3 exs.), O4: 16-VI-2014 (5 exs.), BO1: 26-VI-2014 (3 exs.), BO2: 26-VI-2014 (3 exs.).

Chorotype. Endemic of Algeria.

The previous Algerian record of *H. mouzaiensis* was based on a number of adult specimens from the north of the country in Mouzaïa (Atlas Blidéen), Ourasensis and the Djurdjura massifs (Kabylia of the Djurdjura), and in Souk Ahras (Lounaci 1987, 2005; Berthélemy *et al.* 1991).

Published data (Lounaci 2005) and the current captures from the Bougdoura and Aissi under-basins show that *H. mouzaiensis* inhabits springs, headwater streams and middle courses of rivers with rapid and moderate flow at altitudes ranging between 500 m and 920 m. Five out of seven sampling sites were impacted by domestic water pollution.

Hydraena (Hydraena) numidica Sainte-Claire Deville, 1905

Chorotype. Endemic Maghrebian (Algeria and Tunisia).

Material examined. IG1: 18-V-2013 (168 exs.), IG2: 18-V-2013 (122 exs.), SA1: 12-VI-2013 (6 exs.), SA2: 12-VI-2013 (15 exs.), SA3: 12-VI-2013 (3 exs.), TR: 6-V-2014 (5 exs.), AA: 18-V-2014 (3 exs.), KH: 9-V-2013 (9 exs.), BH: 14-VI-2013 (18 exs.), S1: 29-IV-2015 (6 exs.), D1: 23-IV-2014 (3 exs.), A1: 7-V-2013 (3 exs.), A2: 7-V-2013 (35 exs.), A4: 7-V-2013 (3 exs.), A5: 7-V-2013 (4 exs.), A6: 7-V-2013 (4 exs.), O1: 9-V-2013 (3 exs.); 24-IV-2014 (12 exs.); 16-VI-2014 (28 exs.); 29-V-2015 (32 exs.), O2: 9-V-2013 (12 exs.); 24-IV-2014 (17 exs.); 16-VI-2014 (15 exs.); 26-V-2015 (4 exs.), O3: 24-IV-2014 (3 exs.); 16-VI-2014 (12 exs.); 26-V-2015 (8 exs.), O4: 24-IV-2014 (15 exs.), O5: 9-V-2013 (18 exs.); 24-IV-2014 (4 exs.), BO2: 18-V-2014 (4 exs.), TG2: 26-VI-2014 (21 exs.).

The species was recorded in Kabylia (the Djurdjura massif), the Atlas of the Blida (the Mouzaïa massif) and

in Annaba (the eastern part of the country) (Ferro 1985; Kaddouri 1986; Aït Mouloud 1988; Lounaci 1987, 2005; Berthélemy *et al.* 1991; Lounaci-Daoudi 1996). In the study area, *H. numidica* inhabits springs, headwater streams and middle courses of rivers with rapid and moderate flow at altitudes ranging between 160-1200 m.

It is an abundant species throughout the investigated area, collected in 92% of the sampling sites. Despite its abundance, *H. numidica* is a threatened species in Algeria because of the habitat loss due to strong human pressure. Among 23 sampling sites in which the species occurred, 16 were subject to different types of adverse impact such as domestic water pollution, grazing, and extraction of water, sand and gravel.

However, in Tunisia *H. numidica* is considered as a species under threat because of its very restricted distribution (Touaylia *et al.* 2009; Bennis *et al.* 2018), in only a few localities in the north-west of the country, as well as because of its low abundance (Touaylia *et al.* 2009).

***Hydraena (Hydraena) pici* Sainte-Claire Deville, 1905**

Chorotype. Endemic Maghrebian (Algeria and Tunisia).

Material examined. IG2: 18-V-2013 (3 exs.), A1: 7-V-2013 (3 exs.), A2: 7-V-2013 (10 exs.).

H. pici is a fairly well-known species in the north of Algeria. It is reported in the massifs of Ouarsenis (west of the country), Mouzaïa and the Djurdjura (center of the country), and Edough massif (east of the country) (Aït Mouloud 1988; Lounaci 1987, 2005; Berthélemy *et al.* 1991).

In this study, *H. pici* was captured in only three springs, under stones, gravel and pebbles with semi-submerged mosses. The altitudinal distribution of *H. pici* is restricted and ranges from 810 m to 920 m in the area under study. However, in Tunisia, the distribution area of *H. pici* is restricted to lowland streams (Touaylia *et al.* 2011). Like *H. numidica*, *H. pici* is considered as a threatened species in Tunisia, because of its very restricted distribution (in only a few localities in the north-west of the country) and its low abundance (Touaylia *et al.* 2009). One of the three springs, where it occurs, *H. pici* in Kabylia is impacted by grazing.

***Hydraena (Hydraena) rivularis* Guillebeau, 1896**

Material examined. IG2: 18-V-2013 (3 exs.), KH: 9-V-2013 (3 exs.), BH: 9-V-2013 (8 exs.), S1: 9-V-2013 (6 exs.), D1: 8-V-2013 (5 exs.), A1: 7-V-2013 (3 exs.), A2: 7-V-2013 (3 exs.), A4: 7-V-2013 (3 exs.), A5: 7-V-2013 (4 exs.), A6: 7-V-2013 (4 exs.), O1: 24-IV-2014 (3 exs.), O3: 26-V-2015 (3 exs.), O4: 16-VI-2014 (3 exs.), BO2: 26-VI-2014 (3 exs.), TG2: 26-VI-2014 (11 exs.).

Chorotype. Endemic Maghrebian (Algeria and Tunisia).

H. rivularis has previously been recorded from the north of Algeria, in the massifs of Ouarsenis in the west, Mouzaïa and Djurdjura in the center, and the Aurès in the east (Aït Mouloud 1988; Lounaci 1987, 2005; Berthélemy *et al.* 1991; Lounaci-Daoudi 1996).

In the present study's area, *H. rivularis* was captured, with very low abundances, in 15 sampling sites at altitudes between 160 m and 1200 m. It inhabits springs, headwater streams and middle courses of rivers with rapid and moderate flow. The majority of them have intermittent flow and are impacted by domestic water pollution, sand and gravel extraction. *H. rivularis* proved to be quite tolerant to organic water pollution (Lounaci 2005). In Tunisia, *H. rivularis* is considered a rare species (Touaylia *et al.* 2009; Bennis *et al.* 2018).

***Hydraena (Hydraena) testacea* Curtis, 1830**

Chorotype. Europeo-Mediterranean.

In Algeria this species was recorded in many localities (Berthélemy *et al.* 1991), Oran in the north-west of the country, Frenda (Wilaya of Tiaret), Bou Berak near the city of Dellys (Wilaya of Boumerdès), Blida (massif of Mouzaïa), Bordj-Menaïl, Bouira—Médéa, and Tizi-Ouzou (massif of the Djurdjura) in the central-north, Constantine, and Edough massif in the north-east. Despite the fact that this species was previously recorded in the Djurdjura, it was not collected during this survey.

Limnebius evanescens Kiesenwetter, 1866

Chorotype. Ibero-Maghrebian.

In Algeria, the species was recorded from two locations, one belonging to Skikda Wilaya in the east of the country (Jäch 1993); and in Kabylia in Tizi-Ouzou (Lounaci-Daoudi 1996; Lounaci 2005). This species was not found during the course of this study.

Limnebius pilicauda Guillebeau, 1896

Material examined. IG1: 18-V-2013 (3 exs.), SA1: 12-VI-2013 (3 exs.), TR: 6-IV-2014 (3 exs.), D1: 23-IV-2014 (3 exs.), O2: 24-IV-2014 (3 exs.), O4: 24-IV-2014 (6 exs.), TG2: 18-V-2014 (4 exs.).

Chorotype. Endemic Maghrebian. This species is found in Algeria, Tunisia, Morocco and Sicily.

From Algeria, *L. pilicauda* is recorded from the mountain massifs of Mouzaïa and Edough (Jäch 1993). Our collection in the Djurdjura massif constitutes the first record of the species for Kabylia. In the studied rivers, *L. pilicauda* was captured among semi-submerged mosses, with low abundance under gravel and pebbles, in springs, headwater streams and middle courses of rivers, at altitudes between 500 m and 1200 m. For seven sites where it occurs, *L. pilicauda* in Kabylia is impacted by grazing, domestic water pollution and water extraction.

In Morocco, it is found in large mountain massifs such as oriental region and the Atlas Mountains, at altitudes between 244 m and 2000 m (Benamar 2015; Mabrouki *et al.* 2018). In Tunisia, it is located in several localities in the north of the country (Touaylia *et al.* 2009; Bennis *et al.* 2018) located at low altitudes between 2 m and 588 m.

Ochthebius (Asiobates) bonnairei Guillebeau, 1896

Material examined. IG2: 18-V-2013 (5 exs.), SA1: 12-VI-2013 (5 exs.), SA2: 12-VI-2013 (4 exs.), SA3: 12-VI-2013 (3 exs.), TR: 5-V-2015 (3 exs.), AA: 18-V-2014 (3 exs.), KH: 14-VI-13 (3 exs.), D1: 23-IV-2014 (3 exs.), O1: 16-VI-2014 (3 exs.); 26-V-2015 (6 exs.), O2: 16-VI-2014 (8 exs.), O3: 9-V-2013 (3 exs.); 16-VI-2014 (3 exs.); 26-V-2015 (9 exs.), O4: 26-V-2015 (5 exs.), BO1: 18-V-2014 (84 exs.), BO2: 26-VI-2014 (3 exs.), TG1: 18-V-2014 (64 exs.), TG2: 18-V-2014 (96 exs.).

Chorotype. West-Mediterranean.

In North Africa, *O. bonnairei* is recorded from Algeria and Morocco (Jäch & Skale 2015). In Algeria, it was recorded only from Mouzaïa, Atlas de Blida and the Djurdjura (Jäch 1990).

In Kabylia, *O. bonnairei* is one of the most common Hydraenidae found in 64% of sampling sites at altitudes between 370 m and 1450 m. The species inhabits three habitat types sampled in the study area. 12 out of 16 sampling sites where *O. bonnairei* occurs in Kabylia are impacted by grazing, domestic water pollution and water extraction. In Morocco the species was recorded from a few localities in the Rif, the Middle and High Atlas mountains (Bennis *et al.* 2001; Benamar 2015).

Ochthebius (Asiobates) dilatatus Stephens, 1829

Chorotype. Atlanto-Mediterranean.

In Algeria, the species was recorded in many localities (Jäch 1990) including Alger and Tarfaia (Wilaya of Alger), Oued Isser and Djebel Bou Berak (Wilaya of Boumerdès) and Keira Hammam (Wilaya of Bejaia) located in the central-north of the country, and in the north-east of Skikda. In Kabylia, it was recorded from the Djurdjura massif (Wilaya of Tizi-Ouzou) (Lounaci-Daoudi 1996; Lounaci 2005). Despite the fact that this species was recorded in the Djurdjura earlier, it was not found during this study.

***Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus* Waltl, 1835**

Material examined. TG2: 26- VI- 2014 (3 exs.).

Chorotype. West-Mediterranean.

In North Africa, the species was known only from Morocco (Jäch & Skale 2015). Our collection from Aïn Spring Djemâa-Tarchi located at 1200 m on the massif of the Djurdjura (Kabylia) constitutes the first record of the species from Algeria. In Kabylia, *O. bifoveolatus* was found in a natural spring, not under immediate threat, among semi-submerged mosses.

In Morocco, the species is found in several regions in the Rif and the Atlas Mountains (Bennas *et al.* 2001; Benamar 2015).

***Ochthebius (Ochthebius) difficilis* Mulsant, 1844**

Chorotype. Holomediterranean.

In Algeria, the species was recorded by Jäch (1992) from Chiffa and Singes River (Blida Wilaya). In Kabylia, the species was found on the Djurdjura massif (Tizi-Ouzou Wilaya) (Lounaci 1987, 2005; Ait Mouloud 1988). It was not captured during this study.

***Ochthebius (Ochthebius) poweri* Rey, 1870**

Chorotype. Atlanto-Mediterranean.

In Algeria, *O. poweri* was recorded by Jäch (1989), in the northeast of the country in Tlemcen, in Edough massif and in Constantine. In Kabylia, it has been captured at Azazga, in the Djurdjura massif. The species was not found during this study.

Family Elmidae Curtis, 1830

***Elmis maugetii velutina* Reiche, 1879**

Material examined. SA1: 12-VI-2013 (13 exs.), AA: 10-IV-2013 (3 exs.); 23-IV-2015 (3 exs.), A1: 7-V-2013 (8 exs.), O1: 26-V-2015 (4 exs.), BO1: 26-VI-2014 (38 exs.), BO2: 18-V-2014 (23 exs.), TG1: 18-V-2014 (28 exs.), TG2: 26-VI-2014 (46 exs.).

Chorotype. Endemic Maghrebian (Morocco and Algeria).

Distribution. The only previous Algerian record of this species is from Aïssi Wadi, at 900 m of altitude (Lounaci 1987). Our study significantly increases its distribution area in the basin of the Sebaou and in the Kabylia region. In the study area, this species was principally found in headwaters and springs at altitudes between 500 m and 1450 m. Only three sites where *E. maugetii* occurs are not impacted. Other ones are threatened by grazing, domestic water pollution and water extraction. In Morocco this species has been collected in the Rif, the High and Middle-Atlas mountains at altitudes between 60 m and 2750 m (Bennas & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015).

***Esolus filum* (Fairmaire, 1870)**

Material examined. A4: 7-V-2013 (35 exs.), A5: 7-V-2013 (40 exs.), A6: 7-V-2013 (32 exs.).

Chorotype: Endemic Maghrebian.

E. filum has been recorded in Algeria from a female specimen labeled on Alger Bonnair (Berthélemy 1979). Later Algerian records for this species come from the north of the country in Mouzaïa and the Djurdjura massifs, and from Chelia (Aurès) (Berthélemy 1964; Olmi 1976; Lounaci-Daoudi 1996; Lounaci 2005; Arab 2004). In this study, *E. filum* was captured in only three stations close to each other at middle-reach streams, with intermittent

flow, located at altitudes between 200 m and 380 m. Two of them are impacted by domestic water pollution and sand and gravel extraction.

In Morocco, its distribution is restricted to the Rif Mountains at altitudes between 590 m and 1450 m (Bennas & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015) and in Tunisia it is confined to highland areas of the northern part of the country (Touaylia *et al.* 2010, 2011).

***Esolus pygmaeus* (Müller, 1806)**

Material examined. BH: 9-V-2013 (12 exs.), S1: 9-V-2013 (25 exs.).

Chorotype. Europeo-Mediterranean.

In North Africa, *E. pygmaeus* is recorded from Morocco, Algeria, and Tunisia. In Algeria, the species is reported from the northern part of the country in Mazafran, and Chéllif (Blida) (Arab 2004), and in the north-east from Ghar Rouban (Oran) (Berthélemy 1964). In Kabylia, the species is recorded from the Djurdjura massif (Aït Mouloud 1988; Lounaci-Daoudi 1996; Lounaci 2005).

In this study, it was found extremely rarely in only middle-reach streams, with intermittent flow, located at altitudes between 160 m and 200 m. The two sites are impacted by domestic water pollution and sand and gravel extraction. In Spain, this taxon is considered relatively tolerant of organic pollution (García-Críado & Fernández-Aláez 1995).

In Slovakia *E. pygmaeus* prefers hyporhithral to epipotamal reaches of streams and smaller rivers in lowlands and hills around 300m a.s.l. (Čiampor & Zaťovičová 2004). In Czechia, the species is considered very rare and endangered (Boukal *et al.*, 2007). However, in Morocco, the species is widely distributed in the main areas of the country, where it inhabits headwaters, middle-reach streams, and is rarely found in lowlands, at altitudes between 10 m and 1820 m (Bennas & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015).

***Limnius intermedius* Fairmaire, 1881**

Material examined. SA1: 12-VI-2013 (3 exs.), SA2: 12-VI-2013 (25 exs.), TR: 5-V-2013 (3 exs.), AA: 26-IV-2014 (3 exs.), KH: 30-V-2015 (3 exs.), D1: 8-V-2013 (4 exs.), O1: 16-VI-2014 (3 exs.), O3: 26-VI-2014 (4 exs.), O4: 24-IV-2014 (6 exs.), O5: 26-VI-2014 (7 exs.), BO2: 26-VI-2014 (3 exs.), TG2: 18-V-2014 (3 exs.).

Chorotype. Europeo-Mediterranean.

The only previous Algerian records of this species were from Aurés in Chélia Forest, in Tiaret and in the Ouarsenis massif in Oran (Berthélemy 1964). In the Djurdjura massif, the species was captured in 12 sampling sites at altitudes between 290 m and 1200 m. The present study's collection constitutes the first record of this species in Kabylia.

The species is common in Morocco. It is found in the main areas of the country at altitudes between 20 m and 3300 m in the High Atlas (Bennas & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015). However, in Tunisia, *L. intermedius* is present in lowland streams (Touaylia *et al.* 2010, 2011). In Austria, the species is usually found in the hyporhithral and epipotamal zone (Jäch *et al.* 2005).

***Limnius opacus*-Müller, 1806**

Material examined. BH: 9-V-2013 (45 exs.), S1: 9-V-2013 (48 exs.), A4: 7-V-2013 (38 exs.), A5: 7-V-2013 (35 exs.), A6: 7-V-2013 (30 exs.).

Chorotype. Europeo-Mediterranean.

In North Africa, *L. opacus* is known only in Morocco and Algeria. The previous Algerian records of this species are from Mouzaïa and the Djurdjura massifs (Berthélemy 1964; Lounaci 1987, 2005; Aït Mouloud 1988; Lounaci-Daoudi 1996). During the present study, it was captured in five additional locations at altitudes between 160 m and 380 m in habitats of middle-reach streams, with intermittent flow. Four out of the five sites are impacted by domestic water pollution and sand and gravel extraction.

In Morocco, although the species is recorded at altitudes between 60 m and 2500 m, it is more abundant at high altitudes (Bennas & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015). In Austria, the species prefers warmer streams, approximately from the metarhithral to epipotamal zone (Jäch *et al.* 2005). In Czechia, the species was listed as critically endangered by Boukal (2005), and later as regionally extinct (Boukal *et al.* 2007).

***Limnius surcoufi* (Pic, 1905)**

Material examined: AA: 24-IV-2014 (3 exs.), KH: 14-VI-2014 (3 exs.), D1: 8-V-2013 (10 exs.), A6: 7-V-2013 (3 exs.), O1: 24-IV-2014 (4 exs.), O4: 24-IV-2014 (4 exs.), BO2: 26-VI-2014 (3 exs.), TG2: 18-V-2014 (3 exs.).

Chorotype: Endemic to Algeria.

The only previous Algerian records of this species were from Ouarsenis, the Djurdjura, and Mouzaïa massifs (Berthélemy 1964; Lounaci 1987). The present survey expands the occurrence of the species in eight sampling sites belonging to Wadis Boubhir and Aïssi. Its altitudinal distribution ranges from 200 m to 1200 m. It inhabits springs, headwater and middle-stream reaches, with rapid and moderate, intermittent and permanent flow. The majority is impacted by domestic water pollution and sand and gravel extraction.

***Oulimnius maurus* Berthélemy, 1979**

Material examined. SA2: 12-VI-2013 (3 exs.), AA: 10-IV-2013 (3 exs.), KH: 14-VI-2013 (3 exs.), A4: 7-V-2013 (8 exs.), A5: 7-V-2013 (35 exs.), A6: 7-V-2013 (3 exs.), O2: 26-V-2015 (3 exs.), O3: 9-V-2013 (3 exs.), O4: 16-IV-2014 (8 exs.), O5: 16-IV-2014 (15 exs.), TG2: 18-V-2014 (3 exs.).

Chorotype. Endemic to Algeria.

The species was found in Mouzaïa massif (Berthélemy 1979) and later recorded from the Djurdjura massif (Aït Mouloud 1988; Lounaci 1987, 2005; Lounaci-Daoudi 1996). It is a frequent species throughout the investigated area. Its altitudinal range is wide (200-1200 m). This species is found in Kabylia in springs, headwaters and middle-reach streams, with rapid and moderate, intermittent and permanent flow. The majority of these habitats are impacted by domestic water pollution and water, sand and gravel extraction.

***Oulimnius villosus* Berthélemy, 1979**

Chorotype. Endemic Maghrebian (Morocco and Algeria).

In Algeria, the species was found in the Wilaya of Alger (Berthélemy 1979) and in Kabylia on the Djurdjura massif (Wilaya of Tizi-Ouzou) (Aït Mouloud 1988; Lounaci 1987, 2005). The species was not captured during this study.

***Riolus villosocostatus* (Reiche, 1879)**

Chorotype. Endemic Maghrebian (Morocco, Algeria and Tunisia).

Distribution. In Algeria, *R. villosocostatus* was recorded as *Normandia villosocostata* from Frenda (Wilaya of Tiaret), Mouzaïa massif (Wilaya of Blida) located in the north-center of the country (Berthélemy 1964; Arab 2004) and in Tlemcen and Oran wilayas in the north-west of the country (Berthélemy 1964, 1979). In Kabylia, it has been captured on the Djurdjura massif (wilaya of Tizi-Ouzou) (Aït Mouloud 1988; Lounaci 1987, 2005). This Species was not captured during this study.

***Stenelmis consobrina consobrina* Dufour, 1835**

Material examined. BH: 14-VI-2013 (3 exs.), S1: 14-VI-2013 (3 exs.), A6: 7-V-2013 (7 exs.), BO2: 26-VI-2014 (3 exs.).

Chorotype. Europeo-Mediterranean.

Distribution. In North Africa, the nominotypical subspecies is known from Morocco, Algeria and Tunisia (Jäch & Kodada 2016, Jäch *et al.* 2016). In Algeria, the species was recorded by Gauthier (1928) and recently by Arab (2004) in the west in Chélif wadi and in the center in the Mouzaïa massif. In Kabylia, it was found at the Djurdjura massif (Lounaci 2005). Its occurrence in the study area is limited to four sampling sites corresponding to three different habitat types: headwaters, middle-reach streams and springs, where it was captured with low abundance. Furthermore, their habitat is threatened by domestic water pollution and sand and gravel extraction.

In Morocco, *S. consobrina* is reported from the Rif, the Middle Atlas, and oriental and central plateaus (Chavanon *et al.* 2004; Bennis & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015). In Tunisia, *S. consobrina* was reported from the north (Boumaiza 1994), but not recaptured during the study of Touaylia *et al.* (2010).

Rare throughout most of its entire distribution range (Przewoźny *et al.* 2011), it is an endangered species, extinct or critically endangered in Czechia (Boukal *et al.* 2007), and vulnerable in the Iberian Peninsula (Ribera, 2000).

Discussion

Hydraenidae and Elmidae from Kabylia and Sebaou River basin can be divided into two main chorological categories (Fig. 2A): the Mediterranean chorotype that is dominant, constituting 80% of the recorded species, followed by the Palearctic chorotype at 20% of the recorded species. Cosmopolitan elements are absent. The Mediterranean category (Fig. 2B) has a clear predominance of the endemic species in the broadest sense (70%), followed by the Western-Mediterranean (15%) and finally the Atlanto-Mediterranean and Holomediterranean chorotype (10% and 5% respectively). The endemic species (Fig. 2B) are mainly those with Maghrebian chorotype distribution with 45% each, followed by the Algerian endemics (20%) and the Ibero-Maghrebian (5%). In Tunisia, the Maghrebian chorotype was dominant (Touaylia *et al.* 2009, 2010, 2011), whereas in Morocco it was the Ibero-Maghrebian chorotype (Bennis *et al.* 2001; Bennis & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015).

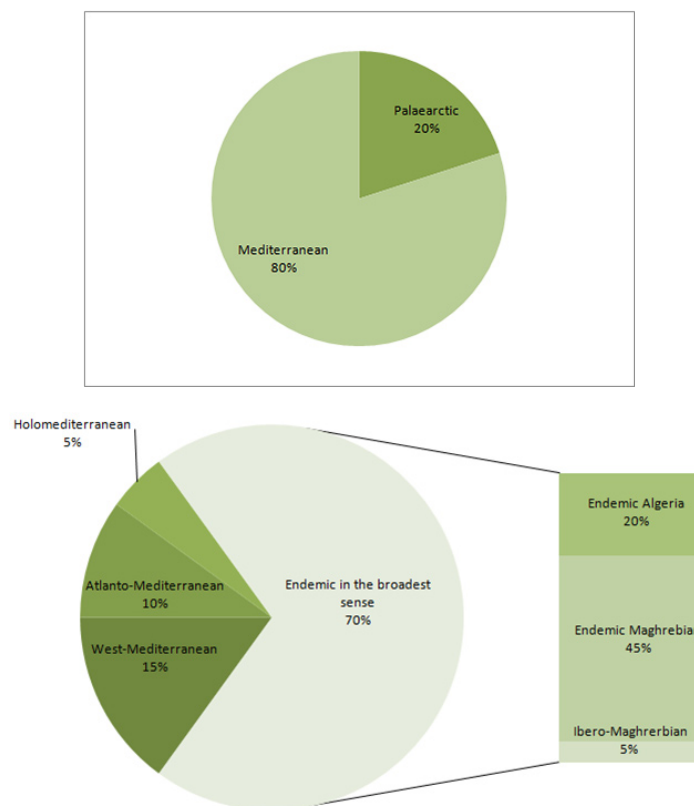


FIGURE 2. A. Chorological categories of the studied species. B: Composition of Mediterranean chorotype.

Kabylia and Sebaou River basin are inhabited by 15 species of Hydraenidae and 10 species of Elmidae. This richness is remarkable, especially when compared to the 51 and 13 species respectively found in whole Algeria (Jäch & Skale 2015; Jäch & Kodada 2016). Kabylean Elmidae richness is comparable to other nearby territories with similar environmental characteristics, like the Rif mountains in Northern Morocco with 13 species (Bennas & Sáinz-Cantero 2007; Benamar 2015), and North of Tunisia with 11 species (Touaylia *et al.* 2010). However, in the case of Hydraenidae, Kabylean richness is lower compared with the Rif (42 species; Bennas *et al.* 2001; Benamar 2015) and North of Tunisia (58 species; Touaylia *et al.* 2009; Bennas *et al.* 2018). The low number of *Ochthebius* species found in the study area could be related to the sampling method which was limited to the axial courses of the rivers ignoring rivers' borders, known to be the preferred habitat of many species of this genus.

With regards to conservation, nine species that were mentioned in earlier studies in Kabylia could not be found during this survey. One of them, *Hydraena audisioi* is endemic to Algeria. The absence of these species from the survey's findings could be related to the need of increasing sampling efforts, but also to the loss of water bodies due to anthropic activities and/or climate change effects. Among the species captured, only *O. bifoveolatus* was found not under immediate threat. The remaining species were all subject to different types of adverse environmental factors threatening their conservation in the survey area.

Anthropogenic pressures combined with the intermittent flow of the sampling sites typical of Mediterranean rivers (McElravy *et al.* 1989; Gasith & Resh 1999; Vidal-Abarca & Suárez-Alonso 2007) such as the study area (Table 1), result in an important loss of aquatic habitats and biodiversity (Dudgeon *et al.* 2006). Consequently, many species could have greatly diminished regional distributions. For this reason, the conservation of the freshwater biodiversity is an urgent priority (Abellán *et al.* 2004).

Acknowledgments

We would like to thank Dr. Manfred Jäch, Dr. Robert Angus, and reviewers for their constructive comments on the manuscript. We would like also to thank Ibrahim Chergui El Himyani, PhD (University of Abdelmalek Essaâdi-Tetouan, Morocco) for his support in creating the map of the study area.

References

- Abellán, P., Sánchez-Fernández, D., Velasco, J. & Millán, A. (2004) Conservation of freshwater biodiversity: a comparison of different area selection methods. *Biodiversity and Conservation*, 14, 1–18.
<https://doi.org/10.1007/s10531-004-0550-1>
- Aït Mouloud, S. (1988) *Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi : faunistique, écologie et biogéographie*. Thèse de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Institut des Sciences de la Nature, d'Alger, Algérie, 118 pp.
- Alluaud, C. (1922) Les Hélmides du Nord de l'Afrique. Description d'espèces nouvelles du Maroc (Insectes Coléoptères). *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles du Maroc*, 2, 31–43.
- Arab, A. (2004) *Recherches faunistiques et écologiques sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, 171 pp.
- Bedel, L. (1895) *Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie*. Société Entomologique de France, Paris, 402 pp.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.9132>
- Benamar, L. (2015) *Les Coléoptères aquatiques du Maroc: atlas, biogéographie et degré de vulnérabilité*. Thèse de Doctorat d'état en Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, Tétouan, 538 pp.
- Bennas, N. & Sáinz-Cantero, C.E. (2007) Nouvelles données sur les Coléoptères aquatiques du Maroc: les Elmidae Curtis, 1830 et les Dryopidae Billberg, 1820 du Rif (Coleoptera). *Nouvelle Revue d'Entomologie*, 24 (1), 61–79.
- Bennas, N., Sáinz-Cantero, C.E. & Ouarour, A. (2001) Nouvelles données sur les Coléoptères aquatiques du Maroc: Les Hydraenidae Mulsant, 1844 du Rif, faunistique et biogéographie. *Zoologica Baetica*, 12, 135–168.
- Bennas, N., L'Mohdi, O., El Haissofi, M., Charfi, F., Ghlala, A. & El Alami, M. (2018) New data on the aquatic insect fauna of Tunisia. *Transactions of American Entomological Society*, 144, 575–592.
<https://doi.org/10.3157/061.144.0309>
- Berthélemy, C. (1962) Contribution à l'étude systématique des Elminthidae (Coléoptères). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 97 (1–2), 201–225.

- Berthélemy, C. (1964) Elminthidae d'Europe occidentale et méridionale et d'Afrique du Nord (Coléoptères). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 99 (1–2), 244–285.
- Berthélemy, C. (1979) Elmidae de la région paléarctique occidentale: systématique et répartition (Coleoptera Dryopoidea). *Annales de Limnologie*, 15 (1), 1–102.
<https://doi.org/10.1051/limn/1979014>
- Berthélemy, C., Kaddouri, A. & Richoux, P. (1991) Revision of the genus *Hydraena* Kugelann, 1794 from North Africa (Coleoptera: Hydraenidae). *Elytron*, 5, 181–213.
- Boukal, D.S. (2005) Elmidae. In: Farkač, J., Král, D. & Škorpík, M. (Eds.), *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí—Red list of threatened species in the Czech Republic*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 462–463.
- Boukal, D.S., Boukal, M., Fikáček, M., Hájek, J., Klečka, J., Skalický, S., Štastný, J. & Trávníček, D. (2007) Katalog vodních brouků České republiky—Catalogue of water beetles of the Czech Republic. *Klapalekiana*, 43 (Supplementum), 1–289.
- Boumaiza, M. (1994) *Recherches sur les eaux courantes de Tunisie. Faunistique, Ecologie et Biogéographie*. Thèse de Doctorat d'État es-Sciences Biologiques. Faculté des Sciences, Tunis II, Tunisie, 427 pp.
- Bouzid, S. & Incekara, Ü. (2006) Distributional notes on Northeastern Algerian Hydrophilidae (Coleoptera), with three new records. *Turkish Journal of Zoology*, 30 (3), 305–308.
- Chavanon, G., Berrahou, A. & Millán, A. (2004) Apport à la connaissance des Coléoptères et Hémiptères aquatiques du Maroc Oriental : Catalogue faunistique. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 35, 143–162.
- Čiampor, F. & Zaťovičová, Z. (2004) First record of *Esolus pygmaeus* (Coleoptera, Elmidae) from Slovakia. *Biologia*, 59, 218.
- Derridj, A. (1990) *Étude des populations de Cedrus atlantica M. en Algérie*. Thèse de Doctorat d'État es-Sciences Biologiques, Université Paul Sabatier, Toulouse, 288 pp.
- Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, H., Mark, O. & Kawabata, Z. (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81 (2), 163–182.
<https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Ferro, G. (1985) Hydraenidae (Col. Hydrophiloidea) del Nord Africa XV Contributo alla conoscenza degli Hydraenidae. *Bulletin et Annales de la Société royale belge de l'Entomologie*, 121, 233–241
- Fery, H. & Bouzid, S. (2016) Notes on *Graptodytes* Seidlitz, 1887, re-instatement of *G. laeticulus* (Sharp, 1882) as valid species and description of *Tassilodytes* nov. gen. from Algeria (Coleoptera, Dytiscidae, Dytiscinae, Hydrophorinae, Sittitiina). *Linzer biologische Beiträge*, 48 (1), 451–481.
- García-Criado, F. & Fernández-Aláez, M. (1995) Aquatic Coleoptera (Hydraenidae and Elmidae) as indicators of the chemical characteristics of water in the Orbigo River basin (N-W Spain). *Annals of Limnology*, 31 (3), 185–199.
<https://doi.org/10.1051/limn/1995017>
- García-Criado, F. & Fernández-Aláez, M. (2001) Hydraenidae and Elmidae assemblages (Coleoptera) from a Spanish river basin: good indicators of coal mining pollution? *Archiv für Hydrobiologie*, 150 (4), 641–660.
<https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/150/2001/641>
- 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.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.30.1.51>
- Gauthier, H. (1928) *Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie*. Thèse Sciences, Imp. Minerva, Alger, Algeria, 419 pp.
- Haouchine, S. (2011) *Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie*. Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 116 pp.
- Incekara, Ü. (2007) Contribution to the knowledge of Hydrophilidae and Haliplidae (Coleoptera) fauna of Algeria. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 31 (4), 291–295.
- Incekara, Ü. & Bouzid, S. (2007) Distributional, systematic and ecological notes on newly recorded lowland Hydrophilid beetles from Algeria. *African Entomology*, 15 (2), 391–393.
<https://doi.org/10.4001/1021-3589-15.2.391>
- Incekara, Ü., Ibncherif, H. & Bouzid, S. (2007) A contribution to the Algerian aquatic coleopteran (Helophoridae) fauna, with two new records, and a discussion on total Aedeagophore length of *Helophorus aquaticus* (Linnaeus, 1758). *Entomological News*, 118 (5), 489–492.
[https://doi.org/10.3157/0013-872X\(2007\)118\[489:ACTTAA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3157/0013-872X(2007)118[489:ACTTAA]2.0.CO;2)
- Jäch, M.A. (1989) Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach III. The *metallescens*-group (Hydraenidae, Coleoptera). *Linzer biologische Beiträge*, 21 (2), 351–390.
- Jäch, M.A. (1990) Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach II. The subgenus *Asiobates* (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, 60, 37–105.
- Jäch, M.A. (1992) Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach X. The *punctatus* species group (Hydraenidae: Coleoptera). *Bulletin et Annales de la Société royale belge de l'Entomologie*, 128, 167–195.
- Jäch, M.A. (1993) Taxonomic revision of the Palearctic species of the genus *Limnebius* Leach, 1815 (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, 63, 99–187.

- Jäch, M.A. & Skale, A. (2015) Hydraenidae. In: Löbl, I. & Löbl, D. (Eds.), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 2. Hydrophiloidea—Staphylinoidea. Revised and Updated Edition*. Brill, Leiden, pp. 130–162.
- Jäch, M.A., Dietrich, F. & Raunig, B. (2005) Rote Liste der Zwergwasserkäfer (Hydraenidae) und Krallenkäfer (Elmidae) Österreichs (Insecta: Coleoptera). In: Zulka, P. (Ed.), *Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Checklisten, Gefährdungsanalyse, Handlungsbedarf. Part 1. Säugetiere, Vögel, Heuschrecken, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnabelfliegen, Tagfalter (Grüne Reihe des Lebensministeriums. Vol. 14/1. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wirtschaft, Wien*, pp. 211–284.
- Jäch, M.A. & Kodada, J. (2016) Elmida. In: Löbl, I. & Löbl, D. (Eds.), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 3. Scarabaeoidea—Scirtoidea—Dascilloidea—Buprestoidea—Byrrhoidea. Revised and Updated Edition*. Brill, Leiden, pp. 591–603.
- Jäch, M.A., Kodada, J., Brojer, M., Shepard, W.D. & Čiampor, F. (2016) Coleoptera: Elmidae and Protelmidae. *World Catalogue of Insects. Vol. 14*. Brill, Leiden, XXI + 318 pp.
<https://doi.org/10.1163/9789004291775>
- Kaddouri, A. (1986) *Révision des Hydraena du Maroc, d'Algérie et de la Tunisie (Coleoptera, Hydraenidae)*. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 156 pp.
- La Greca, M. (1964) Le categorie corologiche degli elementi faunistici italiani. *Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rendiconti*, 11, 231–253.
- La Greca, M. (1975) La caratterizzazione degli elementi faunistici e le categorie corologiche nella ricerca zoogeografica. *Animalia*, 2, 101–129.
- Lamine, S., Lounaci, A., Reding, J.-P.G. & Vinçon, G. (2019). *Marthamea bayae*, a new species of stonefly from Algeria (Plecoptera: Perlidae). *Zootaxa*, 4603 (2), 311.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4603.2.5>
- Löbl, I. & Löbl, D. (2015) *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Hydrophiloidea- Staphylinoidea. Vol. 2. Revised and updated edition*. Brill, Leiden, Boston, xxvi + 1702 pp.
https://doi.org/10.1163/9789004296855_003
- Löbl, I. & Löbl, D. (2016) *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Scarabaeoidea—Scirtoidea—Dascilloidea—Buprestoidea—Byrrhoidea. Vol. 3. Revised and Updated Edition*. Brill, Leiden, xxviii + 983 pp.
- Löbl, I. & Löbl, D. (2017) *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Archostemata-Myxophaga-Adephaga. Vol. 1. Revised and updated edition*. Brill, Leiden, Boston, xxxiv + 1443 pp.
https://doi.org/10.1163/9789004330290_003
- Lounaci, A. (1987) *Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie)*. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene. Institut des sciences de la nature, Alger, 133 pp.
- Lounaci, A. (2005) *Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie)*. Thèse de Doctorat d'état en biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 208 pp.
- Lounaci, A. & Vinçon, G. (2005) Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera). *Ephemera*, 6 (2), 109–124.
- Lounaci, A., Brosse, S., Aït Mouloud, S., Lounaci-Daoudi, D., Mebarki, N. & Thomas A.G.B. (2000) Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sebaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 136, 43–55.
- Lounaci-Daoudi, D. (1996) *Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes du réseau hydrographique du Sebaou*. Thèse de Magister, Université de Tizi-Ouzou, Algérie, 152 pp.
- Mabrouki, Y., Taybi, A.F., Chavanon, G., Berrahou, A. & Millán, A. (2018). Distribution of aquatic beetles from the east of Morocco (Coleoptera, Polyphaga). *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 16, 185–211.
<https://doi.org/10.32800/amz.2018.16.0185>
- Mason, I.L. (1939) Studies on the fauna of an Algerian hot spring. *Journal of Experimental Biology*, 16, 487–498.
- McElravy, E.P., Lamberti, G.A. & Resh, V.H. (1989) Year-to-Year Variation in the Aquatic Macroinvertebrate Fauna of a Northern California Stream. *Freshwater Science*, 8 (1), 51–63.
<https://doi.org/10.2307/1467401>
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, K. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
<https://doi.org/10.1038/35002501>
- Olmi, M. (1976) *Fauna d'Italia Vol. XII. Coleoptera Dryopidae-Elminthidae*. Edizioni Calderini, Bologna, 280 pp.
- Peyerimhoff, P. (1905) Nouveaux Coléoptères du Nord Africains (première note). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 10, 1–229.
- Peyerimhoff, P. (1925) Haliplidae, Dytiscidae, Gyrimidae. In: Bedel, L., *Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des îles Canaries et de Madères. Première Partie*. Société Entomologique de France, Paris, pp. 321–402.
- Pic, M. (1905) Diagnoses de Coléoptères algériens. *L'Échange*, 21, 145–148.
- Przewoźny, M., Buczyński, P., Greń, C., Ruta, R. & Tończyk, G. (2011) New localities of Elmidae (Coleoptera: Byrrhoidea), with a revised checklist of species occurring in Poland. *Polish Journal of Entomology*, 80, 365–390.

<https://doi.org/10.2478/v10200-011-0025-0>

- Reiche, L. (1872) Catalogue des coléoptères de l'Algérie et contrées voisines avec description d'espèces nouvelles. *Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie*, 15 (4), 1–44. [1869]
- Ribera, I. (2000) Biogeography and conservation of Iberian water beetles. *Biological Conservation*, 92, 131–150.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00048-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00048-8)
- Sainte-Claire Deville, J. (1905) Notes sur les *Hydraena* d'Algérie. *L'Échange*, 248, 1–4.
- Sainte-Claire Deville, J. (1906) Synopsis des *Hydraena* du Nord de l'Afrique. *L'Abeille*, 3, 283–287. [1900–1906]
- Samraoui, B. & Samraoui, F. (2008) An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58, 71–98.
- Stoch, F. & Vigna Taglianti, A. (2006) The chorotypes of the Italian fauna. Checklist and distribution of the Italian fauna. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 2. Serie Sezione Scienze della Vita, 17, 25–28.
- Touaylia, S., Bejaoui, M., Boumaiza, M. & Garrido J. (2009) Nouvelles données sur la famille des Hydraenidae Mulsant, 1844, de Tunisie (Coleoptera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 114 (3), 317–326.
- Touaylia, S., Bejaoui, M., Boumaiza, M. & Garrido, J. (2010) Contribution à l'étude des Coléoptères aquatiques de Tunisie: Les Elmidae Curtis, 1830 et les Dryopidae Billberg, 1820 (Coleoptera). *Nouvelle revue d'Entomologie*, 26 (2), 167–176.
- Touaylia, S., Garrido, J., Bejaoui, M. & Boumaiza, M. (2011) Altitudinal distribution of aquatic beetles in Northern Tunisia: relationship between specific richness and altitude. *The Coleopterists Bulletin*, 65 (1), 53–62.
<https://doi.org/10.1649/0010-065X-65.1.53>
- Vidal-Abarca, G. & Suárez-Alonso, M.R. (2007) Un modelo conceptual sobre el funcionamiento de los ríos mediterráneos sometidos a perturbaciones naturales (riadas y sequías). *Limnetica*, 26 (2), 277–292.
- Vigna Taglianti, A., Audisio, P.A., Belfiore, C., Biondi, M., Bologna, M.A., Carpaneto, G.M., De Biase, A., De Felici, S., Piattella, E., Racheli, T., Zapparoli, M. & Zoia, S. (1993) Riflessioni di gruppo sui corotipi fondamentali della fauna W-palaeartica ed in particolare italiana. *Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia*, New Series, 16, 159–179.
<https://doi.org/10.21426/B616110375>
- Vigna Taglianti, A., Audisio, P.A., Biondi, M., Bologna, M.A., Carpaneto, G.M., De Biase, A., Fattorini, S., Piattella, E., Sindaco, R., Venchi, A. & Zapparoli, M. (1999) A proposal for a chorotype classification of the Near East fauna, in the framework of the Western Palaearctic region. *Biogeographia*, 20, 31–59.
<https://doi.org/10.21426/B6110172>

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le but de cette recherche était d'étudier les caractéristiques des écosystèmes lotiques et la répartition des macroinvertébrés aquatiques dans les cours d'eau du versant nord du massif du Djurdjura. Cette chaîne de montagne, dont plusieurs sommets dépassent 2000 m d'altitude est l'une des plus élevées de l'Atlas tellien.

30 stations, réparties sur les principaux cours d'eau et les ruisseaux d'altitude, entre 1450 et 160 m, et couvrant un large panel de situations mésologiques, ont été échantillonnées. Elles ont permis de mieux connaître la faune des macroinvertébrés aquatiques dans leurs milieux, parfois difficiles, voire extrêmes.

Le contraste, au cours du cycle annuel, des conditions climatiques, hydrologiques et thermiques constitue le principal élément qui différencie les cours d'eau d'Algérie en particulier et du Maghreb en général, de la majorité des cours d'eau européens.

En Afrique du Nord, les températures élevées d'été accentuent la temporarité, aggravée par les besoins en eau d'irrigation qui coïncide avec les basses eaux. Ceci aboutit à l'assèchement des cours d'eau, de sorte que les écoulements superficiels disparaissent en dessous de 800 m d'altitude dans la plupart des réseaux de la Kabylie du Djurdjura.

Cette étude a permis de dresser une liste faunistique de quatre ordres majeurs d'insectes lotiques les mieux connus des points de vue écologiques et taxonomiques identifiables jusqu'à l'espèce (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères Elmidae et Hydraenidae). Un intérêt particulier a été accordé à ces groupes de macroinvertébrés aquatiques, en raison de leur importance dans les écosystèmes d'eau courante et de leur rôle important dans les processus de biomonitoring et d'évaluation de l'intégrité écologique des milieux aquatiques. De plus, ils présentent une grande valeur pour la caractérisation des biotopes d'eau courante et des zones écologiques.

L'inventaire faunistique ainsi établi se compose de 79 taxa (Ephéméroptères 19 taxa, Plécoptères 23, Trichoptères 19, Coléoptères Elmidae et Hydraenidae 18) dont *Marthamea bayae* est nouvelle pour la science, le genre *Marthamea* est nouveau pour l'Afrique du Nord et six autres, à notre connaissance, pour l'Algérie et/ou la Kabylie : *Ochthebius (Ochthebius) bifoveolatus*, *Hydraena (Hydraena) leprieuri*, *Limnebius pilicauda*, *Limnius intermedius*, *Protonemura algerica bejaiana* et *Leuctra khroumiriensis*.

La plupart des familles et des genres recensés sont pauvres en espèces, comparativement aux réseaux hydrographiques de l'Europe méditerranéenne, qui, eux présentent une grande variété spécifique.

La faune lotique des cours d'eau étudiés ici est marquée, par une diversité plus faible que celle des cours d'eau de l'Europe méditerranéenne et d'autre part, par la proportion d'éléments

Conclusion générale

endémiques qui prédominent nettement chez les Plécoptères et les Coléoptères Elmidae et Hydraenidae.

Les réseaux hydrographiques de Kabylie sont atypiques. Les cours d'eau sont, pour la plupart temporaires ; ils se caractérisent par des températures estivales assez élevées et une réduction des débits. L'impact humain aidant, ces facteurs concourent à la réduction spatio-temporelle des milieux de vie aquatique donc aux variations dans les compositions faunistiques.

La richesse spécifique et l'abondance ne sont pas importantes à la plupart des stations étudiées. Elles sont plus marquées dans les tronçons à courant rapide à modéré coulant sur un substratum hétérogène, à couvert végétal assez dense et à température estivale peu élevée. Dans les stations de piémont et de basse altitude, ce sont les Ephéméroptères qui dominent. Les Plécoptères sont plus diversifiés dans les habitats d'altitude à eau fraîche. Les sites de moyenne montagne renferment plus de Coléoptères Elmidae et Hydraenidae, alors que les Trichoptères sont inféodés aux stations bordées de feuillus à substrat mixte riche en débris végétaux.

Les Ephéméroptères sont représentés par 19 espèces réparties en cinq familles et 14 genres. Les Baetidae avec 12 taxa sont les plus diversifiés. Ils colonisent toutes les stations étudiées. Leur distribution longitudinale se traduit par la présence d'un peuplement à prédominance de formes thermophiles de basse altitude et par le faible nombre d'éléments d'eau fraîche.

Les Plécoptères sont représentés par 23 taxa dont une espèce est nouvelle pour la science (*Marthamea bayae*), un genre nouveau pour l'Afrique du Nord (genre *Marthamea*) et deux autres espèces le sont pour la Kabylie (*Protonemura algirica bejaiana*, *Leuctra khroumiriensis*), avec un fort taux d'endémisme (50%). Ils dominent les biotopes d'altitude, à courant rapide à moyen coulant sur un substratum pierreux, à couvert végétal assez dense et à température estivale peu élevée, ce qui confirme les caractères sténotherme et rhéophile connus pour un grand nombre d'espèces de cet ordre d'insectes.

19 taxa de Trichoptères ont été recensés. La famille des Hydropsychidae avec deux genres et sept espèces est la plus diversifiée. Les éléments de cette famille sont les plus communs, ils sont constants avec une fréquence et une abondance élevées. Le substrat hétérogène, l'environnement bordant caducifolié, la température de l'eau et la vitesse du courant sont les paramètres les plus pertinents dans la distribution des éléments de ce groupe d'insectes.

Les Coléoptères Elmidae et Hydraenidae sont représentés par 18 taxons dont *Ochthebius* (*Ochthebius*) *bifoveolatus* est cité pour la première fois en Algérie, et *Hydraena* (*Hydraena*) *leprieuri*, *Limnebius pilicauda*, *Limnius intermedius* le sont pour la Kabylie. Ils sont pour la plupart rhéophiles, peuplant les milieux à faciès lotique, aussi bien les eaux froides que les eaux chaudes de basse altitude et de plaine.

Conclusion générale

Dans les cours d'eau étudiés, les zones supérieures et inférieures sont bien individualisées tant par leurs caractéristiques abiotiques que par la composition de leur peuplement. Dans l'analyse de la distribution longitudinale des espèces, nous avons révélé, d'une part des espèces caractéristiques des zones amonts à eau relativement fraîche, d'autre part, des espèces thermophiles caractéristiques des zones aval.

Du point de vue biogéographique, la faune recensée dans ce travail est composée essentiellement d'éléments d'origine paléarctique, et dominée par les éléments à distribution Ouest méditerranéenne. Son originalité est marquée par la présence d'une proportion élevée d'endémique (40 %).

Un important travail taxonomique reste à effectuer sur la faune aquatique d'Algérie. La prospection de nouveaux sites enrichira certainement le présent inventaire et permettra d'élucider certains problèmes taxonomiques et permettra de mieux connaître la répartition et l'écologie des espèces, particulièrement celles rares et localisées.

Un des objectifs ultérieurs est d'aborder les études de micro-répartition des invertébrés benthiques en eau courante. Ceci nous permettra de dégager des relations globales entre la structure taxonomique des peuplements et la nature des habitats afin de mettre au point une méthode d'évaluation et de suivi de la qualité biologique des cours d'eau.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ABDAOUI A., EL ALAMI M. & GHAMIZI M. 2010.** Diversité et distribution des Baetidae (Insecta : Ephemeroptera) du Parc National de Toubkal (Haut-Atlas, Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat*, **47** (1) : 1-5.
- **ABDESSELAM M. 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie, Algérie). Thèse Doctorat, Univ. Franche Compté : 233 pp.
- **AÏT MOULOUD S. 1988.** Essais de recherches sur la dérive des macro-invertébrés dans l'oued Aïssi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Institut des Sciences de la Nature, d'Alger, Algérie, 118 pp.
- **AJAKANE A. 1988.** Etude hydrobiologique du bassin versant de l'oued N'fis (Haut-Atlas marocain). Biotypologie, dynamique saisonnière, impact de l'assèchement sur les communautés benthiques. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Université de Cadi Ayyad, Faculté des Sciences de Marrakech, 189 pp.
- **ALAOUI A. 2006.** Trichoptères du bassin de l'Oued Laou et la région de Fifi (Rif occidental). Thèse de 3^{ème} cycle, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan. 84 pp.
- **ALBA-TERCEDOR J. & JIMENEZ MILLÁN F. 1978.** Larvas de Efernerópteros de las estribaciones de Sierra Nevada. Factores que intervienen en su distribución. *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **2** : 91-103.
- **ALBA-TERCEDOR J. & PICAZO- MUÑOZ J. 1995.** Relationships between the distribution of mayfly nymphs and the water quality in the Guadalquivir river basin (Southern Spain). *In: Current directions in research on Ephemeroptera*: 41-54, L.D. Corkum and J.J.H. Coborowski (eds.). Canadian Scholar'press inc. Toronto.
- **ALIANE N. 1986.** Contribution à l'étude des Plécoptères des Monts de Tlemcen. D.E.S. Biol. anim., Tlemcen (Algérie): 51 pp.
- **ALLAN J.D. & FLECKER A.S. 1993.** Biodiversity conservation in running waters: identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *Bioscience*, **43** : 32-43.
- **ALLAYA W. 2003.** Description de cinq larves de Trichoptères du genre *Hydropsyche* récoltées en Tunisie. *Braueria (Lunz am See, Austria)*, **30** : 21-22.
- **ANGELIER E. 2000.** Ecologie des eaux courantes. Editions Techniques & Documentation, 199 p.
- **ANGELIER E., ANGELIER M.L. & LAUGA. J. 1985.** Recherches sur l'écologie des Hydracariens (*Hydrachnella*, Acari) dans les eaux courantes. *Annales de Limnologie*, **21** (1) : 25-64.
- **ANNANI F., ALFARHAN A.H. & SAMRAOUI B. 2012.** Aquatic Hemiptera of northeastern Algeria: Distribution, phenology and conservation. *Review of Ecology (Terre et Vie)*, **67**: 1-13.

Références bibliographiques

- **ARAB A. 1989.** Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquées à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, 145 pp.
- **ARAB A. 2004.** Recherches faunistiques et écologiques sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran. Thèse de Doctorat d'Etat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene. Faculté des Sciences Biologiques, Alger, Algérie, 171 pp.
- **ARAB A., LEK S., LOUNACI A. & PARK Y.S. 2004.** Spatial and temporal patterns of benthic invertebrate communities in an intermittent river (North Africa). *Annals of Limnology – International Journal of Limnology*, **40** (4): 317-327.
- **ARIMORO F.O. & MULLER W.J. 2010.** Mayfly (Insecta: Ephemeroptera) community structure as an indicator of the ecological status of a stream in the Niger Delta area of Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*, **166**: 581-594.
- **ARMITAGE P.D. PARDO I. & BROWN A. 1995.** Temporal constancy of faunal assemblages in "mesohabitats" – Application to management. *Archive für Hydrobiologie*: **133**: 367-387.
- **ASCHONITS V.G., CASTALDELLI G. & FANO E.A. 2016.** Relations between environmental gradients and diversity indices of benthic invertebrates in lotic systems of northern Italy. *Web Ecology*, **16**: 13-15.
- **AUBERT J. 1956.** Contribution à l'étude des Plécoptères d'Afrique du Nord. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, (Lausanne), **29**: 419-436.
- **AUBERT J. 1961.** Contribution à l'étude des Plécoptères du Maroc. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **33** (1960) : 213-222.
- **AUBERT J. 1963.** Les Plécoptères de la Péninsule Ibérique. *Eos, Revista Española de Entomología* (Madrid), **39** : 23-107.
- **BADRI A. 1985.** Etude hydrobiologique d'un cours d'eau de plaine en zone semi-aride : le Tensift. Impact des crues sur la biocénose. Thèse de 3^{ème} cycle, Faculté des Sciences, Marrakech. 192 pp.
- **BADRI A., GIUDICELLI J. & PREVOT G. 1987.** Effets d'une crue sur la communauté d'invertébrés benthiques d'une rivière méditerranéenne, le Rdat (Maroc). *Acta oecologica, Oecologia generalis*, **8** (4) : 481-500.
- **BAGNOUL F. & GAUSSEN H. 1953.** Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **88** : 193-239.
- **BALKE M., JÄCH M.A. & HENDRICH L. 2004.** Insecta: Coleoptera, pp: 555-609. In: Yule C. M. & Sen Y. H. (eds.): Freshwater invertebrates of the Malaysian Region. *Academy of Science Malaysia, Kuala Lumpur*.

Références bibliographiques

- BALMFORD A., BRUNER A., COOPER P., COSTANZA R., FARBER S., GREEN R.E., JENKINS M., JEFFERISS P., JESSAMY V., MADDEN J., MUNRO K., MYERS N., NAEEM S., PAAVOLA J., RAYMENT M., ROSENDO S., ROUGHGARDEN J., TRUMPER K. & TURNER R.K. 2002. Why conserving wild nature makes economic sense. *Science*, **297**: 950-953.
- BARBAULT R. 1992. *Écologie des peuplements – structure, dynamique et évolution*. Masson, Paris. 273 pp.
- BARBER- JAMES H.M., SARTORI M., GATTOLLIAT J-L. & WEBB J.M. 2013. World checklist of freshwater Ephemeroptera species. World Wide Web electronic publication. <<http://fada.biodiversity.be/group/show/35>>.
- BART H.L. 1989. Fish habitat association in an Ozark stream. *Environmental Biology of Fishes*, **24**:173-186.
- BAUERNFEIND E. & MOOG O. 2000. Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: A methodological approach. *Hydrobiologia*, **442/443**: 71-83.
- BEBBA N., EL ALAMI M., ARIGUE S.F. & ARAB A. 2015. Etude mésologique et biotypologique du peuplement des Ephéméroptères de l’oued Abdi (Algérie). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, **6** :1164-1177.
- BEDEL L. 1895. Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l’Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. *Société Entomologique de France* (édition), Paris : 420 pp.
- BEDEL L. 1925. In : Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l’Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. *Société Entomologique de France* (édition), Paris : 321-402.
- BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2002. Cycle de vie d’*Eoperla ochracea* KOLBE, 1888 (Plecoptera, Perlidae) en Tunisie. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, **127 (2)** : 95-101.
- BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2004. Description de la larve mature d’*Amphinemura chiffensis* Aubert, 1956 (Insecta, Plecoptera, Nemouridae) de Tunisie. *Zoologica Baetica*, **15**: 69-75.
- BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2009. Additional records and a new description of *Protonemura khroumiriensis* sp. n. (Plecoptera, Nemouridae) from Tunisia. *Annals Series Historia Naturalis*, **19 (2)** : 167-174.
- BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2010. Emergence des Plécoptères (Insecta, Plecoptera) en Tunisie. Actes de la CIFE VI, *Travaux de l’Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat*. N° **47**, Tome I : 11-14.
- BELAGOUNE F. 2012. Etude et modélisation des crues des cours d’eau en milieu semi-aride : cas des grands bassins versants 05, 06 et 07. Thèse de Magister. Université d’Ouargla, 181 pp.

Références bibliographiques

- BELFIORE C. 1983. Efemeroteri (Ephemeroptera). In: *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane*, Verona. Consiglio Nazionale Delle Ricerche AQ/1/201, **24**: 113 p.
- BELIN A. 1948. Trois abîmes du Djurdjura. Ann. De Spéleo. t.III p. 145-152.
- BEMMOUSSAT-DEKKAK S. & ABDELLAOUI-HASSAINE K. 2017. Contribution à l'étude des communautés des Trichoptères du bassin versant de la Tafna. *Revue Agrobiologia*, **7** (2) : 471-482.
- BENAMAR L. 2015. Les Coléoptères aquatiques du Maroc : atlas, biogéographie et degré de vulnérabilité. Thèse de Doctorat d'état en Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, Tétouan, 538 pp.
- BENAMAR L., BENNAS N. & MILLÁN A. 2011. Les Coléoptères aquatiques du Parc National de Talassemrane (Nord-Ouest du Maroc) : Biodiversité, degré de vulnérabilité et état de conservation. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **49** : 231-242.
- BENHAJI N., ABDELLAOUI HASSAINE K. & SARTORI M. 2018. *Habrophlebia hassainae*, a new mayfly species (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) from North Africa. *Zootaxa* **4403** (3): 557-569.
- BENMOUFFOK A. 1994. Approche écopédologique dans les formations à *Cedrus atlantica* Manetti. Cas du massif du Djurdjura, Algérie, Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas, *Annals of forest Research*. Maroc, **27** : 206-217.
- BENNAS N. 2002. Coléoptères aquatiques polyphaga du Rif (Nord du Maroc : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Doctorat d'état es sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des sciences Tétouan, 383 pp.
- BENNAS N., HIMMI O., BENAMAR L., L'MOHDI O., EL AGBANI M.A., QNINBA A. & MILLÁN SÁNCHEZ A. 2016. Premières données sur les Coléoptères et les Hémiptères aquatiques de la Sebkhah d'Imlily (région de Dakhla-Oued Ed Dahab, Sud-Ouest du Maroc), avec la première citation de *Berosus guilielmi* Knisch, 1924 (Coleoptera : Hydrophilidea) pour le domaine Paléarctique. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **59** : 117-126.
- BENNAS N., L'MOHDI O., EL HAISSOUFI F., CHARFI F., GHLALA A. & EL ALAMI. 2018. New data on the aquatic insect fauna of Tunisia. *Transaction of American Entomological Society*, **144**: 575-592.
- BENNAS N. & SÁINZ-CANTERO C.E. 2007. Nouvelles données sur les Coléoptères aquatiques du Maroc : Les Elmidae Curtis, 1830 et Les Dryopidae Billberg, 1820 du Rif (Coleoptera). *Nouvelle Revue d'Entomologie*, **24** (1) : 61-79.
- BENNAS N., SÁINZ-CANTERO C.E. & OUAROOUR A. 2001. Nouvelles données sur les Coléoptères aquatiques du Maroc : Les Hydraenidae Mulsant, 1844 du Rif, faunistique et biogéographie. *Zologica Baetica*, **12**: 135-168.

Références bibliographiques

- **BERRAHOU A. 1995.** Recherche sur la distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques : cas du Rhône française et des cours d'eau marocains. Mémoire de Doctorat d'Etat, Université Mohamed I, Ouajda. 211 pp.
- **BERRAHOU A., CELLOT B. & RICHOUX P. 2001.** Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ses principaux affluents (Maroc), *Annales de Limnologie*, **37** (3) : 223-235.
- **BERTHELEMY C. 1964.** Elminthidae d'Europe occidentale et méridionale et d'Afrique du Nord (Coléoptères). *Extrait du Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **99** (1-2) : 244-285.
- **BERTHELEMY C. 1966.** Recherches écologiques et biogéographiques sur les Plécoptères et Coléoptères d'eau courantes (*Hydraena* et Elminthidae) des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, **2** (2) : 227-458.
- **BERTHELEMY C. 1973.** Données préliminaires sur les Plécoptères de Tunisie. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **18**: 1544-1548.
- **BERTHELEMY C. 1979.** Elmidae de la région paléarctique occidentale : systématique et répartition. (Coleoptera Dryopidae). *Annales de Limnologie*, **15** (1) : 1-102.
- **BERTHELEMY C. & GONZALEZ DEL TANAGO M.G. 1983.** Les Taeniopterygidae du bassin du Duero (Insecta : Plecoptera). In *Annales de limnologie*, **19** (1) : 9-16.
- **BERTHELEMY C., KADDOURI A. & RICHOUX P. 1991.** Revision of the genus *Hydraena* Kugelan, 1794 from North Africa (Coleoptera: Hydraenidae). *Elytron*, **5** : 181-213.
- **BERTHELEMY C. & WHYTTON DA TERRA L.S. 1980.** Les Plécoptères du Portugal (Insecta). *Annales de Limnologie*, **16** (2) : 159-182.
- **BERTRAND H. 1972.** Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. F. Paillart, Imp. Paris : 804 pp.
- **BONADA N., ZAMORA-MUÑOZ C., EL ALAMI M., MÚRRIA C. & PRAT N. 2008.** New records of Trichoptera in reference Mediterranean-climate rivers of the Iberian Peninsula and North of Africa: Taxonomical, Faunistical and Ecological aspects. *Graellsia*, **64** (2): 189-208.
- **BONADA N., ZAMORA-MUÑOZ C., RIERADEVALL M. & PRAT N. 2004.** Trichoptera (Insecta) collected in mediterranean river basins in Spain: taxonomic remarks and notes on ecology. *Graellsia*, **60** (1) : 41-69.
- **BOTTNER P. 1981.** Evolution des sols et conditions bioclimatiques méditerranéennes. *Ecologia Mediteranea*, **8**:115-134.
- **BOUCHELOUCHE D., KHERBOUCHE-ABROUS O., MEBARKI M., ARAB A. & SAMRAOUI B. 2015.** The Odonata of wadi Isser (Kakylie, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **70** (3) :248-260.

Références bibliographiques

- **BOUKLI-HACENE S., HASSAINE K. & PONEL P. 2012.** Les peuplements des Coléoptères du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Algérie). *Review of Ecology (Terre et Vie)*, **67** : 11-115.
- **BOUMAÏZA M. 1994.** Recherches sur les eaux courantes de Tunisie. Faunistique, Ecologie et Biogéographie. Thèse de Doctorat d'Etat es-Sciences Biologiques. Faculté des Sciences, Tunis II, Tunisie, 427 pp.
- **BOUMAÏZA M. & THOMAS A.G.B. 1986.** Répartition et écologie des Epheméroptères de Tunisie (1^{ère} partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, **63** (4) : 567-599.
- **BOUMAÏZA M. & THOMAS A.G.B. 1994.** Premier inventaire faunistique et biogéographique des Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) de Tunisie. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Tunisie*, **23** : 26-30.
- **BOUMAÏZA M. & THOMAS A.G.B. 1995.** Distribution and ecological limits of Baetidae vs the other mayfly families in Tunisia: a first evaluation (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **131** : 27-33.
- **BOURNAUD M. 1983.** Le courant, facteur écologique et éthologique de la vie aquatique. *Hydrobiologia*, **21**: 125-165.
- **BOURNAUD M., RICHOUX P. & USSEGLIO-POLATERA P. 1992.** An Approach to the synthesis of qualitative ecological information from aquatic coleoptera communities. *Regulated Rivers : Research & Management*, **7** : 165-180.
- **BOUZIDI A. 1989.** Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc). Bioécologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences, Marrakech, 190 pp.
- **BOUZIDI A. & GIUDICELLI J. 1994.** Ecologie et distribution spatiale des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas marocain. *Revue de la Faculté des Sciences de Marrakech*, **8** : 23-43.
- **BRITAIN E.J. 1982.** Biology of mayflies. *Annual Review of Entomology*, **27**: 47-119.
- **BRITAIN E.J & SALVIET S.J. 1989.** A review of the effect of river regulation on mayflies (Ephemeroptera). *Regulated Rivers: Research & Management*, **3**: 191-204.
- **BROWN J.H. 1984.** On the relationship between abundance and distribution of species. *The American Naturalist*: **124** : 255-279.
- **BUSS D.F. & SALLES F.F. 2007.** Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, **130**: 365-372.
- **CAFARO P. & PRIMACK R. 2014.** Species extinction is a great moral wrong. *Biological conservation*, **170**: 1-2.
- **CHAIB N., SAMARAOUI B., MARZIALI L. & ROSSARO B. 2011.** Chironomid taxocenosis in a South Mediterranean wadi, the Kebir-East (Algeria). *Studi Trentini di Scienze Naturali*, **88**: 61-75.

Références bibliographiques

- **CHAIB N., BOUHALA Z., FOUZARI L., MARZIALI L., SAMARA OUI B. & ROSSARO B. 2013.** Environmental factors affecting the distribution of Chironomidae larvae of the Seybousse wadi, North-Eastern Algeria. *Journal of Limnology*, **72** (2) : 203-214.
- **CHAOU-BOUDGHANE-BENDIOUIS C., ABDELLAOUI HASSAINE K., BELQAT B., FRANQUET E., BOUKLI HACENE S. & YADI B. 2014.** Habitat characterization of Black flies (Diptera: Simuliidae) in the Catchment of western Algeria. *Open Journal of Ecology*, **4**: 1014-1024.
- **CHAUMONT M. & PAQUIN C. 1971.** Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/ 500 000 avec notice explicative. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **24** pp.
- **CHAVANON G., BERRAHOU A. & MILLÁN A. 2004.** Apport à la connaissance des Coléoptères et Hémiptères aquatiques du Maroc Oriental : Catalogue faunistique. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, **35** : 143-162.
- **CHERGUI H., CHAVANON G., BERRAHOU A. & MELHAOUI M. 1990.** A propos des Plécoptères du Maroc Oriental. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **14** : 51-53.
- **CHILLASSE L. & DAKKI M. 2004.** Potentialities et statuts de conservation des zones humides du Moyen-Atlas (Maroc), avec référence aux influences de la sécheresse. *Sécheresse*, **15** (4): 337-345.
- **CIANFICCONI F. 2002.** The third list of Italian Trichoptera (1999-2000). *Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera*, 349-358, Potsdam, (W. Med, ed.). *Nova Supplementa Entomologica*, Keltern, **15**: 349-358.
- **CIANFICCONI F., CORALLINI C. & TUCCIARELLI F. 2007.** Trichoptera endemic to the Italian fauna. In: Bueno-Soria J., Barba-Alvarez R. & Armitage B.J. (Eds) *Proceedings of the 12th International Symposium on Trichoptera, the Caddis press, Columbus, Ohio*, pp. 65-74.
- **CONSIGLIO C. 1961.** Plecotteri di Sicilia e d'Aspromonte e classificazione delle *Isoperla* Europee. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, **9**: 173-196.
- **CONSIGLIO C. 1980.** Plecotteri - Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane. C.N.R. Roma, n° **9** : 68 pp.
- **COPPA G. 2011.** Inventaire national des Trichoptères de France : quelques résultats (Trichoptera). *Ephemera*, **12** (1): 1-55.
- **CORALLINI C., CIANFICCONI F., LA PORTA G. & GRAMEGNA C. 2013.** The Trichoperan fauna of the Campania region of Southern Italy. *Braueria*, **40**: 24-34.
- **CORTES R.M.V. 1992.** Seasonal pattern of benthic communities along the longitudinal axis of river systems and the influence of abiotic factors on the spatial structure of those communities. *Archive für Hydrobiologie*, **126** : 85-103.
- **CÔTE M. 1974.** Les régions bioclimatiques de l'Est algérien. Université de Constantine, CURER, multiger., p18, carte au 1/ 1000 000°.

Références bibliographiques

- **CUMMINS K.W. & KLUG M.J. 1979.** Feeding Ecology of Stream Invertebrates. *Annual Review in Ecology and Systematics*, **10**: 147-172.
- **CZACHOROWSKI S. & MOROZ M.B. 2007.** Caddisflies (Trichoptera) of the protected Territories of Belarus. *Entomologicheskoe Obozrenie*, Vol. **86**, No. 3, pp. 546-556.
- **DAGORNE A. & MAHROUR M. 1984.** Télédétection spatiale et multi-spectrale et cartographie de l'utilisation du sol en Kabylie (Algérie) : carte infographique d'Azazga. Travaux d'Analyse spatiale Raoul Blanchard, Université de Nice, 35-68 pp.
- **DAKKI M. & EL AGBANI M.A. 1983.** Ephéméroptères d'Afrique du Nord : 3. Eléments pour la connaissance de la faune marocaine. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **7** : 115-126.
- **DAKKI M. & TACHET H. 1987.** Les larves d'*Hydropsyche* du Maroc (Trichoptères, Hydropsychidae). *Proceedings of the Fifth International Symposium on Trichoptera. Series Entomologica*, **39**: 25-28 (Junk) Dordrecht.
- **DAKKI M. & THOMAS A.G.B. 1986.** *Rhithrogena ayadi* n. sp. Ephéméroptère nouveau du Moyen-Atlas marocain (Heptageniidae). *Annales de Limnologie*, **22** (1) : 27-29.
- **DAKKI M. 1978.** Le genre *Hydropsyche* au Maroc (Trichoptera, Hydropsychidae). *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **3** : 111-119.
- **DAKKI M. 1979.** Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). Thèse de 3^{ème} cycle, Aix MarseilleII/, 126 pp.
- **DAKKI M. 1982.** Trichoptères du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **6** : 139-155.
- **DAKKI M. 1986a.** Recherches hydrobiologiques sur le haut Sebou (Moyen Atlas) ; une contribution à la connaissance faunistique, écologique et historique des eaux courantes sud-méditerranéennes. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat, 181 pp.
- **DAKKI M. 1986b.** Biotypologie et gradient thermique spatio-temporel. Etude sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). *Bulletin d'Ecologie*, **17** (2) : 79-85.
- **DAKKI M. 1987a.** La faune des eaux douces. In : La grande Encyclopédie du Maroc (Faune) : 190-203. GEP, Cremona Italie.
- **DAKKI M. 1987b.** Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen-Atlas) : étude typologiques et analyses écologiques et biogéographiques des principaux peuplements entomologiques. *Travaux de l'Institut Scientifique de Rabat, Série Zoologie*, **42** : 99 pp.
- **DAKKI M. & GIUDICELLI J. 1980.** Ephéméroptères d'Afrique du Nord : 2. Description d'*Oligoneuriella skoura* n. sp. et d'*Oligoneuriopsis skhounate* n. sp. avec notes sur leur écologie (Ephemeroptera, Oligoneuriidae). *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **4** : 13-28.
- **DARWALL W., SMITH K., ALLEN D., SEDDON M., Mc GREGOR REID G., CLAUSNITZER V. & RALKMAN V. 2008.** Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: J.-C. Vié, C.

Références bibliographiques

Hilton-Taylor and S.N. Stuart (eds.) *The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland.

- **DÉCAMPS H. 1967.** Introduction à l'étude des Trichoptères des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, **3**(1) : 101-176.
- **DÉCAMPS H. 1968.** Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annales de Limnologie*, **4** (1) : 1-50.
- **DEDIEU N., RHONE M., VIGOUROUX R. & CEREGHINO R. 2015.** Assess in the impact of gold mining in headwater streams of Eastern Amazonia using Ephemeroptera assemblages and biological traits. *Ecological Indicators*, **52**: 332-340.
- **DEGANY G., HERBST G.N., ORTAL R., BROMLEY H.J., LEVANON D., NETZER Y., HARARI N. & GLAZMAN H. 1993.** Relationship between current velocity, depth and the invertebrate community in a stable river system. *Hydrobiologia*, **263**: 163-172.
- **D'ELBEE J. & CASTEL J. 1995.** Evolution spatio-temporelle du zooplancton dans le bassin d'Arcachon : le rôle des variables de milieu. *Cahier de Biologie Marine* : **36** : 33-45.
- **DERRIDJ A. 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* M. en Algérie. Thèse Docteur es-sciences, Université Paul Sabatier, Toulouse : 288 pp.
- **DETTNER K., HÜBNER M. & CLASSEN R. 1986.** Age structure, phenology and prey of some rheophilic Dytiscidae (Coleoptera). *Entomologica Basiliensia*, **11** : 343-370.
- **DIA A. 2016.** Diversité, répartition et biogéographie des Trichoptères des rivières du Liban (Trichoptera). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **151** : 47-57.
- **DUDGEON D. 1984.** Longitudinal and temporal changes in functional organization of macroinvertebrate communities in the Lam Tsuen River, Hong Kong. *Hydrobiologia*, **111**: 207-217.
- **DUDGEAN D., ARTHINGTON A.H., GESSNER M.O., KAWABATA Z.I., KNOWLER D.J., LÉVÊQUE C., NAIMAN R.J., PRIEUR-RICHARD A.H., SOTO D., STIASSNY M.L.J. & SULLIVAN C.A. 2006.** Freshwater biodiversity: importance, threats, statuts and conservation challenges. *Biological Reviews*, **81**, 163-182. Duggen S., Hoernle K., Bogaard P.V., Röpke L. & Phipps Morgan J. 2003. Deep roots of the Messinian salinity crisis. *Nature*, **422**: 602-606.
- **DURAND-DELGA M. 1969.** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publications-Agence du Service Géologique d'Algérie. Nouvelle Série. Bulletin n° **39** : 131 pp.
- **DYNESIUS M. & NILSSON C. 1994.** Fragmentation and flow regulation of river systems in the northeast third of the world. *Science*, **266**: 753-782.
- **EATON A.E. 1899.** List of Ephemeridae, hitherto observed in Algeria, with localities. *Entomologist's Monthly Magazine*, **35**: 4-5.

Références bibliographiques

- **EDWARDS F.W. 1923.** On some Algerian species of *Simulium*. Archives de l'Institut Pasteur d'Algérie, **1** (4) : 647-653.
- **EMBERGER L. 1954.** Une classification biogéographique des climats. *Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie*. Université de Montpellier, série Botanique, n° **7**, pp3-43.
- **EL AGBANI M.A. 1984.** Le réseau hydrographique du bassin versant de la Rivière Bou Regreg (Plateau Central marocain). Essai de biotypologie. Thèse Doctorat de 3^{ème} cycle. Université Claude Bernard. Lyon I, 147 pp.
- **EL AGBANI M.A., DAKKI M. & BOURNAUD M. 1992.** Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) : les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. *Bulletin d'Ecologie*, **23** (1-2) : 103-113.
- **EL ALAMI M. 1989.** Etude hydrobiologique d'un réseau hydrographique Nord Rifain, l'Oued Laou : Typologie, Ecologie et Biogéographie des Ephéméroptères. Thèse de 3^{ème} cycle. Université de Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat, 187 pp.
- **EL ALAMI M. 2002.** Taxonomie, écologie et biogéographie des Ephéméroptères du Rif (Nord du Maroc). Thèse Doctorat d'Etat, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences de Tétouan, 402 pp.
- **EL ALAMI M & DAKKI M. 1998.** Peuplements d'Ephéméroptères et de Trichoptères de l'Oued Laou (Rif Occidental, Maroc) : distribution longitudinale et biotypologique. *Bulletin de l'Institut Scientifique de Rabat*, **21** : 51-70.
- **EL ALAMI M., DAKKI M., ERRAMI M. & ALBA-TERCEDOR J. 2000.** Nouvelles données sur les Baetidae du Maroc (Insecta, Ephemeroptera). *Zoologica Baetica*, **11** : 105-113.
- **ERROCHDI S. & EL ALAMI M. 2008.** Contribution à la connaissance des Plécoptères (Insecta : Plecoptera) du réseau hydrographique Laou (Maroc nord-occidental). Bayed A. & Ater M. (éditeurs). *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série générale*, **5** : 37-45.
- **ERROCHDI S., EL ALAMI M., VINÇON G., ABDAOUI A. & GHAMIZI M. 2014b.** Contribution to the Knowledge of Moroccan and Maghreb Stoneflies (Plecoptera). *Zootaxa*, **3838** (1) : 46-76.
- **ERROCHDI S., VINÇON G., & EL ALAMI M. 2014a.** Contribution to the Knowledge of the Rifan Stoneflies (Morocco). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **87**: 25-40.
- **FERRO G. 1985.** Hydraenidae (Coleoptera: Hydrophiloidae) del Norte de Africa XV. Contributo alla conoscenza degli Hydraenidae. *Bulletin et Annales de la Société Royale Belge d'Entomologie*, **121** : 233-241.
- **FERRITO V. 1994.** Les macroinvertébrés benthiques de la rivière Simeto (Sicile) et de quelques-uns de ses affluents. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, **30** (1) : 33-56.

Références bibliographiques

- **FICHEUR E. 1890.** Description géologique de la Kabylie du Djurdjura. Etude spéciale des terrains tertiaires. Thèse Doctorat ès Sciences, Université de Paris. Fontana et cie édition, Alger, 476 pp.
- **FISHER P. & ECKMANN R. 1997.** Spatial distribution of littoral fishes in a large European lake, Lake Canstancy, Germany. *Archive für Hydrobiologie*, **140** : 91-116.
- **FLANDRIN J. 1952.** La chaîne du Djurdjura : monographie régionale. XIX^{ème} congrès géologique international, 1 ère série (**19**) : 49 pp.
- **FLECHTNER G. 1986.** Association analysis of water-beetle communities (Coleoptera, Dytiscidae et Haliplidae). *Entomological Basil*, **11**: 297-308.
- **FOCHETTI R. & TIerno DE FIGUEROA J.M. 2008.** A new species of Leuctridae discovered by means of molecular and biochemical approaches: *Tyrrhenoleuctra antoninoi* n. sp. (Insecta: Plecoptera). *Zootaxa*, **2112**: 41-46.
- **FRANCISCOLO M.E. 1979.** Fauna d'Italia. Vol. 14: Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Edizioni Calderini, Bologna, 804 pp.
- **FRAZER J.C. 1972.** Regulated discharge and stream environment. In: Coglesby, R.T., C.A. Carison & J.A. McCann (eds.). *River Ecology and Man*. Académie Press, New York, pp. 263-285.
- **GAGNEUR J. & ALIANE N. 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In: ALABA-TERCEDOR J. & SANCHEZ-ORTEGA A. (eds.) "*Overview and Strategies of Ephemeroptera and Plecoptera*" Gainesville. Sandhill Crane Press, Gainesville, 311-324 pp.
- **GAGNEUR J. & CLERGUE-GAZEAU M. 1988.** Les Simulies d'Algérie (Diptera, Simuliidae). I- Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'ouest algérien. *Annales de Limnologie*, **24** (3) : 275-284.
- **GAGNEUR J. & THOMAS A.G.B. 1988.** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie I. répartition et écologie (1. Partie) (Insecta Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **124** : 213-223.
- **GAGNEUR J., THOMAS A.G.B. & VITTE B. 1985.** Première citation d'une espèce du genre *Praleptophlebia cincta* en Afrique du Nord : *P. cincta* (Retzius, 1783) et son écologie (Ephemeroptera, Leptophlebiidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **121** : 141-143.
- **GAGNEUR J., GIANI N. & MARTINEZ-ANSEMIL E. 1986.** Les Oligochètes d'Algérie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **122** : 119-124.
- **GALLARDO-MAYENCO A. 1993.** Macroinvertebrate associations in two basins of SW Spain. *Archive für Hydrobiologie*, **127** (4) : 473-483.
- **GAUTHIER H. 1928.** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Alger. 420 pp.

Références bibliographiques

- **GELARD J.P. 1979.** Géologie du Nord-Est de la Grande Kabylie : un segment de zones internes de l'orogène littoral maghrébin. Thèse Doctorat ès Sciences, Université de Dijon : 335 pp.
- **GHANNEM S., ZRELLI S., BEJAOUI M., GAHDAB C. & BOUMAÏZA M. 2015.** Contribución al conocimiento de los coléopteros del norte de Túnez (Insecta : Coleoptera). *Revista gaditana de Entomologia*, **6** (1): 21-30.
- **GHOSH S.K. & CHAUDHURY M. 1998.** Insect : Trichoptera. *State Fauna Series 3, Fauna of West Bengal*, **8**: 1-25.
- **GIUDICELLI J. 1970.** Les stades préimaginaux des Blépharocéridae (Diptera, Nematocera) de Corse. Etude taxonomique et écologique. *Annales de Limnologie*, **6** (1) : 87-100.
- **GIUDICELLI J. & DAKKI M. 1984.** Les sources du Moyen-Atlas et du Rif (Maroc) : faunistique (description de deux espèces nouvelles de Trichoptères), écologie, intérêt biogéographique. *Bijdragen tot de Dierkunde*, **54** (1) : 83-100.
- **GIUDECELLI J., DAKKI M. & DIA A. 1985.** Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **22** : 2094-2101.
- **GIUDICELLI J., DIA A. & LEGIER P. 1980.** Etude hydrobiologique d'une rivière de région méditerranéenne, l'Argens (Var, France) : habitat, hydrochimie, distribution de la faune benthique. *Bijdragen tot de Dierkund*, **50** (2) : 303-341.
- **GIUDICELLI J. & ORSINI A. 1986.** Trichoptères de Corse, biogéographie, écologie et distribution des espèces dans les cours d'eau. *Proceedings of the 5th Symposium on Trichoptera*. M. Bournaud & H. Tachet (ed.). *Junk Publishers*, **39**: 201-206.
- **GONZÁLEZ M.A. 1988.** Inventario dos Tricópteros de Galicia (Insecta: Trichoptera). *Cad. Area Cienc. Biol. (Invent.)*, Sem. Est. Gal., II, O Castro-Sada, A Coruña: Ed. do Castro, 45 pp.
- **GONZÁLEZ DEL TANAGO M., GARCIA DE JALON D. & DA TERRA L.W. 1986.** Faunistic studies on Iberian Trichoptera: a historical survey and present state of knowledge. *Proceedings of the 5th Symposium on Trichoptera*. M. Bournaud & H. Tachet ed. *Junk Publishers*, **39**: 85-90.
- **GONZÁLEZ M.A. & MARTÍNEZ-MENENDEZ J. 2011.** Checklist of the caddisflies of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Trichoptera). *Zoosymposia*, **5** : 115-135.
- **GONZÁLEZ M.A., TERRA L.W., GARCÍA DE JALON D. & COBO F. 1992.** Lista faunística y bibliográfica de los Trichópteros (Trichoptera) de la Península Ibérica e Islas Baleares. *Asociación Española de limnología*, Madrid, 200 pp.
- **GORMAN O.T. & KARR J.R. 1978.** Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, **59**: 507-515.

Références bibliographiques

- **GRAF W., MURPHY J., ZAMORA-MUÑOZ C. & LOPEZ-RODRÍGUEZ M.J. 2008.** Distribution and Ecological Preferences of European Freshwater Organisms. Vol. (1). Trichoptera. Eds. A. Schmidt-Kloiber & D. Hering. Pensoft publ., Sofia-Moscú, 388 pp.
- **GRASMÜCK N., HAURY J., LEGLIZE L. & MULLER S. 1995.** Assessment of the bio-indicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis. *Hydrobiologia*, **300/301** : 115-122.
- **GUIGNOT F. 1931-1933.** Les Hydrocanthares de la France continentale avec notes sur les espèces de la Corse et de l'Afrique du Nord française: Hygrobiidae, Haliplidae, Dytiscidae et Gyrinidae. *Miscellanea Entomologica* (Ed.), Toulouse : 558 pp.
- **GUIGNOT F. 1959.** Révision des Hydrocanthares d'Afrique (Coleoptera, Dytiscoïdae) :
1^{ère} partie : Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Methlinae, Vatellinae, Hyphydrini, Hydrovatini, Bidessini. *Annales du Musée Royal du Congo Belge Tervuren, Sciences Zoologiques*, **8** (70) : 1-313.
2^{ème} partie : Hydroporini, Noterinae, Laccophilinae, Agabini. *Annales du Musée Royal du Congo Belge Tervuren, Sciences Zoologiques*, **8** (78) : 323-648.
3^{ème} partie : Copelatini, Colymbetini, Dytiscinae. *Annales du Musée Royal du Congo Belge Tervuren, Sciences Zoologiques*, **8** (90) : 659-995.
- **GULLEFORS B. 2008.** Proceedings of the first Conference on Faunistics and Zoogeography of European Trichoptera, *Ferrantia*, **55**: 62-65.
- **HAJJI K., EL ALAMI M., BONADA N. & ZAMORA-MUÑOZ C. 2013.** Contribution à la connaissance des Trichoptères (Trichoptera) du Rif (Nord du Maroc). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **37** (3-4) : 181-216.
- **HAJJI K., ZAMORA-MUÑOZ C., BONADA N. & EL ALAMI M. 2012.** Quelques notes sur l'écologie et distribution des Rhyacophilidae (Trichoptera) du Rif (Nord du Maroc). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, n° **50** : 559-562.
- **HAMAZAOUI D., HAFIANE M., MEBARKI M., ARAB A., ALFARHAN A.H. & SAMRAOUI B. 2015.** The Gomphidae of Algeria and the Maghreb: status, ecology and conservation (Insecta: Odonata). *International Journal of Odonatology*, **18** (3): 175-191.
- **HE F. & HUBBELL S.P. 2011.** Species-area relationships always overestimate extinction rates from habitat loss. *Nature*, **473** (7347): 368-371.
- **HEBAUER V.F. 1994.** Katalog der bayerischen Wasserkäfer, ihrer Ökologie, Verbreitung, Gefährdung. *Sonderdruck aus berichte der ANL*, **18**: 47-59.
- **HOOPER D.U., ADAIR E.C., CARDINALE B.J., BYRNES J.E., HUNGATE B.A., MATULICH K.L. & CONNOR M.I. 2012.** A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, **486** (7401): 105-108.
- **HUBBARD M.D. 1990.** Mayflies of the world: a catalog of the family and genus group taxa (Insecta, Ephemeroptera). Flora and Fauna handbook 8, Sandhill Crane Press, Gainesville, Florida, 119 pp.

Références bibliographiques

- **HUTAGALUNG R.A., LIM P., BELAUD A. & LAGARRIGUE T. 1997.** Effets globaux d'une agglomération sur la typologie ichtyenne d'un fleuve : cas de la Garonne à Toulouse (France). *Annales de Limnologie*, **33**: 263-279.
- **HYNES H.B.N. 1970.** The ecology of running waters. Liverpool University Press, Liverpool: 555 pp.
- **HYNES H.B.N. 1975.** The stream and its valley. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, **19** : 1-15.
- **ILLIES J. 1978.** Limnofauna Europaea – Fischer, Stuttgart, New York; Swets & Zeitlinger, Amsterdam, 1– 532.
- **IVANOV V.D. 2011.** Caddisflies of Russia: Fauna and Biodiversity. *Zoosymposia*, **5**: 171-209.
- **IZART J., RIBERA I., HERNANDO C. & VALLE M.A.N. 1989.** Aportació al coneixement de l'entomofauna aquàtica del Montseny: revisió I contribució a l'estudi dels Coleòpters. II trobada d'estudiosos del Montseny collecció monografiesNº: **18**, *Diputació de Barcelona*: 35-42.
- **JÄCH M.A. 1990.** Revision of the Palearctic species of the genus *Ochthebius* Leach II. The subgenus *Asiobates* (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, **60**: 37-105.
- **JÄCH M.A. 1993.** Taxonomic revision of the Palearctic species of the genus *Limnebius* Leach, 1815 XII. (Coleoptera: Hydraenidae). *Koleopterologische Rundschau*, **63**: 99-187.
- **JÄCH M.A. 1995.** The *Hydraena* (*Haenydra*) *gracilis* Germar species complex (Insecta: Coleoptera). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, **97**: 177-190.
- **JÄCH M.A. 2004.** Family Hydraenidae Mulsant, 1844, pp: 102-122. In: Löbl I & Smetana (eds.): catalogue of Palearctic Coleoptera, Volume 2. Hydrophiloidea – Histeroidea – Staphylinoidea. Apollo Books, Stenstrup. 942 pp.
- **JÄCH M.A. & BALKE M. 2008.** Global diversity of water beetles (Coleoptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, **595**: 419-442.
- **JÄCH M.A., BEUTEL R.G., DELGADO J.A. & DÍAZ J.A. 2005.** Hydraenidae Mulsant, 1844, pp: 224-251. In: Beutel R.G. & Leschen R.A.B. (eds.): Handbook of zoology. A natural history of the phyla of the animal kingdom. Volume IV. Arthropoda: Insecta. Part 38. Coleoptera, beetles. Volume 1. Morphology and systematic (Archostemata, Adepaga, Myxophaga, Polyphaga partim.). Walter de Gruyter, Berlin, New York. 567 pp.
- **JÄCH M.A., DIAZ J. & GAYOSO A. 1999.** "Acciones Integradas": Excursion to Andalucía (Spain: Málaga, Cádiz), October 1998 (Coleoptera: Hydroscaphidae, Haliplidae, Gyridae, Dytiscidae, Hydrochidae, Hydraenidae, Dryopidae, Elmidae). *Koleopterologische Rundschau*, **69**: 171-181.
- **JÄCH M.A., KODAD J. & CIAMPOR F. 2006.** Family Elmidae Curtis, 1830, pp: 432-440. In: Löbl I. & Smetana A. (eds.): Catalogue of Palearctic Coleoptera, 3. Scarabaeoidea – Scirtoidea – Dascilloidea – Buprestoidea – Byrrhoidea. Apollo Books, Stenstrup, 690 pp.

Références bibliographiques

- **JAQUEMIN G. 2001.** Les Ephemeropteres en Lorraine. Etat de l'inventaire. Utilisation comme bio-indicateurs. Préservation. (Insecta, Ephemeroptera). Université H. Poincaré, Nancy 1.
- **JAQUEMIN G. & COPPA G. 1996.** Inventaire des Ephémères de Lorraine et de Champagne-Ardenne (N-E France) : premiers résultats (Ephemeroptera). *Bulletin de Société Entomologique de Suisse*, **69** : 141-155.
- **KADDOURI A. 1986.** Révision des *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de la Tunisie (Coleoptera, Hydraenidae). Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 156 pp.
- **KADIK B. 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie. Ecologie, dendrométrie et morphologie. Ed. OPU. Alger, 508 pp.
- **KERR J.T. & CURRIE D.J. 1995.** Effects of human activity on global extinction risk. *Conservation Biology*, **9**: 1528-1538.
- **KHADRI O., EL ALAMI M., EL BAZI R. & SLIMANI M. 2017.** Ephemeroptera's diversity and ecology in streams of the ultramafic massif of Beni Bousera and in the adjacent non-ultramafic sites (NW, Morocco). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, **8** (2) : 3508-3523.
- **KHIDAS K. 1993.** Distribution des rongeurs en Kabylie du Djurdjura (Algérie). *Mammalia*, **57** (2) :207-212.
- **KIS B. 1974.** Plecoptera. *Fauna Republicii Socialiste România*, **8** (7) : 1-271.
- **KORBAA M., BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2009.** Variation spatio-temporelle de la structure de l'éphéméroptérofaune de l'oued Sejenane (Ichkeul, Tunisie septentrionale). *Revue des Sciences de l' Eau*, **22**:373-381.
- **KRAÏEM M.M. 1986.** Contribution à l'étude hydrobiologique de trois cours d'eau du Nord-Ouest de la Tunisie. Présentation physico-chimique et aperçu faunistique. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **55** : 96-104.
- **KROUCHI F. 2010.** Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de structure génétique du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) en peuplement naturel (Thala- Guilef, Djurdjura nord-ouest, Algérie). Thèse d'État en Sciences Agronomies. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou (Algérie), 127 pp.
- **KUMANSKI K. 2006.** Trichoptera from Tunisia collected by S. Beshkov & B. Schacht, 15-21-IV. *BRUERIA (Luzn am See, Austria)*, **33** : 17-19.
- **LA GRECA M. 1964.** Le categorie corologiche degli elementi faunistici Italiani. *Memorie della Società Entomologica Italiana*, **93** : 147-165.
- **LA GRECA M. 1975.** La caratterizzazione degli elementi faunistici e le categorie corologiche nella ricerca zoogeografica/ Marcello La Greca. *Animalia, Catania*, **2**: 101-129.

Références bibliographiques

- LAIRE N. & SARGOS D. 1993. A 10 years study at four sites of the middle course of the River Loire. I- Patterns of change in hydrological, physical and chemical variables in relation to algal biomass. *Hydroécologie Appliquée*, **5** : 1-27.
- LAMINE S., LOUNACI A., REDING J-P. G. & VINÇON G. 2019a. *Marthamea bayae*, a new species of stonefly from Algeria (Plecoptera: Perlidae). *Zootaxa*, **4603**, (2): 311–326.
- LAMINE S., LOUNACI A. & BENNAS N. 2019b. Biodiversity and chorology of aquatic beetles (Coleoptera: Elmidae and Hydraenidae) in Kabylia (central-north Algeria). New records and updates. *Zootaxa*, **4700** (1): 102–116.
- LAMRI D., HASSOUNI T., LOUKILI A., LAMRIOUI D., BELGHYTI D. & CHAHLAOUI A. 2016. Contribution à la connaissance de la diversité faunistique du bassin versant de la Moulouya (Maroc) [Contribution to the knowledge of fauna diversity in the Moulouya River Basin (Morocco)]. *Journal of Materials and Environmental Science*, **7** (6) : 2034-2041.
- LAPIE G. 1909. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. Thèse de Doctorat en Sciences. Université de Paris : 156 pp.
- LAVANDIER P. 1979. Ecologie d'un torrent Pyrénée de haute montagne : l'Estaragne. Thèse de doctorat d'Etat. Université Paul Sabatier Toulouse : 532 pp.
- LE HOUEROU H.N. 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. Opt. Médit., série, Bull. n°10, CIHEAM, Montpellier, 396 pp.
- LESTAGE J.A. 1925. Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H.Gauthier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **16** : 8-18.
- LÉVÊQUE C., BALIAN E.V. & MARRTENS K. 2005. An assesement of animal species diversity in continental waters. *Hydrobiologia*, **542** : 39-67.
- LEYNAUD G. 1968. Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. *Bulletin Technique d'Information du Ministère de l'Agriculture*, Maroc, 224-881.
- LÖBL I. & SMETANA A. 2004. Catalogue of Palearctic Coleoptera. Volume 2. Hydrophiloidea – Histeroidea – Staphylinoidea. Apollo Books, Stenstrup, Danemark, 942 pp.
- LOMOLINO M.V. 2004. Conservation biogeography, pp: 293-296 In: Lomolino M.V., Heaney L.R. (eds.): *Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature*. Sunderland, Massachussetts.
- LOUNACI A. 1987. Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande-Kabylie). Thèse de Magister. Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene. Institut des sciences de la nature, Alger, 133 pp.

Références bibliographiques

- **LOUNACI A. 2005.** Recherches sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de Doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 208 pp.
- **LOUNACI A. & VINÇON G. 2005.** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et biogéographie des espèces d'Afrique du Nord [Plecoptera]. *Ephemera*, **6** (2) : 109-124.
- **LOUNACI A., BROSSE S., AÏT MOULOUD S., LOUNACI-DAOUDI D., MEBARKI N. & THOMAS A.G.B. 2000a.** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in an Algerian stream: a species check-list of the Sébaou River basin (Tizi-Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **136** : 43-55.
- **LOUNACI A., BROSSE S., THOMAS A.G.B. & LEK S. 2000b.** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an algérian stream: the Sébaou wadi. *Annales de Limnologie*, **36** (2) : 123-133.
- **LOUNACI-DAOUDI D. 1996.** Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse de Magister, Université de Tizi-Ouzou (Algérie), 152 pp.
- **LUBINI V., KNISPEL S. & VINÇON G. 2012.** Les Plécoptères de Suisse : identification et distribution. *Fauna Helvetica*, 27, CSCF & SEG, Neuchâtel, 272 p.
- **LUZON-ORTEGA J.M., TIerno DE FIGUEROA J.M. & SÁNCHEZ-ORTEGA A. 1998.** Faunística y fenología de los Plecópteros (Insecta : Plecoptera) de la Sierra de Huétor (Granada, España). Relación con otras áreas del sur de la Peninsula Ibérica y norte de África. *Zoologia Baetica*, **9**: 91-106.
- **MAAMRI A., CHERGUI H. & PATTEE E. 1994.** Allochthonous input of coarse particulate organic matter to a mountain stream. *Acta Aecologica*, **15**: 495-508.
- **MAAMRI A., PATTEE E., DOLÉDEC H. & CHERGUI H. 2005.** The benthic macroinvertebrate assemblages in the Zegzel-Cherraa, a party-temporary river system, Eastern Morocco. *Annales de Limnologie. International Journal of Limnology*, **41** (4) : 247-257.
- **MABROUKI Y., TAYBI A.E., EL ALAMI M. & BERRAHOU A. 2017.** New and interesting data on distribution and ecology of Mayflies from Eastern Morocco (Ephemeroptera). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, **8** (8): 2839-2859.
- **MACADAM C.R. & BENNETT C.J. 2010.** A pictorial guide to British Ephemeroptera. Field Studies Council, Shrewsbury, 128 pp.
- **MAES J., VAN DAMME A., TAILLIEU A. & OLLEVIER F. 1998.** Fish communities along an oxygen-poor salinity gradient (Zeeschelde estuary, Belgium). *Journal of Fish Biology*, **52** : 534-546.
- **MAIRE R. 1926.** Notice de la carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouvernement Généralde l'Algérie, Service des Cartes, Alger, 48 pp.
- **MALICKY H. 1981.** Neus über mediterranische, vorderasiatische und europäische köcherfliegen (Trichoptera). *Entomofauna Linz*, **2**: 175-188.

Références bibliographiques

- **MALICKY H. 1983.** Chorological patterns and biome types of European Trichoptera and other freshwater insects. *Archive für Hydrobiologie*, **96**: 223-244.
- **MALICKY H. 2005.** Ein kommentiertes Verzeichnis der Köcherfliegen (Trichoptera) Europas und des Mediterrangebietes. *Linzer Biologische Beiträge*, **37** (1) : 533-596.
- **MALICKY H. & LOUNACI A. 1987.** Beitrag zur Taxonomie und Faunistik der Köcherfliegen von Tunesien, Algerien und Morokko (Trichoptera). *Opuscula Zoologica Fluminensia*, **14**: 1-20.
- **MARIDET L., PHILLIPE M., WASSON J.G. & MATHIEU J. 1996.** Spatial and temporal distribution of macroinvertebrates and trophic variables within bed sediment of three streams with different vegetal environment and morphology. *Archive für Hydrobiologie*, **136** (1): 41-64.
- **MALMQVIST B. & OTTO C. 1987.** The influence of substrate stability on the composition of stream benthos: an experimental study. *Oikos*, **48**: 33-38.
- **MARTIN L., MARTÍNEZ-MENÉNDEZ J. & GONZÁLEZ M.A. 2014.** Observaciones sobre los tricópteros (insecta: Trichoptera) de las motañas orientales de Galicia (Sierras de Ancares, Courel Invernadeiro). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **38** (1-2) : 67-90.
- **MARTÍNEZ-MENÉNDEZ J. 2014.** *Biodiversidad de los Tricópteros (Insecta : Trichoptera) de la Península Ibérica : estudio faunístico y biogeográfico*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, 340 pp.
- **MARTÍNEZ-MENÉNDEZ J., MARTIN L. & GONZÁLEZ M.A. 2015.** Trichoptera (Insecta: Trichoptera) from the Xistral Mountain Range (Galicia, NW Spain). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **22**: 33-47.
- **MARTON-LEFÈVRE J. 2010.** Biodiversity is our life. *Science*. **327** (5970): 1179-1179.
- **MASTER L.L., FLACK S.R. & STEIN B.A. 1998.** Rivers of life: Critical Watersheds for Protecting Freshwater Biodiversity. *The Nature Conservancy*, Arlington, Virginia. 71 pp.
- **MEBARKI M. 2001.** Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macroinvertébrés benthiques. Thèse de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 178 pp.
- **MEBARKI M., TELEB A. & ARAB A. 2017.** Environmental factors influencing and distribution of mayfly larvae in Northern Algerian wadis (Regionals Scales). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **72** (3): 303-313.
- **MEDDI M. & TOUMI S. 2013.** Study of the interannual rainfall variability in northern Algeria. *Revue Scientifique et Technique, LJEE*, **23** : 40-56.
- **MEDDOUR R. 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré-forestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse d'État en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 397 pp.

Références bibliographiques

- **MEINANDER M. 1967.** A collection of Plecoptera from Morocco. *Notulae Entomologicae, Helsingfors, XLVIII*: 45-46.
- **MEMBIELA P. 1990.** Los Plecópteros de Galicia: distribución altitudinal y períodos de vuelo. *Limnética, 6*: 131-136.
- **MENARD N. & VALLET D. 1988.** Disponibilité et utilisation des ressources par le Magot (*Macaca sylvanus*) dans différents milieux en Algérie. *Terre et Vie, 43*: 201-250.
- **MENDENHALL C.D., DAILY G.C. & EHRLICH P.R. 2012.** Improving estimates of biodiversity loss. *Biological Conservation, 151* (1): 32-34.
- **MERIGOUX S. & PONTON D. 1999.** Spatio-temporal distribution of young fish in tributaries of natural and flow regulated sections of a neotropical river in French Guiana, South America. *Freshwater Biology, 41*: 1-22.
- **MESSAOUDÈNE M., LOUKAS A., JANIN G., TAFER M., DILEM A. & GONÇALEZ J. 2004.** Propriétés physiques du bois d'éclaircie des cèdres (*Cedrus atlantica*), contenant du bois de compression, provenant de l'Atlas du Djurdjura (Algérie). *Annals of Forest Science, 61* : 589-595.
- **MILLÁN A., SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ D., ABELLÁN P., PICAZO F., CARBONELLE J.A., LOBO J.M. & RIBERA I. 2014.** Atlas de los coléopteros acuáticos de España Peninsular. Editorial Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. 820 pp.
- **MINSHALL G.W. 1984.** Aquatic insect substratum relationships. In 'the ecology of aquatic insects'. Resh V.H. & Rosenberg D.M., Praeger, New York, 358-400 p.
- **MINSHALL G.W. & MINSHALL J.N. 1977.** Microdistribution of benthic invertebrates in a rocky mountain (U.S.A.) stream. *Hydrobiologia, 55*: 231-249.
- **MIRON J. & ZWICK P. 1972.** Un Nouveau Genre de Plécoptères du Haut-Atlas marocain. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc, Rabat, 52* (3-4) : 219-225.
- **MOHATI. A. 1985.** Recherche hydrobiologique sur un cours d'eau du Haut-Atlas de Marrakech (Maroc) : l'oued Ourika, écologie, biodiversité et impact des activités humaines sur la qualité des eaux. Thèse de 3^{ème} cycle, Faculté des Sciences, Marrakech. 108 pp.
- **MONTES C. & SOLER A.G. 1986.** Lista faunística y bibliográfica de los coleópteros acuáticos Dryopoidea (Dryopidae & Elmidae) de la Península Ibérica e Islas Baleares. Listas de la Flora y Fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica. *Asociación Española de Limnología, 3* : 38 pp.
- **MORETTI, G. P. & CIANFICCONI F. 1981.** First list of Italian Trichoptera. Proc. 3rd int. Symp. Trichoptera: 199-211 (Junk, The Hague).
- **MORSE J.C. 2014.** *Trichoptera World Checklist*. <http://entweb.clemson.edu/database/trichopt/>.
- **MORTON K.J. 1896.** Hydroptilidae collected in Algeria by A. E. Eaton. *Entomologist's Monthly Magazine, 32*: 102-104.

Références bibliographiques

- **MORTON K.J. 1898.** Two new Hydroptilidae from Scotland and Algeria respectively. *Entomologist's Monthly Magazine*, **34**: 107.
- **MOUBAYED Z. 1986.** La rivière Massane (Pyrénées-Orientales). Inventaire faunistique et recherches écologiques. Réserve Naturelle, Massane (Travaux N° **21**) : 41 pp.
- **MOUBAYED J., AÏT MOULOUD S. & LOUNACI A. 1992.** Les Chironomidae d'Algérie. I. Bassin de l'oued Aissi (Grande-Kabylie). *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*, **41**(1): 21-29.
- **MOUBAYED-BREIL J., LOUNACI A. & LOUNACI-DAOUDI D. 2007.** Non-biting midges from North Africa (Diptera, Chironomidae). *Ephemera*, **8** (2): 93-99.
- **MÜLLER-LIEBENAU I. 1974.** Baetidae aus Südfrankreich, Spanien und Portugal. *Gewässer und Adwässer*, **53/54** : 7-42.
- **MÜLLER-LIEBENAU I. 1980.** Die Arten der Gattung Baetis LEACH der belgischen Fauna aus der Sammlung im Meseum des Institut royal des Sciences naturelles de Belgique in Brüssel (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, **52** (3) : 1-31.
- **MYERS N. & KNOLL A.H. 2001.** The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **98** (10): 5389-5392.
- **NACORDA H.M.E. & YAP H.T. 1997.** Structure and temporal dynamics of macroinfaunal communities of a sandy reef flat in the northwestern Philippines. *Hydrobiologia*, **353** : 91-106.
- **NAVÁS L. 1917.** Trichoptères nouveaux de l'Algérie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **8** : 1-15.
- **NAVÁS L. 1922.** Insectos de la excursión de D. Ascensio Codina a Marruecos. *Trabajos del Museo Nacional Ciencias Naturales Barcelona*, **4** : 119-127.
- **NAVÁS L. 1928.** Insectes Névroptères et voisins de Barbarie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **19** : 189-190.
- **NAVÁS L. 1929.** Insectes Névroptères et voisins de Barbarie (Septième série). Plécoptères. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **20** : 228-230.
- **NAVÁS L. 1935.** Insectos de Berberia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Española Madrid*, **18** : 45-50 et 77-100.
- **NECHAD I. & FADIL F. 2016.** Inventory and phenology of Mayflies of the middle Atlas source. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, **9** (3): 130-142.
- **NORMAND H. 1933.** Contribution au catalogue des Coléoptères de la Tunisie. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **24** (2) : 295-307.
- **OLMI M. 1976.** Fauna d'Italia Vol. XII : Coleoptera Dryopidae-Elminthidae. Edizioni Calderini, Bologna, 280 pp.

Références bibliographiques

- **OUAHSINE H. 1993.** Les biocénoses d'invertébrés benthiques dans un Torrent du Haut-Atlas (Maroc) le Tiferguine : structure et répartition du peuplement, régime alimentaire, dynamique des populations et production des espèces dominantes. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences, Marrakech, 234 pp.
- **PARDO I. & ZWICK P. 1993.** Contribution to the knowledge of Mediterranean *Leuctra* (Plecoptera: Leuctridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **66** (3-4): 417-434.
- **PEARSON R.G. 1984.** Temporal changes in the composition and abundance of the macroinvertebrate communities of the River Hull. *Archiv für Hydrobiologie*, **100**: 273-298.
- **PETERSON M.S. & ROSS S.T. 1991.** Dynamics of littoral fishes and decapods along a coastal river-estuarine gradient. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **33** : 467-483.
- **PEYERIMHOFF P. 1905.** Nouveaux Coléoptères du Nord Africains (première note). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, **10** : 1-229.
- **PEYERIMHOFF P. 1925.** Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae in ' catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique de Louis Bedel', Paris. **1** (2) : 321-402.
- **PEYERIMHOFF P. 1931.** Mission scientifique du Hoggar (1928). *Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **2** : 172 pp.
- **PIC M. 1905.** Diagnoses de Coléoptères algériens. *L'échange*, **21** : 145-148.
- **PIHAN J.C. & MOHATI A. 1985.** Les peuplements benthiques du réseau permanent de l'Oued Ourika, Haut-Atlas de Marrakeche ; qualité des eaux. *Internationale vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, **22** : 2110-2113.
- **PIRISINU Q. 1981.** Palpicorni (Coleoptera : Hydraenidae, Helophoridae, Sperchidae, Hydrochidae, Hydrophilidae, Sphaeridiidae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 13. Consiglio nazionale delle Recherche. AQ/128. Verona. 97 pp.
- **POISSON R. 1957.** Héteroptères aquatiques. In P. lecheevalier (Ed.), *Faune de France*, C.N.R.S. (Paris), **61** : 264 pp.
- **POISSON R. 1961.** A propos d'une nouvelle espèce paléarctique du genre *Nepa* L. (Heteroptera, Nepidae). *Vie et Milieu*, **11** (4): 628-640.
- PURI I.M. 1925.** On the life history and structure of the early stages of the Simuliidae (Diptera-Nematocera). *Parasitology*, **17**:1-295.
- **PURVIS A. & HECTOR A. 2000.** Getting the measure of biodiversity. *Nature*, **405**: 212-219.
- **PUSEY B.J. 1993.** Spatial and temporal variation in fish assemblage structure in the Mary River, Southeastern Queensland: the influence of habitat structure. *Environmental Biology of Fishes*, **37** : 355-380.

Références bibliographiques

- **QUENEY P. 2004.** Liste taxonomique des Coléoptères “aquatiques” de la faune de France (avec leur répartition sommaire). *Le Coléoptériste*, **7** (3) : 3-40.
- **QUEZEL P. 1957.** Peuplement végétal des hautes montagnes de l’Afrique du Nord. Ed. Lechevalier. 459 pp.
- **QUINBA A. 1986.** Structure, dynamique et microdistribution de quelques peuplements d’invertébrés benthiques de l’oued Bouregreg (Plateau central marocain). Thèse de 3^{ème} cycle, Université Mohamed V, Rabat. 135 pp.
- **QUINBA A., EL AGBANI M.A., DAKKI M. & BENHOUSSA A. 1988.** Evolution saisonnière de quelques peuplements d’invertébrés benthiques de l’Oued Bou Regreg (Maroc). *Bulletin de l’Institut Scientifique de Rabat*, **12**: 149-156.
- **QUINN J.M., WILLIAMSON R.B., SMITH R.B. & VICKERS M.L. 1992.** Effects of riparian grazing and channelization on stream in Southland, New Zeland. 2. Benthic invertebrates. *New Zeland Journal of Marine & Freshwaters Research*, **26**: 259-273.
- **RACHMAN A., ANDERSON S.H., GANTZER C.J. & THOMSON A.L. 2003.** Influence of long-term cropping systems on soil physical properties related to soil erodibility. *Soil Science Society of America Journal*, **67** (2): 637-644.
- **RAMAD F. 2009.** Elément d’écologie. Ecologie fondamentale. 4^{ème} édition. Dunod. Paris. 704 pp.
- **RANDS M.R.W., ADAMS W.M., BENNUN L., BUTCHART S.H.M., CLEMENTS A., COOMES D., ENTWISTLE A., HODGE I., KAPOS V., SCHARLEMANN J.P.W., SUTHERLAND W.J. & VIRA B. 2010.** Biodiversity conservation: challenges beyond. *Science*, **329**: 1298-1303.
- **RAVIZZA C. 1998.** Plecoptera Capniidae of the Italian Region. (Insecta). *Atti della Società Italiana di Science Naturali*, Museo Civico di Storia Naturale di Milano, **139** (1) : 73-95.
- **RAYMOND D. 1976.** Evaluation sédimentaire et tectonique du Nord-Ouest de la Grande Kabylie au cours du cycle alpin. Thèse de Doctorat es Sciences, Paris, 154 pp.
- **REICH M. L. 1869.** Catalogue des Coléoptères de l’Algérie et des contrées voisines avec description d’espèces nouvelles. *Mémoire de la Société Limnologique, Normandie*, **15** : 44.
- **REVENGA C. & KURA Y. 2003.** Status and Trends of Biodiversity of Inland Water Ecosystems. Secretariat of the convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series N° 11, 120 pp.
- **RIBERA I. & VOLGER A.P. 2000.** Habitat type as a determinant of species range sizes: the example of lotic-lentic differences in aquatic. *Coleoptera. Biological Journal of the Linnean Society*, **71**: 33-52.
- **RIBERA I., IZART J. & REGIL A. 1995a.** Autoecologia de algunas especies de Hydradephaga (Coleoptera) de los Pirineos. I. Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae e Hygrobiidae. *Zoologica Baetica*, **6**: 33-58.

Références bibliographiques

- **RIBERA I., IZART J. & REGIL A. 1995b.** Autoecología de algunas especies de Hydradephaga (Coleoptera) de los Pirineos. II. Dytiscidae. *Zoologica Baetica*, **6**: 59-104.
- **RICCIARDI A. & RASMUSSEN J.B. 1999.** Extinction rates in North American freshwater fauna. *Conservation Biology*, **13**: 1220-1222.
- **RICHOUX P. 1994.** Synthèse des connaissances écologiques des peuplements de Coléoptères aquatiques de plaines alluviales. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, **99** : 93-100.
- **RICO E. 1997.** Distribución de los Elmidae (Coleoptera : Dryopidae) en la Península Ibérica e Islas Baleares. *Graellsia*, **52** (1996): 115-147.
- **RIEDERER R.A. 1981.** Die Eintages-und steinfliegenfauna (Ephemeroptera und Plecoptera) im Mittellauf der Töss. *Diss Eidgenössischen Technischen Hochschule*, 6935: 169 pp.
- **ROMO S. & VAN TONGEREN O. 1995.** Multivariate analysis of phytoplankton and related environmental factors, in a shallow hypertrophic lake. *Hydrobiologia*, **299** : 93-101.
- **ROPERO J.M., PEÑA M.P. & SÁNCHEZ-ORTEGA A. 1995.** Composició y fenología de la fauna de Plecópteros (Insecta, Plecoptera) del sur de la provincia de Cádiz. *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **19** (3-4) : 149-162.
- **RUEDA J., CAMACHO A., MEZQUITA F., HERNANDEZ R. & ROCA J.R. 2002.** Effect of episodic and regular sewage discharge on water chemistry and macroinvertebrate fauna of a Mediterranean stream. *Water, Air & Soil Pollution.*, **140**: 425-444.
- **RUFFONI A., 2009.** Contribution à la connaissance des Plécoptères du Morvan-année 2007 (Insecta : Plecoptera). *Revue Scientifique*, Bourgogne-Nature, **9** : 27-34.
- **RUÍZ-GARCÍA A., SÁINZ-BARIÁIN M. & ZAMORA-MUÑOZ C. 2016.** Contribution al conocimiento de los Tricópteros (Insecta : Trichoptera) de andalucía. *Graellsia*, **72** (2) : 1-24.
- **RUÍZ-GARCÍA A., SALAMANCA-OCAÑA J.C. & FERRERAS-ROMERO M. 2001.** Fauna de Tricópteros (Insecta : Trichoptera) de cursos de agua que drenan canutos del Parque Natural Los Alcornocales (sur de España). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **25** (3-4) : 105-120.
- **SAINT-CLAIR-DEVILLEJ. 1905.** Notes sur les *Hydraena* d'Algérie. Mémoire hors texte. *L'échange*, **248** :4.
- **SÁINZ-CANTERO C.E. & ALBA-TERCEDOR J. 1991.** Los Polyphaga acuáticos de Sierra Nevada (Granada, España) : (Coleoptera : Hydraenidae, Hydrophilidae, Elmidae, Dryopidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **15** : 171-198.
- **SALUR A., CEMAL DARILMAZ M. & BAUERNFEIND E. 2016.** An annotated catalogue of the mayfly fauna of Turkey (Insecta, Ephemeroptera). *Zookeys*, **620**: 67-118.
- **SALVIET S.J., BRITTAIN J.E. & LILLEHAMMER A. 1987.** Stoneflies and river regulation- a review. In Craig J.F. et Kemper F.B. (eds.), *Regulated Streams*. Plenum Publishing Corporation. 117-129.

Références bibliographiques

- **SAMRAOUI B. & CORBET, P.S. 2000a.** The Odonata of Numidia, Northeastern Algeria. Part I. Status and distribution. *International Journal of Odonatology*, **3**: 11-25.
- **SAMRAOUI B. & CORBET P.S. 2000b.** The Odonata of Numudia, Northeastern Algeria. Part II. Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, **3**: 27-39.
- **SAMRAOUI B., BENYACOUB S., MECIBAH S. & DUMONT H.J. 1993.** Afrotropical libellulids (Insecta: Odonata) in the lake district of El Kala, North-East Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsii* (Selys) & *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). *Odonatologica*, **22**: 365-372.
- **SAMRAOUI B. & MENAÏ R. 1999.** A contribution to the study of Algerian Odonata. *International Journal of Odonatology*, **2**: 145-165.
- **SÁNCHEZ-ORTEGA A., ALBA-TERCEDOR J. & TIerno DE FIGUEROA J.M. 2003.** Lista faunística y bibliográfica de los Plecópteros de la Península Ibérica de Islas Baleares. *Publicaciones de la Asociación española de Limnología*, n° **16**. Madrid. 198 pp.
- **SÁNCHEZ-ORTEGA A. & AZZOUZ M. 1997.** *Leuctra ketamensis*, a New Species of Leuctridae from Northern Africa (Insecta, Plecoptera). *Aquatic Insects*, **19** (4) : 247-249.
- **SÁNCHEZ-ORTEGA A. & AZZOUZ M. 1998.** Faunistique et phénologie des Plécoptères (Insecta, Plecoptera) du Rif marocain (Afrique du Nord). Relations avec les autres aires de la région méditerranéenne occidentale. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **71**: 449-461.
- **SÁNCHEZ-ORTEGA A., BAENA M., LUZÓN-ORTEGA J. M. & TIerno DE FIGUEROA J. M., 2002-2003.** Contribución al conocimiento de los Plecópteros (Insecta, Plecoptera) de las Sierras Subbéticas Cordobesas y Sierra Morena (España). *Zoologica Baetica*, **13/14**: 111-129.
- **SÁNCHEZ-ORTEGA A. & TIerno DE FIGUEROA J. M. 1996.** Current situation of stonefly fauna (Insecta: Plecoptera) in the Iberian Peninsula and the Balearic Islands. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **69** : 77-94.
- **SARTORI M. 1988.** Quelques compléments à la faune des Ephéméroptères de Suisse (Insecta, Ephemeroptera). *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, **61** : 339-347.
- **SAUNDERS D., MEEUWIG J. & VINCENT A.J. 2002.** Freshwater protected areas: strategies for concervation biologie. *Concervation Biology*, **16**:30-41.
- **SEKHI S., HAOUCHINE S., LOUNACI-DAOUDI D., EL ALAMI M. & LOUNACI A. 2016.** Contribution à la connaissance des Trichoptères de Grande-Kabylie (Algérie). *Ephemera*, **17** (1) : 51-69.
- **SEKHI S., MALICKY H. & LOUNACI A. 2019.** Description de *Limnephilus barbagaensis* n.sp. d'Algérie, et découverte de *Micropterna testocea* dans le Maghreb (Trichoptera, Limnephilidae). *BRAUJERIA (Lunz am See. Austria)*, **46** : 13-14.

Références bibliographiques

- **SELLAM N., VIÑOLAS A., ZOUGGAGHE F. & MOULAI R. 2016.** L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualité des eaux de quelques Oueds en Algérie. *Butlleti de l'Institut Catalana d'Història Natural*, **80** : 47-56.
- **SELTZER P. 1946.** Le climat de l'Algérie. *Travaux de l'Institut Météorologique et Physique du Globe*, Université d'Alger. Typo. Litho, Alger, 219 pp.
- **SEURAT L.G. 1922.** Faune des eaux continentales de la Berbérie. *Bulletin de la société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*. **13** : 43-60, 77-92, 109-140.
- **SEURAT L.G. 1930.** Exploration zoologique de l'Algérie de 1830 à 1930. Collection du centenaire de l'Algérie. Masson, Paris. 708 pp.
- **SEURAT L.G. 1934.** Etude zoologique sur le Sahara Central. Mission du Hoggar III (Fév-Mai 1928). *Mémoire de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **4** : 5-195.
- **SIPAHILER F. 2005.** Revision of the genus *Psychomia* Latreille, 1829 in Turkey (Trichoptera, Psychomiidae). *Aquatic Insects*, **28** (1): 47-55.
- **SIVÉC I. & STARK B. 2002.** The Species of *Perla* (Plecoptera: Perlidae): Evidence from Egg Morphology. *Scopelia*, **49**: 1-33.
- **SOLDÁN T., GODUNKO R.J. & THOMAS A.G.B. 2005.** *Baetis chelif* n. sp. a New mayfly from Algeria with notes of *Baetis sinespinosus* Soldán & Thomas, 1983, n. stat. (Ephemeroptera: Baetidae). *Genus*, **16** : 155-165.
- **SOLDÁN T. & THOMAS A.G.B. 1983a.** New and little-known species of mayflies (Ephemeroptera) from Algeria. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*, **80** (5): 356-376.
- **SOLDÁN T. & THOMAS A.G.B. 1983b.** *Baetis numidicus* n. sp. Ephéméroptère nouveau d'Algérie (Baetidae). *Annales de Limnologie*, **19** (3) : 207-212.
- **SOLDÁN T. & THOMAS A.G.B. 1985.** *Centroptilum luteolum* sp. a new species of mayfly (Ephemeroptera, Baetidae) from Algeria. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*, **82**: 180-186.
- **SOUTHWOOD T.R.E. 1988.** Tactics, strategies and templets. *Oikos*, **52**: 3-18.
- **SOWA R. 1975.** Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. I. distribution and quantitative analysis. *Acta Hydrobiologica*, **17**: 223-297.
- **SOWA R. 1980.** La zoogéographie, l'écologie et la protection des Ephéméroptères en Pologne, et leur utilisation en tant qu'indicateurs de la pureté des eaux courantes. 141-154 pp, In Flannagan J.F. & Marshall K.E. (eds.), *Advanced in Ephemeroptera Biology*. Plenum Press. New York.
- **STATZNER B., GORE J.A. & RESH V.H. 1988.** Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *Journal of the North American Benthological Society*, **7**: 307-360.
- **STEWART P. 1975.** Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **65** (1-2) : 239-252 pp.

Références bibliographiques

- **STUDEMANN A., LANDOLT P., SARTORI M., HEFTI D. & TOMKA I. 1992.** Ephemeroptera. *Insecta Helvetica Fauna*, **9** :1-17.
- **TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX PH. 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). *Association Française de Limnologie*, 150 pp.
- **TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX PH. & USSEGLIO-POLATERA P.H. 2000.** Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie et écologie. CNRS Edition, Paris. 588pp.
- **TAGLIANTI A.V., AUDISIO P.A., BELFIORE C., BIONDI M., BOLOGNA M.A., CARPANETO G.M., DE BIASE A., DE FELICI S., PIATTELLA E., RACHELI T., ZAPPAROLI M. & ZOIA S. 1992.** Riflessioni di gruppo sui corotipi fondamentali della fauna W-Palearctica ed in particolare italiana. *Biogeographia*, **16** : 159-179.
- **TANK J.L., ROSI-MARSHALL E.J., GRIFFITHS N.A., ENTREKIN S.A. & STEPHEN M.L. 2010.** A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism. *Journal of the North American Benthological Society*, **29**: 118-146.
- **TAYOUB H. 1989.** Etude hydrobiologique d'un réseau hydrographique rifain, l'oued Laou : Typologie et Ecologie des Trichoptères. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Faculté des Sciences de Rabat, 137 pp.
- **TERRA L.S.W. 1981.** Lista faunistica de Tricópteros de Portugal (Insecta: Trichoptera). *Bolm. Soc. port. Ent.*, **12**: 1-42.
- **THIEBAULTE J. 1952.** Socle métamorphique en Grande Kabylie : monographie régionale. XIX^{ème} congrès international, 1^{ère} série (**4**) : 43 pp.
- **THIERRY T. 2010.** Analyse à l'échelle régionale de l'impact de l'occupation du sol dans les corridors rivulaires sur l'état écologique des cours d'eau. Thèse de Doctorat es Agro- Paris -Tech. Université de Montpellier. *Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement*, 426 pp.
- **THOMAS A.G.B. 1981.** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomyiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse de Doctorat es Sciences, Université de Toulouse, 330 pp.
- **THOMAS A.G.B. 1996.** Ephéméroptères du Sud-Ouest de la France. V.- premier inventaire des espèces recensées depuis 1870 (Insecta, Ephemeroptera). *Annales de Limnologie*, **32** (1) : 19-26.
- **THOMAS A.G.B. 1998.** A provisional checklist of the mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **134** : 13-20.
- **THOMAS A.G.B. & BERTHELEMY C. 1991.** Préférences et limites écologiques des Elmidae (Coleoptera) dans le Sud-Ouest de la France. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **127** : 39-42.

Références bibliographiques

- THOMAS A.G.B., BOUMAÏZA M. & SOLDÁN T. 1983. *Baetis punicus* n. sp., Ephéméroptère nouveau de Tunisie (Baetidae). *Annales de Limnologie*, **19** : 107-111.
- THOMAS A.G.B. & DAKKI M. 1979. Ephéméroptères d'Afrique du Nord : I.- *Ecdyonurus rotschildi* Navàs, 1929. Description des imagos. *Annales de Limnologie*, **14** (3) : 197-201.
- THOMAS A.G.B. & GAGNEUR J. 1994. Compléments et corrections à la faune des Ephémères d'Afrique du Nord. 6. – *Alainites sadati* n. sp. d'Algérie (Ephemeroptera, Baetidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **130** : 43-45.
- THOMAS A.G.B. & LOUNACI A. 1989. Compléments et corrections à la faune des Ephéméroptères d'Afrique du Nord. 4. Les stades ailés de *Baetis punicus* Thomas, Boumaïza & Soldán, 1983 (Baetidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **125** : 27-29.
- THOMAS A.G.B. & MOHATI A. 1985. *Rhithrogena ourika* n. sp., Ephéméroptère nouveau du Haut-Atlas marocain (Heptageniidae). *Annales de Limnologie*, **21** (2), 145-148.
- THOMAS A.G.B., VITTE B. & SOLDÁN T. 1987. *Rhithrogena ryszardi* n. sp. Ephéméroptère nouveau du Moyen-Atlas (Maroc) et redescription de *R. soteria* Navás, 1917 (Heptageniidae). *Annales de Limnologie*, **23** (3) : 169-177.
- THOMAS A.G.B. & SARTORI M. 1989. Mayflies (Insecta, Ephemeroptera) of Saudia Arabia. *Fauna of Saudi Arabia*, **10**: 87-94.
- TIERNO DE FIGUEROA J.M., LOPEZ-RODRIGUEZ M.J., FENOGLIO S., SÁNCHEZ-CASTILLO P. & FOCHETTI R. 2012. Freshwater biodiversity in the rivers of the Mediterranean Basin. *Hydrobiologia*, **719**: 137-186.
- TIERNO DE FIGUEROA J.M., LUZÓN-ORTEGA J.M. & SÁNCHEZ-ORTEGA A. 2001. Fenología de los Plecópteros (Insecta, Plecoptera) de Sierra Nevada (Granada, España). *Zoologica Baetica*, **12**: 49-70.
- TIERNO DE FIGUEROA J.M., SÁNCHEZ-ORTEGA A., MEMBIELA IGLESIA P. & LUZON-ORTEGA J.M. 2003. Plecoptera. *Fauna Iberica*, **22**:1-404.
- TOBIAS D. & TOBIAS W. 2008. *Caddisflies of the West Palearctic and Afrotropical regions of Africa-Workingdocuments*. http://trichoptera.insects-online.de/Trichoptera_africana/index.him.
- TOUABAY M., AOUD N. & MATHIEU J. 2002. Etude hydrobiologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas : l'oued Tizquit (Maroc). *Annales de Limnologie*, **38** (1) : 65-80.
- TOUAYLIA S., BEJAOUI M., BOUMAÏZA M. & GARRIDO J. 2009a. Nouvelles données sur la famille des Hydraenidae Mulsant, 1844, de Tunisie (Coleoptera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, **114** (3) : 317-326.

Références bibliographiques

- **TOUAYLIA S., BEJAOUI M., BOUMAÏZA M. & GARRIDO J. 2009b.** New data on the Helophoridae Latreille, 1802 species from Tunisia (Coleoptera). *Nouvelle Revue d'Entomologie*, **25** (4) : 317-324.
- **TOUAYLIA S., GARRIDO J., BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2010a.** A contribution to the study of the Aquatic Adepaga (Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Paelobiidae) from Northern Tunisia. *The Coleopterists Bulletin*, **64** (1): 53-72.
- **TOUAYLIA S., BEJAOUI M., BOUMAÏZA M. & GARRIDO J. 2010b.** Contribution à l'étude des Coléoptères aquatiques de Tunisie : Les Elmidae Curtis, 1830 et les Dryopidae Billberg, 1820 (Coleoptera). *Nouvelle revue d'Entomologie*, **26** (2): 167-176.
- TOUAYLIA S., GARRIDO J. & BOUMAÏZA M. 2011a.** A study on the family Hydrophilidae Latreille, 1802 (Coleoptera) from Northern Tunisia. *The pan-pacific Entomologist*, **87** (1): 27-42.
- **TOUAYLIA S., GARRIDO J., BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2011b.** Altitudinal distribution of aquatic beetles in Northern Tunisia: relationship between specific richness and altitude. *The Coleopterists Bulletin*, **65** (1) : 53-62.
- **TOUAZI M. & LABORDE J.P. 2004.** Modélisation pluie-débit à l'échelle annuelle en Algérie du Nord. *Revue des Sciences de l'Eau*, **17** (4) : 503-516.
- **TOUCHART L. 1999.** La température de l'eau en limousin, notes et chronique du limousin, Norois, **183**, 441-451.
- **TOWNSEND C.R & HILDREW A.G. 1994.** Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, **31**: 265-275.
- **TURMEL J.M. & TURMEL F. 1977.** L'écologie. Edition. Larousse, Paris, 255 pp.
- **UBERO-PASCUAL N.A., SOLER A.G. & PUIG M.A. 1996.** Primera cita de *Baetis punicus* Thomas, Boumaïza & Soldán, 1983 (Ephemeroptera, Baetidae) para el continente europeo. *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, **20** (3-4) : 128.
- **UJVAROSI L., ROBERT S.C., NEU P. & ROBERT B. 2008.** First revision of the Romanian caddisflies (Insecta: Trichoptera). Part 1: Systematic checklist. *Ferrantia*, **55**: 110-124.
- USSEGLIO-POLATERA P. & BEISEL J.N. 2002.** Longitudinal changes in macroinvertebrate assemblages in the Meuse River: anthropogenic effects versus natural change. *River Research and Applications*, **18**: 197-211.
- **VAILLANT F. 1954.** Three new species of Trichoptera from Algeria. *Annals and Magazine of Natural History*, **12** (7) : 138-142.
- **VAILLANT F. 1955.** Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. *Mémoires Muséum Histoire Naturelle, Paris (Zoologie)*, **11** : 1-258.

Références bibliographiques

- VALLADARES L.F. 1988. Los Palpicornios acuáticos de la provincia de León (Coleoptera, Hydrophiloidea). Tesis Doctoral, Universidad de León. 454 pp.
- VALLADOLID M., MARTINEZ-BESTIDA J.J. & ARAUZO M. 2011. The Trichoptera fauna of the Oja River (La Rioja, Spain). *Zoosymposia*, **5**: 497-507.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., KUMMINS K.W., SEDELL J.R. & CUSHING C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Science*, **37**: 130-137.
- VELASCO J., SUÁREZ M.L. & VIDAL-ABARCA M.R. 1998. Factores que determinan la colonización de insectos acuáticos en pequeños estanques. *Oecologia Aquatica*, **11** :87-99.
- VERNEAUX J. 1973. Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs – essai de biotypologie. Thèse d’Etat, Université de Besançon. 257 pp.
- VIEIRA-LANERO R. 2000. *Las larvas de los Trichopteros de Galicia (Insecta : Trichoptera)*. Ph.D. Thesis, University of Santiago de Compostela.
- VINÇON G. 1996. Les Plécoptères des Alpes françaises. *Mitteilungen Schweizerische Entomologische Gesellschaft*, **69** : 61-76.
- VINÇON G., EL ALAMI M. & ERROCHDI S. 2014. Contribution to the knowledge of the Moroccan High and Middle Atlas stoneflies (Insecta, Plecoptera). *Illiesia*, **10** (3): 17-31.
- VINÇON G. & MURANYI D. 2009. Contribution to the knowledge of the *Protonemura corsicana* species group, with a revision of the North African species of the *P. talboti* subgroup (Plecoptera: Nemouridae). *Illiesia*, **5** (7): 51-79.
- VINÇON G. & PARDO I. 1998. Three new *Leuctra* Species from Tunisia (Plecoptera: Leuctridae). *Aquatic Insects*, **20** (2): 109-123.
- VINÇON G. & RAVIZZA C. 2001. Leuctridae (Plecoptera) of the Pyrenees. *Annales de Limnologie*, **37** (4) : 293-322.
- VINÇON G. & SÁNCHEZ-ORTEGA A. 1999. *Protonemura berberica*, a new species of Nemouridae from North Africa (Plecoptera). *Aquatic Insects*, **21** (3): 231-234.
- VINÇON G. & THOMAS A.G.B. 1987. Etude hydrobiologique de la vallée d’Ossau (Pyrénées-Atlantiques). I. répartition et écologie des Ephéméroptères. *Annales de Limnologie*, **23** (2): 95-113.
- WALLACE J.B. & WEBSTER J.R. 1996. The Role of Macroinvertebrates in stream Ecosystem Function. *Annual Review of Entomology*, **41**: 115-139.
- WALTZ R.D., McCAFFERTY W.P. & THOMAS A.G.B. 1994. Systematic of *Alainites* n. gen., *Dipheter*, *Indobaetis*, *Nigrobaetis* n. stat., and *Takobia* n. stat. (Ephemeroptera, Baetidae). *Bulletin de la Société d’Histoire Naturelle de Toulouse*, **130** : 33-36.
- WARD J.V. 1992. Aquatic insect Ecology. 1. Biology and Habitat. Jhon Willey & Sons, Inc. New York-London, 456 p. ISBN: 978-0-471-55007-5.

Références bibliographiques

- **WUILLOT J. & GILLIES M.T. 1993.** *Cheleocloeon*, a new genus of Baetidae (Ephemeroptera) from West Africa. *Revue Hydrobiologia Tropica*, **26**: 213-217.
- **WARD J.V & STANFORD J.A. 1979.** Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis of thermal modification of regulated streams. In: *The ecology of regulated streams* (eds. WARD JV & STANFORD JA). Plenum press New York, pp. 35-55.
- **WIENS J.A. 1986.** Spatial scale and temporal variation in studies of shrubsteppe birds. In: *Community ecology*. Diamond, J. & Case, T. J. (Eds.) New-York. 154-172.
- **WIGGINS G.B. 2004.** Caddisflies. The Underwater Architects, 1-291.
- **WINEMILLER K.O. & LESLIE M.A. 1992.** Fish assemblages across a complexe, tropical freshwater/marine ecotone. *Environmental Biology of Fishes*, **34**:29-50.
- **WILLIAMS D. & FELTMATE B. 1992.** Aquatic insects. Wallingford, U.K., C.A.B. International. 358p.
- **World Health Organization (WHO) 1987.** Global pollution and health: results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring Systems, WHO, United Nations Environment Programme, 22 pp.
- **YAKOUB B. 1996.** Le problème de l'eau en Grande Kabylie. Le bassin versant du Sébaou. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 189 pp.
- **YAKOUB B. 2005.** L'eau dans le bassin versant du Sébaou et le village de Tizi-Ouzou (Evaluation, contraintes et recommandations). Thèse Doctorat ès Sciences, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 269 pp.
- **YASRI N. 2009.** Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, Université Houari Boumedién Bab Ezzouar. 96 pp.
- **YASRI-CHEBOUBI N. 2018.** Recherches sur la Faunistique, l'Ecologie et la Zoogeographie des Plecopteres d'Algerie. Thèse Doctorat ès Sciences, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou : 148 pp.
- **YASRI N., VINÇON G. & LOUNACI A. 2013.** A new *Amphinemura* from Central Maghreb (Algeria, Tunisia): *A. berthelemyi* sp. n. (Plecoptera: Nemouridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **86**: 25-33.
- **YASRI-CHEBOUBI N., VINÇON G. & LOUNACI A. 2013.** A review of the Algerian Leuctridae with the description of *Leuctra dhyae* sp. n. from central Algeria (Plecoptera: Leuctridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, **86**: 175-187.
- **YASRI-CHEBOUBI N., VINÇON G. & LOUNACI A. 2016.** The Nemouridae from Algeria (Insecta: Plecoptera) *Zoosystema*, **38** (3): 295-308.

Références bibliographiques

- ZAMORA-MUÑOZ C., ALBA-TERCEDOR J. & GARCÍA DE JALON D. 1995. The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae: Trichoptera) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Bulletin de la Société Entomologique de Suisse*, **68** : 189-210.
- ZERGUINE K., SAMRAOUI B. & ROSSARO B. 2009. A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia northeastern Algeria. *Bollettino di Zoologia Agrariae di Bachicoltura*, **41** : 167-174.
- ZOUGGAGHE F. & MOALI A. 2009. Variabilité structurelle des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Revue d'Ecologie- Terre et Vie*, **64** : 305-321.
- ZOUGGAGHE F., MOUNI L. & TAFER M. 2014. Qualité hydrobiologique du réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam (Nord de l'Algérie). *Larhyss Journal*, **17** : 21-33.
- ZRELLI S., BEJAOUI M., TOUYALIA S., KORBA M., BOULAABA S. & BOUMAÏZA M. 2015. Cycle de vie d'*Oligoneuriopsis skhounat* Dakki & Giudicelli, 1980 (Insecta : Ephemeroptera) dans l'oued Joumine (Ichkeul, Tunisie Septentrionale). *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat*, **47** (1) : 97-99.
- ZRELLI S., BOUMAÏZA M., BEJAOUI M., GATTOLIAIT J.L. & SARTORI M. 2011a. New reports of mayflies (Insecta : Ephemeroptera) from Tunisia. *Revue Suisse de Zoologie*, **118** : 3-11.
- ZRELLI S., BOUMAÏZA M., BEJAOUI M., GATTOLIAIT J.L. & SARTORI M. 2016. New data and revision of the Ephemeroptera of Tunisia. *Scientific Research Society of Inland Water Biology*, **3**: 99-106.
- ZRELLI S., SARTORI M., BEJAOUI M. & BOUMAÏZA M. 2011b. *Rhithrogena sartorii*, a new mayfly species (Ephemeroptera: Heptageniidae) from North Africa. *Zootaxa*, **3139**: 63-68.
- ZWICK P. 1972. Plecoptera (Ins.) aus dem Mittelmeergebiet, vor allem aus Portugal und Spanien. *Ciência Biológica*, **1**: 7-17.
- ZWICK P. 1984. Geographische Rassen und Verbreitungsgeschichte von *Capnopsis schilleri* (Plecoptera: Capniidae). *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, **31** (1-3): 1-7.

Autres références

- D. S. A. T.O, 2010. Statistiques Agricoles. Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Tizi-Ouzou. 1p.

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Valeurs des précipitations mensuelles enregistrées à quelques localités du Djurdjura :

- 1990- 2010 : Moyennes mensuelles enregistrées à Thala-Guilef à partir des données d'Ait-Ouabane (Krouchi, 2010).
- 1991-2014 : Moyennes mensuelles enregistrées dans les régions d'Ath-Yeni et Larbâa-Nath-Irathèn (ANRH de Tizi-Ouzou).

	Ait-Ouabane	Thala-Guilef	Ath-Yeni	Larbâa- Nath-Irathèn
Altitude (m)	1000	1650	760	950
Septembre	67,5	98,6	46,2	43,4
Octobre	92,1	134,5	80	77
Novembre	145,7	212,7	103	119
Décembre	190,9	278,7	135	139
Janvier	163,7	239	128	143,1
Février	92,2	134,6	90,2	97,5
Mars	95,5	139,4	74,5	81,6
Avril	134,8	196,8	91,6	120
Mai	97,6	142,5	75	89
Juin	17,5	25,6	13	9,7
Juillet	8,7	12,7	3,3	8,5
Août	21,5	31,4	9,9	9
Total (mm)	1127,7	1646,5	850	937

Annexe 2 : Valeurs des précipitations moyennes mensuelles enregistrées à quelques localités de la vallée du Sébaou. (Données A.N.R.H de Tizi-Ouzou).

◆ Moyennes 1995-2015

◆◆ Moyennes 1991-2014

Stations	◆Azazga	◆Tizi-Ouzou	◆◆Boubhir	◆◆Fréha
Altitude (m)	430	190	220	155
Septembre	39,9	35,2	47	34,8
Octobre	70,2	62	75	47,6
Novembre	139,7	117	118,2	110
Décembre	183,2	124,8	155	142
Janvier	171,1	130,6	144,9	136,7
Février	133,4	99,3	83	82,6
Mars	112,3	82,01	92,7	84
Avril	99,2	76,6	121	94,9
Mai	69,5	65,6	65,3	50,4
Juin	12,6	10,6	9,1	3,2
Juillet	1,2	2,3	5,2	1,4
Août	6,2	7	10,7	4,3
Moyenne annuelle	1038,5	813,01	927,1	791,9

Annexes

Annexe 3 : Températures moyennes mensuelles enregistrées à Tizi-Ouzou (alt. 220 m) période 1995-2015 (ANRH de Tizi-Ouzou).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy. Annuel
T° Moy.	24,3	20,48	14,77	11,68	10,44	10,75	13,44	15,96	19,61	24,44	27,8	27,92	18,5
T° Moy. Min	18,8	15,6	11,3	7,76	6,64	6,76	8,6	10,8	14,2	18,2	21,3	21,9	13,5
T° Moy. Max	31,16	27,31	19,86	16,4	15,5	16,26	19,52	22,2	26,32	31,75	35,7	35,35	24,8

Annexe 4 : Températures moyennes mensuelles enregistrées aux Ait-Ouabane sur 20 ans (1990-2009) et extrapolées pour Thala-Guilef à 1650 m d'altitude (Krouchi, 2010).

Stations	T°C.	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy. Annuel.
Ait-Ouabane (1000 m)	T° Max. Moy.	24,1	17,8	12	8,2	7,6	9,3	12,9	15,2	21,1	27,3	30,7	29,8	18
	T° Min. Moy.	19	14,6	8,8	5,2	4,4	5,3	8,2	10,1	14,8	20,5	23,9	23,7	13,2
	T° Moy.	21,5	16,7	10,4	6,2	6	7,3	10,5	12,6	18	23,9	27,3	26,8	15,6
Thala-Guilef (1650 m)	T° Max. Moy.	19,5	13,3	7,4	4,7	3	3,7	10,8	10,6	16,6	22,8	26,1	25,2	13,6
	T° Min. Moy.	16,4	12	6,2	2,7	1,8	2,6	5,6	7,5	12,2	17,9	21,3	21,1	10,6
	T° Moy.	18	12,6	6,8	3,7	2,4	3,1	8,2	9,1	14,4	20,3	23,7	23,2	12,1

Annexes

Annexe 5 : Caractéristiques abiotiques des 30 stations étudiées

Alt : altitude (m), pente (%), Larg. : largeur du cours d'eau (m), Prof : profondeur moyenne (cm), Vit : vitesse du courant [4 classes, de lente (1) à très rapide (4)], DisS : distance à la source (km), T max : température maximale (°C), T min : température minimale (°C), Rip : Ripisylve [4 classes, de rare (1) à très abondante (4)], Vaq : végétation aquatique [4 classes, d'absente (0) à très abondante (3)], Pol : pollution [4 classes, de non perturbé (0) à fortement perturbé (3)], GG : galets et graviers (%), SL : sable et limons (%), MatO : matière organique (% recouvrant le fond).

Sta.	Alt.	Pent	Larg	Prof	Vit	DisS	Tmax	Tmin	Rip	Vaq	Pol	GG	SL	MatO
S1	160	1,2	10	30	1	40	30	11	1	2	3	30	40	30
IG1	1000	16	1	25	4	1,5	16	5	2	1	0	90	10	0
IG2	870	4	2	30	4	3,5	20	6	1	1	0	80	20	0
SA1	1170	15	1,5	20	3	1	14	5	3	1	0	80	20	0
SA2	1140	10	1,5	25	4	2	15	8	4	1	0	80	20	0
SA3	430	5	2	30	2	6	20	10	1	2	1	70	20	10
KH	370	3	3	30	3	2	22	10	2	2	1	50	40	10
B1	200	2	5	25	2	25	30	9	1	2	1	50	40	10
AI	1010	16	1	20	3	1	16	4	4	1	0	80	20	0
AA	1080	20	1	20	3	0,5	14	5	4	1	0	80	20	0
TR1	1120	14,8	1,5	40	3	0,5	10	4	4	0	0	80	20	0
TR2	1045	13,6	1,5	20	2	1,5	12	5	4	0	0	95	0	5
D1	900	10	1	20	3	0,5	13	4	3	1	0	60	40	0
TK1	1300	30	1	10	3	1	12	5	3	0	0	100	0	0
TK2	950	10	1	15	3	2,5	13	6	1	0	0	90	10	0
A1	920	10	1	25	4	0,5	14	8	4	2	0	90	10	0
A2	810	10	0,5	10	2	0,7	14	10	4	0	2	80	0	20
A3	380	2,5	3	30	3	4,5	28	11	1	2	0	70	30	0
A4	300	1,5	4	30	3	11	27	11	1	3	1	70	20	10
A5	200	1,4	4	30	2	20	27	11	2	3	1	70	20	10
O1	850	10	2	25	3	2,5	25	10	3	0	0	90	10	0
O2	500	8	3,5	30	3	7	27	11	3	2	1	70	20	10
O3	1040	19	1	20	3	0,8	18	6	1	0	0	90	10	0
O4	950	11	2	25	3	1,5	15	9	3	1	1	80	10	10
O5	600	8	3	30	3	13	24	12	3	1	2	60	20	20
O6	290	1,5	4	40	2	20	26	14	2	2	2	50	30	20
TG1	1450	30	1	10	3	1	14	5	1	0	0	90	10	0
TG2	850	20	1	10	3	0,7	17	6	2	0	0	80	20	0
TG3	900	15	1	20	3	0,5	14	10	3	0	0	80	20	0
TG4	500	4	2	30	3	2,5	18	12	3	1	0	70	30	0

Annexes

Annexe 6 : Températures de l'eau (en °C) aux différentes stations étudiées

Stations	T° max	T° min	Δ T°
S1	30	11	19
IG1	16	5	11
IG2	20	6	14
SA1	14	5	9
SA2	15	8	7
SA3	20	10	10
KH	25	12	13
B1	30	9	21
AI	16	4	12
AA	14	5	9
TR1	10	4	6
TR2	10	4	6
D1	13	4	9
TK1	12	5	7
TK2	13	6	7
A1	14	8	6
A2	14	10	4
A3	28	11	17
A4	27	11	16
A5	27	11	16
O1	25	10	15
O2	27	11	16
O3	18	6	12
O4	15	9	6
O5	24	12	12
O6	27	12	15
TG1	14	5	9
TG2	18	6	12
TG3	14	10	4
TG4	18	12	6

Annexe 7 : Débits moyens mensuels (en m³/s) à la station de Boubroune : (oued Boubhir : X = 645,6 ; Y = 382,6 ; Z = 140 m) (données A.N.R.H de Tizi-Ouzou).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
2007	0,00	0,00	0,00	4,62	0,33	0,46	0,73	6,49	7,5	1,03	0,18	0,04
2008	0,01	N jge	0,30	N jge	2,92	2,09	1,49	3,46	2,48	0,78	0,21	0,04
2009	0,24	0,27	1,06	1,71	crue	crue	crue	3,51	4,98	1,29	1,00	0,04
2010	0,01	0,07	4,06	1,64	9,62	3,77	5,29	3,22	1,53	0,96	0,13	sec
2011	0,01	0,01	0,01	0,65	4,31	Crue	4,60	2,21	4,27	2,33	0,61	0,04
2012	0,00	0,00	0,24	2,85	2,88	crue	crue	8,48	2,90	1,16	0,03	sec
2013	0,28	0,05	1,07	6,71	0,64	crue	crue	8,26	5,83	2,91	0,42	0,06
2014	0,00	3,02	0,00	2,61	13,5	7,55	12,91	9,04	2,60	6,21	0,24	0,04
2015	0,00	0,00	0,17	1,09	8,30	crue	8,561	4,52	10,4	0,48	0,03	A sec

Annexes

Annexe 8 : Liste des espèces de Coléoptères aquatiques (Elmidae, Hydraenidae) du Maghreb :

** Espèces nouvelles pour la l'Algérie ;

* Espèces nouvelles pour la Kabylie.

Espèces	Maroc				Algérie				Tunisie	Répartition
	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	
Famille : Hydraenidae Mulsant, 1844										
Genre : <i>Hydraena</i> Kugelann, 1794										
Sous- genre :(<i>Holcohydraena</i>) Kuwert, 1890										
<i>Hydraena (Hol.) rugosa</i> Mulsant, 1844	*									Ouest-Méditerranéenne
Totaux de (<i>Holcohydraena</i>) du Maghreb par zone géographique	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sous-genre : (<i>Hydraena</i>) Kugelann, 1794										
<i>Hydraena (H.) africana</i> Kuwert, 1888	*	*	*							Maroc
<i>Hydraena (H.) algerina</i> Kaddouri, 1992										Algérie : localité n'est pas précisée
<i>Hydraena (H.) allomorpha</i> Lagar & Fresneda, 990	*									Ibéro-Maghrébine
<i>Hydraena (H.) antiatlantica</i> Jäch, Aguilera & Hernando, 1998			*	*						Maroc
<i>Hydrtaena (H.) audisioi</i> Jäch, 1992							*	*		Algérie
<i>Hydraena (H.) bedeli</i> Berthélemy, 1992								*		Algérie

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Hydraena (H.) bisulcata</i> Rey, 1884	*	*	*							Ibéro-Maghrébine
<i>Hydraena (H.) capta</i> d'Orchymont, 1936	*	*	*							Ibéro-Maghrébine
<i>Hydraena (H.) chobauti</i> Guillebeau, 1896						*		*		Algérie
<i>Hydraena (H.) cordata</i> Schaufuss, 1883	*	*			*	*	*	*	*	Ouest-Méditerranéenne
<i>Hydraena (H.) explanata</i> Pic, 1905					*	*				Algérie
<i>Hydraena (H.) kocheri</i> Berthélemy, 1992	*	*	*		*	*				Maghrébine
<i>Hydraena (H.) kroumiriana</i> Kaddouri, 1992									*	Tunisie
* <i>Hydraena (H.) leprieuri</i> Sainte – Claire Deville, 1905						*	*	*	*	Maghrébine
<i>Hydraena (H.) mouzaiensis</i> Sainte – Claire Deville, 1909						*	*			Algérie
<i>Hydraena (H.) numidica</i> Sainte – Claire Deville, 1905						*	*	*	*	Maghrébine
<i>Hydraena (H.) pallidula</i> Sainte – Claire Deville, 1909						*				Algérie
<i>Hydraena (H.) pici</i> Sainte – Claire Deville, 1905					*	*	*	*	*	Maghrébine
<i>Hydraena (H.) quadricollis</i> Wollaston, 1864									*	Afrotropical-Nord-Africaine Sud d'Algerie (Biskra)
<i>Hydraena (H.) riberai</i> Jäch, Aguilera & Hernando, 1998			*	*						Maroc

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Hydraena (H.) rigua</i> d'Orchymont, 1931	*	*	*	*	*					Maghrébine
<i>Hydraena (H.) rivularis</i> Guillebeau, 1896					*	*	*	*	*	Maghrébine
<i>Hydraena (H.) scabrosa</i> d'Orchymont, 1931	*	*			*	*			*	Maghrébine
Totaux de (<i>Hydraena</i>) du Maghreb par zone géographique	8	7	7	3	7	11	7	8	8	
Sous-genre: (<i>Phothydraena</i>) Kuwert, 1890										
<i>Hydraena (Ph.) atrata</i> Desbrochers des Loges, 1891		*				*			*	Ouest-Méditerranéenne
<i>Hydraena (Ph.) hernandoi</i> Fresneda & Lagar, 1990	*									Ibéro-Maghrébine
<i>Hydraena (Ph.) testacea</i> Curtis, 1830	*	*	*		*	*	*	*	*	Euro-Maghrébine
Totaux de (<i>Phothydraena</i>) du Maghreb par zone géographique	2	2	1	0	1	2	1	1	2	
Totaux de <i>Hydraena</i> par zone géographique	11	9	8	3	8	13	8	9	10	
Totaux de <i>Hydraena</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	14			18			10			
Genre: <i>Limnebius</i> Leach, 181										
<i>Limnebius aguilerai</i> Ribera & Millán, 1999			*	*						Maroc
<i>Limnebius alibeii</i> Hernando, Aguilera & Ribera, 1999		*	*							Maroc
<i>Limnebius bacchus</i> Balfour-Browne, 1978	*									Ibéro-Maghrébine

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Limnebius evanescens</i> Kiesenwetter, 1866	*		*	*			*	*		Ibéro-Maghrébine
<i>Limnebius extraneus</i> d'Orchymont, 1938	*		*							Ibéro-Maghrébine
<i>Limnebius fretali</i> Peyerimhoff, 1913	*	*	*							Ibéro-Maghrébine
<i>Limnebius furcatus</i> Baudi di Selve, 1872	*	*						*	*	Ouest-Méditerranéenne
<i>Limnebius irmelae</i> Jäch, 1993									*	Tunisie
<i>Limnebius kamali</i> Sáinz-Cantero & Bennis, 2006	*									Maroc
<i>Limnebius kocheri</i> Balfour-Browne, 1979	*	*								Maroc
<i>Limnebius maurus</i> Balfour-Browne, 1979	*	*								Ibéro-Maghrébine
<i>Limnebius mesatlanticus</i> Théry, 1933	*	*	*							Maroc
<i>Limnebius nitifarus</i> d'Orchymont, 1938								*	*	Maghrébine
<i>Limnebius oblongus</i> Rey, 1883	*	*	*	*						Ouest-Méditerranéenne
<i>Limnebius perparvulus</i> Rey, 1884	*				*	*		*	*	Holoméditerranéenne
* <i>Limnebius pilicauda</i> Guillebeau, 1896	*	*	*	*		*	*	*	*	Maghrébine
<i>Limnebius theryi</i> Guillebeau, 1891					*	*		*	*	Maghrébine
<i>Limnebius truncatellus</i> (Thunberg, 1794)	*									Euro-Maghrébine

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Limnebius zaerensis</i> Hernando, Aguilera & Ribera, 2008		*								Maroc
Totaux de <i>Limnebius</i> du Maghreb par zone géographique	13	9	8	4	2	3	2	6	6	
Totaux de <i>Limnebius</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	16			6			6			
Sous famille : Ochthebiinae Thomson, 1859										
Genre : <i>Aulacochthebius</i> Kuwert, 1887										
<i>Aulacochthebius exaratus</i> (Mulsant, 1844)	*	*	*					*	*	Sud Paléarctique- Afrotropicale
<i>Aulacochthebius libertarius</i> Aguilera, Ribera & Hernando, 1998				*						Maroc
Totaux de <i>Aulacochthebius</i> du Maghreb par zone géographique	1	1	1	1	0	0	0	1	1	
Totaux de <i>Aulacochthebius</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	2			1			1			
Genre : <i>Ochthebius</i> Leach, 1815										
Sous-genre (<i>Asiobates</i>) Thomson, 1859										
<i>Ochthebius (A.) aeneus</i> Stephens, 1835	*	*	*						*	Atlanto-Méditerranéenne Sud d'Algerie
<i>Ochthebius (A.) abeillei</i> Guillebeau, 1896					*					Est-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (A.) bonnairei</i> Guillebeau, 1896	*	*	*			*	*		*	Ouest-Méditerranéenne

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Ochthebius (A.) dilatatus</i> Stephens, 1829	*	*	*				*		*	Atlanto-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (A.) figueroi</i> Garrido-González, 1990		*								Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (A.) immaculatus</i> Breit, 1908					*					Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (A.) opacus</i> Boudi di Selve, 1882							*			Euro-Maghrébine
<i>Ochthebius (A.) maculatus</i> Reiche, 1869	*	*	*		*		*	*	*	Holoméditerranéenne
Totaux de (<i>Asiobates</i>) du Maghreb par zone géographique	4	5	4	0	3	1	4	1	4	
Sous-genre : (<i>Calobius</i>) Wollaston, 1854										
<i>Ochthebius (C.) quadricollis</i> Mulsant, 1844								*	*	Ouest-Méditerranéenne
Totaux de (<i>Calobius</i>) du Maghreb par zone géographique	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Sous-genre : (<i>Ochthebius</i>) Leach, 1815										
<i>Ochthebius (O.) anxifer</i> Balfour-Browne, 1979	*	*	*	*						Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) atriceps</i> Fairmaire, 1879	*	*	*	*	*	*		*	*	Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) auropallens</i> Fairmaire, 1879	*	*	*	*					*	Holoméditerranéenne Sud d'Algérie (Biskra)
** <i>Ochthebius (O.) bifoveolatus</i> Waltl, 1835	*	*	*				*			Ouest-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) corrugatus</i> Rosenhauer, 1856	*								*	Holoméditerranéenne

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Ochthebius (O.) cuprescens</i> Guillebeau, 1893	*							*	*	Ouest-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) difficilis</i> Mulsant, 1844	*	*	*	*		*	*	*	*	Holoméditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) eburneus</i> Sahlberg, 1900									*	Tunisie
<i>Ochthebius (O.) eyrei</i> Jäch, 1990									*	Sud-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) fossulatus</i> Mulsant, 1844				*					*	Ouest-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) foveolatus</i> Germar, 1824									*	Holo-Paléarctique
<i>Ochthebius (O.) gauthieri</i> Peyerimhoff, 1924									*	Maghrébine Sud d'Algerie
<i>Ochthebius (O.) griotes</i> Ferro, 1985		*		*						Maroc
<i>Ochthebius (O.) grandipennis</i> Fairmaire, 1879								*		Ouest-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) judemaesi</i> Delgado & Jäch, 2007	*									Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) kieneri</i> Jäch, 1999								*		Algérie
<i>Ochthebius (O.) lanarotis lanarotis</i> Ferro, 1985	*	*								Maroc
<i>Ochthebius (O.) lividipennis</i> Peyron, 1858									*	Tunisie
<i>Ochthebius (O.) lobocollis</i> Rey, 1885							*			Algérie
<i>Ochthebius (O.) marinus</i> (Paykull, 1798)									*	Holarctique

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Ochthebius (O.) maroccanus</i> Jäch, 1992			*							Maroc
<i>Ochthebius (O.) mauretanicus</i> Jäch, 1990	*							*	*	Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) mediterraneus</i> (Ienistea, 1988)	*	*	*	*		*		*	*	Holoméditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) meridionalis</i> Rey, 1885	*	*	*						*	Centroasiatico-Européo-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) merinidicus</i> Ferro, 1985	*	*	*	*				*	*	Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) metallescens</i> Rosenhauer, 1847	*									Euro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) nanus</i> Stephens, 1829	*		*	*						Ouest-Européo-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) nobilis</i> A. Villa & G.B. Villa, 1835									*	Euro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) normandi</i> Jäch, 1992									*	Tunisie
<i>Ochthebius (O.) notabilis</i> Rosenhauer, 1856	*	*	*			*			*	Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) pedicularius</i> Kuwert, 1887	*						*			Paléarctique méridional
<i>Ochthebius (O.) perpusillus</i> Ferro, 1985	*	*								Maroc
<i>Ochthebius (O.) pilosus</i> Waltl, 1835	*	*								Ouest-Méditerranéenne-Algérie : localité n'est pas précisée
<i>Ochthebius (O.) poweri</i> Rey, 1870	*				*	*	*	*	*	Atlanto-Méditerranéenne

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Ochthebius (O.) praetermissus</i> Jäch, 1991	*	*						*	*	Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) punctatus</i> Stephens, 1829	*	*	*						*	Atlanto-Méditerranéenne Algérie : localité n'est pas précisée
<i>Ochthebius (O.) pusillus</i> Stephens, 1835									*	Holo-Paléarctique
<i>Ochthebius (O.) quadrifossulatus</i> Waltl, 1835	*	*	*		*	*		*	*	Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) quadrifoveolatus</i> Wollaston, 1854	*	*	*	*					*	Afrotropicale- Méditerranéenne Sud d'Algerie (Biskra)
<i>Ochthebius (O.) reyi</i> Jäch, 1989		*			*	*		*		Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) recurvatus</i> Jäch, 1991									*	Tunisie
<i>Ochthebius (O.) salinator</i> Peyerimhoff, 1924	*		*						*	Holoméditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) semisericeus</i> complex :cette espèce appartient à <i>Ochthebius semisericeus</i> « complex » et nécessite une révision pour une identification correcte (Jäch, 2001)			*		*		*			Circum-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) serratus</i> Rosenhauer, 1856	*	*								Ibéro-Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) silfverbergi</i> Jäch, 1992				*					*	Maghrébine
<i>Ochthebius (O.) subinteger</i> Mulsant & Rey, 1861	*								*	Ouest-Paléarctique- Orientale. Algérie : localité n'est pas précisée

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Ochthebius (O.) subpictus subpictus</i> Wollaston, 1857	*	*	*						*	Holoméditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) tacapasensis tacapasensis</i> Ferro, 1983	*		*		*				*	Ouest-Méditerranéenne Sud d'Algérie (Biskra)
<i>Ochthebius (O.) thermalis</i> Janssen, 1965			*						*	Sud-Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) tivelunus</i> Ferro, 1984			*	*						Maroc + îles Canaries
<i>Ochthebius (O.) tunisicus</i> Jäch, 1997									*	Tunisie
<i>Ochthebius (O.) velutinus</i> Fairmaire, 1883									*	Tunisie Sud d'Algérie (Biskra)
<i>Ochthebius (O.) viridis fallociossus</i> Ganglbauer, 1901	*	*	*							Européo- Méditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) viridescens</i> Ienistea, 1988	*	*			*			*	*	Holoméditerranéenne
<i>Ochthebius (O.) viridis sp. 2</i> Peyron, 1858 forme 1 sensu Jäch, 1992	*	*				*		*		Sud-Méditerranéenne
Totaux de (<i>Ochthebius</i>) du Maghreb par zone géographique	32	23	21	12	7	8	8	14	35	
Totaux de <i>Ochthebius</i> par zone géographique	36	28	25	12	10	9	9	16	40	
Totaux de <i>Ochthebius</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	45				35				40	
Famille : Elmidae Curtis 1830										
Genre : <i>Oulimnius</i> Des Gozis, 1886										
<i>Oulimnius aegyptiacus</i> (Kuwert, 1890)			*	*						Nord-Africaine

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Oulimnius fuscipes</i> (Reiche, 1879)	*	*	*	*	*	*			*	Ibéro-Maghrébine
<i>Oulimnius hipponensis</i> Berthélemy, 1979								*	*	Maghrébine
<i>Oulimnius jaechi</i> Hernando, Ribera & Aguilera, 1998			*	*						Maroc
<i>Oulimnius maurus</i> Berthélemy, 1979						*	*	*		Algérie
<i>Oulimnius reygassei</i> Peyerimhoff, 1929										Algérie : localité n'est pas précisée
<i>Oulimnius rivularis</i> (Rosenhauer, 1856)	*	*	*	*		*			*	Atlanto-Méditerranéenne
<i>Oulimnius troglodytes</i> (Gyllenhal, 1827)	*			*					*	Atlanto-Méditerranéenne
<i>Oulimnius villosus</i> Berthélemy, 1979		*	*				*			Maghrébine
Totaux de <i>Oulimnius</i> du Maghreb par zone géographique	3	3	5	5	1	3	2	2	4	
Totaux de <i>Oulimnius</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie		6			5				4	
Genre : <i>Limnius</i> Illiger, 1802										
* <i>Limnius intermedius</i> Fairmaire, 1881	*	*	*	*	*		*	*	*	Européo-Méditerranéenne
<i>Limnius opacus opacus</i> P.W.J. Müller 1806	*	*	*			*	*			Européo-Méditerranéenne
<i>Limnius opacus jahandiezi</i> Alluaud, 1922			*							Maroc

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Limnius stygius</i> Hernando, Aguilera & Ribera, 2001				*						Maroc
<i>Limnius surcoufi</i> Pic, 1905					*	*	*			Algérie
Totaux de <i>Limnius</i> du Maghreb par zone géographique	2	2	3	2	2	2	3	1	1	
Totaux de <i>Limnius</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	4			3			1			
Genre : <i>Esolus</i> Mulsant & Rey, 1872										
<i>Esolus bicuspidatus</i> Alluaud, 1922		*								Maroc
<i>Esolus filum</i> (Fairmaire, 1870)	*					*	*	*	*	Maghrébine
<i>Esolus parallelepipedus</i> (P. W. J. Müller, 1806)	*	*					*			Sud-Européo- Méditerranéenne
<i>Esolus pygmaeus</i> (P.W.J. Müller, 1806)	*	*			*		*		*	Européo- Méditerranéenne
<i>Esolus theryi</i> Alluaud, 1922		*	*							Maroc
Totaux de <i>Esolus</i> du Maghreb par zone géographique	3	4	1	0	1	1	3	1	2	
Totaux d' <i>Esolus</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	5			3			2			
Genre : <i>Normandia</i> Pic, 1900										
<i>Normandia nitens</i> (P.W. J. müller, 1817)	*	*			*					Européo- Méditerranéenne

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
<i>Normandia robustior</i> Pic, 1900					*				*	Maghrébine
<i>Normandia substriata</i> (Grouvelle, 1889)	*	*			*			*		Maghrébine
<i>Normandia villosocostata</i> (Reiche, 1879)	*	*	*		*	*	*		*	Maghrébine
Totaux de <i>Normandia</i> du Maghreb par zone géographique	3	3	1	0	4	1	1	1	2	
Totaux de <i>Normandia</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	3			4			2			
Genre : <i>Potamophilus</i> Germar, 1811										
<i>Potamophilus acuminatus</i> Fabricius, 1792									*	Holo-Paléarctique
Totaux de <i>Potamophilus</i> du Maghreb par zone géographique	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Totaux de <i>Potamophilus</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	0			0			1			
Genre : <i>Stenelmis</i> Dufour, 1835										
<i>Stenelmis consobrina consobrina</i> Dufour, 1835	*	*					*		*	Holoméditerranéenne
<i>Stenelmis leblanci</i> Peyerimhoff, 1929										Sud d'Algérie
<i>Stenelmis peyerimhoffi</i> Bollow, 1941										Maroc : localité n'est pas précisée
Totaux de <i>Stenelmis</i> du Maghreb par zone géographique	0	1	0	0	0	0	1	0	1	

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
Totaux de <i>Stenelmis</i> du Maghreb par pays: Maroc, Algérie, Tunisie	1				1				1	
Genre : <i>Elmis</i> Latreille 1798										
<i>Elmis atlantis</i> (Alluaud, 1922)		*		*						Maroc
<i>Elmis maugetii velutina</i> (Reiche, 1879)	*	*	*				*			Maghrébine
Totaux de <i>Elmis</i> du Maghreb par zone géographique	1	2	1	1	0	0	1	0	0	
Totaux de <i>Elmis</i> du Maghreb par pays: Maroc, Algérie, Tunisie	1				1				0	
Genre : <i>Riolus</i> Mulsant & Rey, 1872										
<i>Riolus cupreus</i> (P.W.J. Müller, 1806)		*								Holo-Paléarctique
Totaux de <i>Riolus</i> du Maghreb par zone géographique	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Totaux de <i>Riolus</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	1				0				0	
Genre : <i>Macronychus</i> P.W.J. Müller, 1806										
<i>Macronychus quadrituberculatus</i> P.W.J. Müller, 1806		*								Ouest-Européo-Maghrébine
Totaux de <i>Macronychus</i> du Maghreb par zone géographique	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Totaux de <i>Macronychus</i> du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	1				0				0	

Annexes

Espèces	Rif	Moyen-Atlas	Haut-Atlas	Anti-Atlas	Ouest	Centre	Kabylie	Est	Khroumirie	Répartition
Totaux des Coléoptères aquatiques Elmidae du Maghreb par zone géographique	13	17	11	8	8	7	11	5	11	
Totaux des Coléoptères aquatiques Elmidae du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	24				19				11	
Totaux des Coléoptères aquatiques Hydraenidae du Maghreb par zone géographique	61	47	42	20	20	25	20	32	57	
Totaux des Coléoptères aquatiques Hydraenidae du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	77				60				57	
Totaux des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae du Maghreb par zone géographique	74	64	53	28	28	32	31	37	68	
Totaux des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae du Maghreb par pays : Maroc, Algérie, Tunisie	101				79				68	

Annexes

Annexe 9 : Abondance et occurrence des Ephéméroptères inventoriés. A : Abondance, AR : Abondance relative, O : Occurrence, OR : Occurrence relative

Stations	Oued Sébaou	Sous-bassin de l'oued Boubhir											Sous-bassin de l'oued Aissi											Sous-bassin de l'oued Bougdoura				A	AR	O	OR						
	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	TR2	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	O5	O6	TG1					TG2	TG3	TG4			
Esp. / Alt.	160	1000	870	1170	1140	430	370	200	1010	1080	1120	1045	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	1040	950	600	290	1450	850	900	500							
<i>Alainites</i> groupe <i>muticus</i>														3							6						5							14	0,1	3	1,8
<i>Acentrella sinaïca</i>				135					24	7		25										140	146	85	140	280		140	27					1149	11	11	6,6
<i>Cheleocloeon</i> sp.	3							10																										13	0,1	2	1,2
<i>Baetis maurus</i>														20							47								23					90	0,9	3	1,8
<i>Baetis pavidus</i>	42						250	72								9	15	60							6									454	4,5	7	4,2
<i>Baetis punicus</i>	200							280		350	90		261	230		248	200	200	35				92	280		25	15	325						2831	28	15	8,9
<i>Baetis</i> groupe <i>rhodani</i>	203							30	250		32	50				93		123							318	125								1505	15	11	6,6
<i>Baetis</i> sp.	30	60	87		62	80	32	80	55	80	60	39	40	12	19	50	95	80	50	135	71	80	150	90	40	70	80	50	78	88				1943	19	29	17
<i>Nigrobaetis rhithralis</i>										30																			63					93	0,9	2	1,2
<i>Centroptilum luteolum</i>												3											25		3	4	25	5	20					85	0,8	7	4,2
<i>Cloeon</i> sp.	60							15																										75	0,7	2	1,2
<i>Procloeon</i> sp.	3							3																										6	0,1	2	1,2
<i>Rhithrogena</i> sp.								3		20						35	15	40	18		15	29												175	1,7	8	4,8
<i>Ecdyonurus</i> sp.	3			13		12		10	3	20	4						3	3	13	8				3	15	7	7		3				130	1,3	17	10	
<i>Caenis luctuosa</i>	206					3	63	120	3							4	210	250	5	3	50			67	40	3	13		3				1043	10	16	9,6	
<i>Caenis pusilla</i>																35	6	95																136	1,3	3	1,8
<i>Choroterpes</i> sp.	25							15																										40	0,4	2	1,2
<i>Habrophlebia</i> groupe <i>fusca</i>	3	3	17	9	3	3		3	3		38	5	6			3	3				20	6	42	50	56	3	10	25			16		327	3,2	22	13	
<i>Potamanthus luteus</i>	3							12									8	5	6															34	0,3	5	3
A	781	63	104	144	78	86	387	860	98	502	281	73	463	265	19	426	120	708	547	339	440	344	369	563	450	502	390	553	78	110			10143		167		
AR	7,7	0,62	1	4,2	0,77	0,8	3,8	8,5	0,96	4,95	2,77	0,72	4,6	2,61	0,2	4,2	1,18	7	5,4	3,3	4,3	3,4	3,63	5,6	4,4	5	3,84	5,45	0,77	1,08							
O	12	2	2	2	3	3	5	11	6	6	7	4	4	4	1	4	5	9	8	7	9	7	4	5	6	8	9	9	1	4			167				
OR	7,18	1,2	1,2	1,2	1,8	1,8	3	6,6	3,4	3,4	4,2	2,4	2,4	2,4	0,6	2,4	3	5,4	4,8	4,2	5,4	4,2	2,4	3	3,4	4,8	5,38	5,38	0,6	2,4							

Annexes

Annexe 10 : Abondance et occurrence des Plécoptères recensés. A : Abondance, AR : Abondance relative, O : Occurrence, OR : Occurrence relative

Stations	Sous-bassin de l'oued Boubhir										Sous-bassin de l'oued Aissi										Sous-bassin de l'oued Bougdoura				A	AR	O	OR							
	IG1	IG2	SA1	SA2	KH	B1	AI	AA	TR1	TR2	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O3	O4	O5	TG1					TG2	TG3	TG4				
Esp. / Alt.	1000	870	1170	1140	370	200	1010	1080	1120	1045	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	1040	950	600	1450	850	900	500								
<i>Afroperlodes lecerfi</i>	3	3	3		3		30	30	50	10	43	3		3	3	3	3		34	18	10	70	50	3	10		3	388	14	22	12,5				
<i>Eoperla ochracea</i>																	20	20										40	1,44	2	1,13				
<i>Marthamea bayae</i>			11	3			13	3	3	3	22			3	3													64	2,31	9	5,11				
<i>Perla cf. pallida</i>		10					57	100	94		113	6		8	5							112	20			3	528	19	11	6,25					
<i>Perla sp.</i>			10	9			23	8	20	26	32								7			3			22	25	185	6,7	11	6,25					
<i>Siphonoperla sp.</i>							3	3	3														7					16	0,57	4	2,27				
<i>Brachyptera algerica</i>							3		3	3	19														7			35	1,26	5	2,84				
<i>Brachyptera auberti</i>									3			5		5							3			3				19	0,68	5	2,84				
<i>Amphinemura berthelemyi</i>									15																			15	0,54	1	0,56				
<i>Amphinemura sp.</i>		3	3	11			8	13	28	35	30	3																134	4,84	9	5,11				
<i>Protonemuta algerica algerica</i>								3	3	3		12		60	60				13						3			157	5,68	8	4,54				
<i>Protonemura algerica bejaiana</i>									3																			3	0,1	1	0,56				
<i>Protonemura ruffoi</i>	70	51					3	26	52	12	5	50	80	30	50						3	3		80	5			520	18,81	15	8,52				
<i>Nemoura sp.</i>	3	3					3	3	3	3		3																21	0,76	7	3,97				
<i>Capnia nigra</i>							6			7	3			3						3	4		3					29	1,05	7	3,97				
<i>Capnioneura petitpierreae</i>		3					10	3	12	3	55		3	3	10							3	3					108	3,9	11	6,25				
<i>Capnioneura sp.</i>		10			3		5		3	3	3		3								3	4						37	1,33	9	5,11				
<i>Capnopsis schilleri schilleri</i>										3			3	3														9	0,32	3	1,7				
<i>Leuctra geniculata</i>	21						3	3	20		3	18		8	8							6	30					120	4,34	10	5,68				
<i>Leuctra khroumiriensis</i>									8	3																		11	0,4	2	1,13				
<i>Leuctra tunisica</i>														30	43													73	2,64	2	1,13				
<i>Leuctra sp.</i>		8	7	8			13	28	32	12	3	3	3	15	8							22	23	15		25	3	228	8,24	17	9,65				
<i>Tyrrhenoleuctra tangerina</i>	12	3				3				3								3										24	0,86	5	2,84				
A	109	94	34	31	6	3	177	223	355	132	331	103	92	168	193	3	23	23	54	21	42	227	121	90	53	25	31	2764			176				
AR	3,94	3,4	1,23	1,12	0,21	0,1	6,4	8,06	12,84	4,77	12	3,72	3,32	6,07	6,98	0,1	0,83	0,83	1,95	0,76	1,52	8,21	4,37	3,25	1,91	0,9	1,12								
O	5	9	5	4	2	1	13	12	18	16	12	9	5	11	10	1	2	2	3	2	5	9	6	3	6	2	3	176							
OR	2,84	5,11	2,84	2,27	1,13	0,56	7,38	6,81	10,22	9	6,81	5,11	2,84	6,25	5,68	0,56	1,13	1,13	1,7	1,13	2,84	5,11	3,4	1,7	3,4	1,13	1,7								

Annexes

Annexe 12 : Abondance et occurrence des Coléoptères aquatiques Elmidae et Hydraenidae recensés. A : Abondance, AR : Abondance relative, O : Occurrence, OR : Occurrence relative

Stations	Oued Sébaou	Sous-bassin de l'oued Bouhbir										Sous-bassin de l'oued Aissi										Sous-bassin de l'oued Bougdoura				A	AR	O	OR				
	S1	IG1	IG2	SA1	SA2	SA3	KH	B1	AI	AA	TR1	D1	TK1	TK2	A1	A2	A3	A4	A5	O1	O2	O4	O5	O6	TG1					TG2	TG3	TG4	
Esp. / Alt.	160	1000	870	1170	1140	430	370	200	1010	1080	1120	900	1300	950	920	810	380	300	200	850	500	950	600	290	1450	850	900	500					
<i>Hydraena leprieuri</i>		78	42	3		3	3													45	10	7	38		11	23		13	276	15	12	8	
<i>Hydraena mouzaiensis</i>									3						15	35				34	3		5				3	3	101	5,3	8	5,3	
<i>Hydraena numidica</i>	6	68	22	9	15	3	48	18		3	5	3		3	35	3	4	4	75	48	23	15	22		21		4	460	24	24	16		
<i>Hydraena pici</i>			3												3	10													16	0,8	3	2	
<i>Hydraena rivularis</i>	6		3				3	8				5	3		3	3	3	4	4	3		3	3			11		3	68	3,6	16	11	
<i>Limnebius pilicauda</i>		3		3							3	3									3		6			4			25	1,3	7	4,7	
<i>Ochthebius bonnairei</i>			5	5	4	3	3			3	3	3								9	8	15	5		3	35	14	3	121	6,4	16	11	
<i>Ochthebius bifoveolatus</i>																										3			3	0,2	1	0,6	
<i>Elmis maugetii velutina</i>				3						3					8										46	16	38	23	137	7,2	7	4,7	
<i>Esolus filum</i>																	35	40	32										107	5,7	3	2	
<i>Esolus pygmeus</i>	25							12																					37	2	2	1,3	
<i>Esolus sp.</i>	45							30																					75	4	2	1,3	
<i>Limnius intermedius</i>				3	25		3		3	3	3	4									14	4	17	7		3		3	92	4,9	13	8,6	
<i>Limnius opacus opacus</i>	48							45								38	35	30											196	10	5	3,3	
<i>Limnius surcoufi</i>							3			3		10						3	4			4				3		3	33	1,7	8	5,3	
<i>Oulimnius maurus</i>				3			3			3					3		8	35	3		3	3	8	15		3			90	4,8	12	8	
<i>Oulimnius sp.</i>	3							3				9								3	8			6				7	39	2	7	4,6	
<i>Stenelmis consobrina consobrina</i>	3							3										7										3	16	0,8	4	2,6	
A	136	149	75	26	47	9	66	119	6	18	14	37	3	3	35	83	87	118	83	173	97	55	101	50	60	122	55	65	1892		150		
AR	7,18	7,87	3,96	1,37	2,48	0,47	3,48	6,28	0,13	0,95	0,73	1,95	0,15	0,15	1,84	4,38	4,6	6,23	4,38	9,14	5,12	2,9	5,33	2,64	3,17	6,44	2,9	3,43					
O	7	3	5	6	4	3	7	7	2	6	4	7	1	1	6	4	5	5	7	7	8	6	9	4	3	10	3	10	150				
OR	4,66	2	3,33	4	2,66	2	4,66	4,66	1,33	4	2,66	4,66	0,66	0,66	4	2,66	3,33	3,33	4,66	4,66	5,33	4	6	2,66	2	6,66	2	6,66	2	6,66			