

## GEA, FLORA ET FAUNA

# L'utilisation des Coleoptera, Ephemeroptera et Diptera comme bioindicateurs de la qualité des eaux de quelques Oueds en Algérie

Nassima Sellam\*,\*\*\*\*, Amador Viñolas\*\*, Zouggaghe Fatah\*\*\* & Riadh Moulai\*

\* Université de Bejaia. Faculté des Sciences de la Nature et la Vie. Laboratoire de Zoologie Appliquée et d'Ecophysiologie Animale. 06000 Bejaia. Algérie.

\*\* Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Laboratori de Natura. Col·lecció d'artròpodes. Passeig Picasso s/n. 08001 Barcelona. Catalunya.

\*\*\* Université AMO de Bouira. Faculté des Sciences de la Nature et la Vie et Sciences de la Terre. 01000 Bouira. Algérie.

\*\*\*\* Université d'Amar Thelidji. Faculté des Sciences. Département de Biologie. 03000 Laghouat. Algérie.

Correspondance auteur : Nassima Sellam. A\è : [sellam.nassima@yahoo.fr](mailto:sellam.nassima@yahoo.fr)

Rebut: 31.01.2016; Acceptat: 23.03.2016; Publicat: 01.04.2016

## Résumé

Nous avons réalisé une étude afin d'évaluer la qualité de l'eau de trois Oueds en Algérie, en l'occurrence : Oued Sahel (région de Bouira), Oued Djedir (région de Djelfa) et Oued M'zi (région de Laghouat). Ces derniers ont été choisis, en fonction de leurs emplacement dans différents étages bioclimatiques en Algérie, définissant des zones semi-aride doux, semi-aride froid et aride. Au total, 14 stations ont été échantillonnées dans les différents Oueds, durant les années 2013 et 2014 avec un total de 18 échantillons. L'étude a été menée en utilisant des macro-invertébrés aquatiques (coléoptères, éphéméroptères et diptères), capturés dans chaque Oued, comme bio-indicateurs de la qualité hydrobiologique. Les données sur les bioindicateurs (coléoptères, éphéméroptères, diptères) et leur valorisation, ainsi la qualité des trois cours d'eau ont été discutées. Les résultats obtenus ont été comparés avec d'autres études en Algérie.

**Mots-clés :** Coleoptera, Ephemeroptera, Diptera, bio-indicateurs, qualité des eaux, Oueds, Algérie.

## Abstract

### The utilization of Coleoptera, Ephemeroptera and Diptera as bioindicators of water quality of some wadis from Algeria

We conducted a study to assess the water quality of three wadis in Algeria, namely: Oued Sahel (Bouira region), Oued Djedir (Djelfa region) and Oued M'zi (Laghouat region). They were chosen based on their location in different bioclimatic levels in Algeria, mild semi-arid, cold semi-arid and arid areas. A total of 14 stations were sampled in the different wadis during the years 2013 and 2014, taking in all 18 samples. The study was conducted using aquatic macroinvertebrates (beetles, mayflies and Diptera) captured in each Oued as bio-indicators of hydro-biological quality. Data on biological indicators (Coleoptera, Ephemeroptera, Diptera), their valuation and the quality of the three rivers were discussed. The results were compared with other studies in Algeria.

**Key word:** Coleoptera, Ephemeroptera, Diptera, bioindicators, water quality, wadis, Algeria.

## Resum

### L'utilització dels Coleoptera, Ephemeroptera i Diptera com bioindicadors de la qualitat de l'aigua d'alguns uadis d'Algèria

S'ha dut a terme un estudi per avaluar la qualitat de l'aigua de tres uadis a Algèria: Oued Sahel (regió de Bouira), Oued Djedir (regió de Djelfa) i Oued M'zi (regió Laghouat). Van ser seleccionats en base a la seva ubicació en diferents zones bioclimàtiques d'Algèria; zones semiàrides temperades, semiàrides fredes i àrides. Es van prendre mostres en un total de 14 estacions situades en diferents uadi durant els anys 2013 i 2014, amb un total de 18 mostres. L'estudi es va realitzar utilitzant macroinvertebrats aquàtics (coleòpters, efemeròpters i dípters), capturats en cada uadi com a bioindicadors de la qualitat hidrobiològica. Es donen les dades sobre els bioindicadors (coleòpters, efemeròpters i dípters) i el seu valor, així com la valorització de la qualitat de l'aigua del tres uadis. Els resultats es comparen amb altres estudis realitzats a Algèria.

**Paraules clau:** Coleoptera, Ephemeroptera, Diptera, bioindicadors, qualitat de l'aigua, uadis, Algèria.

## Introduction

Les cours d'eau de méditerranée sont caractérisés par une irrégularité de flux hydrologiques et des fluctuations brutales. Le débit annuel est marqué par un maximum au printemps et

en automne, et un faible niveau d'eau sévère en été (Giudicelli *et al.*, 1985). Dont ceux d'Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique de fait de sa rareté et d'un cycle perturbé et déséquilibré. Les organismes aquatiques qui peuplent ces milieux manifestent des préférences et des exigences vis-à-vis des

différents facteurs biotiques et abiotiques : lorsqu'un changement survient dans un milieu, on constate des perturbations des communautés qui le peuplent (Ferguani & Arab, 2013).

L'appréciation de la qualité d'un milieu aquatique a l'aide des méthodes biologiques est fondée sur l'application d'un principe général selon lequel a un milieu donné correspond une biocénose particulière. De ce fait, les peuplements d'un habitat peuvent être considérés comme l'expression synthétique de l'ensemble des facteurs écologiques qui conditionnent le système (Verneaux, 1980). La détection d'une pollution peut être réalisée par l'observation des macro-invertébrés vivant sur le fond. D'après Charvet (1999), les organismes aquatiques de par leur diversité de formes taxonomiques, leur durée de vie, et leur large distribution dans l'ensemble des eaux courantes, constituent d'excellents bio-indicateurs de l'état de santé des hydro-systèmes.

La plupart des études en Afrique du Nord, notamment en Algérie et au Maroc (Bouchelouche *et al.*, 2013 ; Ferguani & Arab, 2013 ; Kerrouche & Chahlaoui, 2009 ; Lamhaceni *et al.*, 2013 ; Oualad Mansour Naoual *et al.*, 2009 ; Zougaghe *et al.*, 2014) qui se sont intéressées à la qualité biologique des eaux ont utilisés l'indice biologique global normalisé (IBGN), pour évaluer la qualité hydrobiologique avec les macroinvertébrés.

Le présent travail, consiste en une estimation de la qualité de l'eau par l'utilisation de l'indice biologique «Iberian Biological Monitoring Working Party» (IBMWP), pour pouvoir utiliser conjointement les coléoptères, les éphéméroptères et

les diptères comme bioindicateurs de la qualité des eaux. Ce travail s'insère dans le cadre de la protection et de la préservation des écosystèmes aquatiques continentaux et il porte sur l'étude de trois Oueds qui se situent dans différents étage bioclimatique en Algérie.

## Matériel et Méthodes

### Zone d'échantillonnage

L'étude est conduite sur une aire assez vaste présentant des caractéristiques climatiques et édaphiques assez différentes. Cette aire s'étale sur une longueur de 400 km, depuis la région désertique du Nord de Sahara à Laghouat jusqu'au piémont de Djurdjura à Bouira. Notre choix est porté sur trois régions climatiques de l'Algérie. Il s'agit du nord au sud, de Bouira, de Djelfa et de Laghouat, on trouve donc au niveau de nos trois milieux étudiés un gradient d'aridité Nord-Sud croissant. Les caractéristiques environnementales des trois zones d'étude sont résumées dans le tableau 1. Le tableau 2 résume les caractéristiques bioclimatiques de ces trois régions d'étude.

### Oued Sahel (Bouira)

La vallée de l'oued Sahel est le prolongement occidental de la grande vallée de la Soummam. C'est une vallée intermontagneuse, située à la limite entre le massif du Djurdjura

Tableau 1. Caractéristiques environnementales des trois Oueds étudiés.

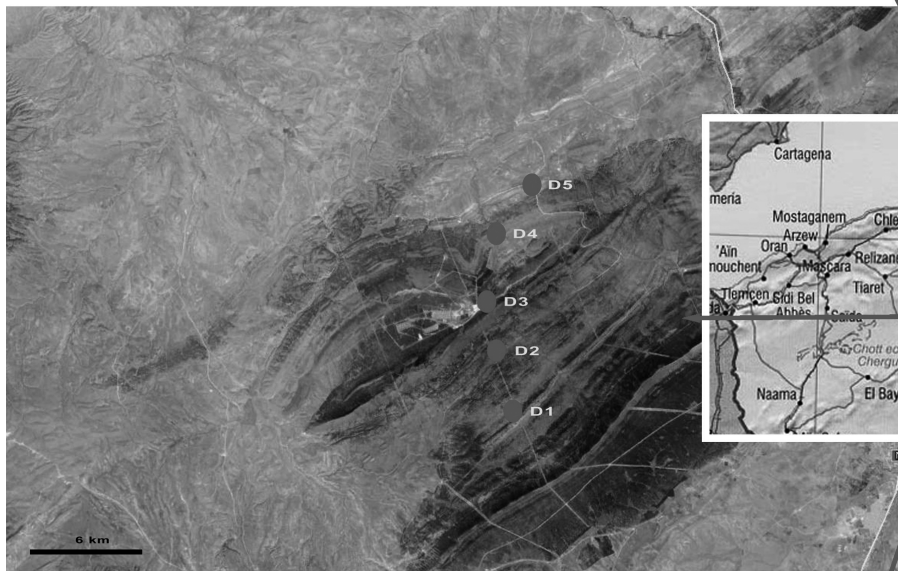
| Facteurs environnementaux    | Oued Sahel  | Oued Djedir                               | Oued M'zi  |
|------------------------------|---|---|--|
| Altitude (m)                 | 370   | 1.085                                     | 909  |
| Température moyenne de l'air | 17,8 °C   | 14,0 °C                                   | 20,8 °C  |
| Température moyenne de l'eau | 16,0 °C   | 18,9 °C                                   | 19,8 °C  |
| Pente                        | 0,3 %   | 5,0 %                                     | 3,0 %  |
| Nature du sol                | dépression  | marne,<br>schistes feuilleté,<br>argileux | marne et calcaire  |
| Largueur du lit (m)          | 100   | 25  | 1.200  |
| Végétation                   | <i>Olea europea</i> ,<br><i>Quercus ilex</i> ,<br><i>Populus alba</i> | <i>Pinus halepensis</i>                   | <i>Tamarix</i> sp,<br><i>Stipa tenacissima</i> ,<br><i>Artemisia</i> sp. |
| Substrat                     | rocheux, graviers, galets   | rocheux, sableux                          | sableux, limoneux  |
| Vitesse du courant           | moyenne   | lente                                     | lente  |
| Profondeur max (cm)          | 120   | 140                                       | 45   |
| pH                           | 7,9   | 7,4                                       | 7,5  |

Tableau 2. Climatologie des régions d'étude selon l'Office National de Météorologie (données 2012).

| Région               | Cours d'eau | P<br>mm | T Max<br>°C | T Min<br>°C | Quotient<br>d'Emberger | Étage<br>bioclimatique |
|----------------------|-------------|---------|-------------|-------------|------------------------|------------------------|
| Bouira (1990-2011)   | Oued Sahel  | 478     | 34          | 3,8         | 52,8                   | Semi-aride / doux      |
| Djelfa (1990-2011)   | Oued Djedir | 335     | 34,1        | -0,5        | 33,29                  | Semi-aride / froid     |
| Laghouat (2000-2011) | Oued M'zi   | 178     | 43,7        | 2,4         | 14,77                  | Arde / frais           |



**Oued Sahel (Bouira)**



**Oued Djedir (Djelfa)**



**Oued M'zi (Laghouat)**

Fig. 1. Carte de l'Algérie et localisation des trois régions étudiées avec l'indication des stations d'échantillonnage.





Fig. 2. Oued Sahel dans la région de Bouira.



Fig. 3. Oued Djedir dans la région de Djelfa.



Fig. 4. Oued M'zi dans la région de Laghouat.

au nord et des Babors au sud. Administrativement, la vallée de l'oued Sahel appartient à la wilaya de Bouira et de Béjaia. Elle s'étend d'El-Adjiba jusqu'à Akbou, sur une distance de 40 km, et elle se trouve à environs 500 m d'altitude. L'oued

se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride doux, avec une pluviosité annuelle de 478 mm et une température de 17 °C. La vallée de l'oued Sahel et ses affluents, allant d'Akbou jusqu'à Sour El-Ghozlane dans la région de Bouira possède



une superficie de 3815 km<sup>2</sup>. Sa position géographique est de 36° 23' N et 3° 54' E (Figs. 1, 2).

### Oued Djedir (Djelfa)

Est un affluent de la rive gauche de l'oued Mellah, il se trouve dans la wilaya de Djelfa, à une distance de 36 km au Sud-Ouest de Hassi Bahbah, et d'une vingtaine de kilomètres au Nord-Ouest de la ville de Djelfa. Il est situé à l'Ouest de la forêt de Senelba sur une longueur de 30 km, et il se trouve à environ 1085 m d'altitude. L'oued est dans l'étage bioclimatiques semi-aride froid, avec une pluviosité annuelle de 335 mm et une température de 14 °C. Le bassin versant de l'oued Djedir est relativement réduit car ne dépassant pas les 150 km<sup>2</sup>. Sa position géographique est de 34° 34' N et 2° 50' E (ANRH, 2013) (Figs. 1, 3).

### Oued M'zi (Laghouat)

L'oued M'zi couvre une superficie de 1618 km<sup>2</sup>. Son réseau hydrographique bien organisé en amont est composé principalement par les oueds M'said et M'zi, qui prennent leur source au cœur de Djebel Amour de l'Atlas saharien central à une altitude de 1536 m et qui confluent juste à l'exutoire du secteur d'El Fetha. L'oued se trouve dans l'étage bioclimatiques aride, avec une pluviosité annuelle de 178 mm et une température de 21 °C. L'oued M'zi alimente oued Djeddi, ce dernier se divise à chott Melghig. Sa position géographique est de 33° 49' N et 2° 52' E (ANRH, 2013) (Figs. 1, 4).

### Échantillonnage et détermination

Les coléoptères, les éphéméroptères et les diptères ont été prélevés dans 14 stations, elles sont réparties sur les trois Oueds de la manière suivante : 5 stations à Oued Sahel (Fig. 1, 2), 5 stations à Oued Djedir (Fig. 1, 3) et 4 stations dans l'Oued M'zi (Fig. 1, 4). Le choix de ces stations a été retenu en tenant compte de plusieurs paramètres : cours d'eau permanents (durant la plupart des saisons), diversité des habitats (sédiment, galets, roche, végétation aquatique).

Les prélèvements ont été réalisés durant l'année 2013 et 2014. La méthode d'échantillonnage consiste à balayer le fond de l'eau à l'aide d'un filet troubleau de dimension 1/20 m<sup>2</sup> à maille de 275 µ par des mouvements de va et vient sur une distance de 1 m. Les échantillons sont prélevés à la fréquence de deux fois par saison (printemps, été, automne), d'une part pour permettre le renouvellement de la faune et d'autre part pour boucler le cycle biologique des espèces étudiées. Les organismes ainsi récoltés sont fixés au formol à 10 % sur le terrain. Au laboratoire, les spécimens sont rincés sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (500- 275 et 75 µm) puis conservés dans de l'alcool à 70°. La totalité des spécimens est déterminée sous un stéréoscope modèle discovery V8, Zeiss.

Une détermination jusqu'à la famille est effectuée, par fractions successives dans des boîtes de Pétri à fond quadrillé. L'ouvrage de base pour la séparation des familles est le guide des invertébrés d'eau douce de Tachet *et al.* (2000),

ainsi que d'autres documents comme celui Archambault (2007) et Moisan & Pelletier (2011).

Pour les coléoptères, l'organisation a été réalisée en suivant la taxonomie supérieure de Bouchard *et al.* (2011), ce qui correspond à une identification à la famille, et pour la systématique du genre et espèce, on a utilisé les chapitres spécialisés du «Catalogue of Palaearctic Coleoptera» (Nilsson, 2003 ; Mazzoldi, 2003 ; Vondel, 2003 ; Hansen, 2004 ; Jäch, 2004 ; Kodada & Jäch, 2006 ; Mascagni, 2006).

Certains nombres de travaux (Biström *et al.*, 2015 ; Fery *et al.*, 1996 ; Guignot, 1959a, b, 1961 ; Mazzoldi & Toledo, 1998 ; Toledo, 2009 ; Vondel, 2010), ont été utilisés pour la détermination des espèces, notant que chez les coléoptères aquatique, il y a peu de révisions modernes sur les groupes d'espèces pour faciliter la détermination.

Concernant les spécimens d'éphéméroptères, ils ont été déterminés par la spécialiste Mme Maria Ángeles Puig du «Centre d'Estudis Avançats de Blanes» (CEAB), appartenant au «Consejo Superior de Investigaciones Científicas» (CSIC) (Gérone, Catalogne).

Concernant les spécimens de diptères, ils ont été déterminés après leur échantillonnage en Algérie, puis validés par M. Jorge Mederos (Barcelone, Catalogne).

### Valorisation des bioindicateurs

Pour la valorisation des spécimens récoltés comme bioindicateurs de la qualité de l'eau des trois Oueds étudiés, nous avons utilisé la méthodologie de «l'indice biotique» qui se base sur la tolérance ou l'intolérance des macroinvertébrés à la pollution (Prat *et al.*, 2009). On a créé un tableau en utilisant la combinaison de nombre de taxons présents pour chaque famille dans l'échantillon obtenu, et le degré de la tolérance ou intolérance à la pollution, avec l'utilisation de l'indice biologique «Iberian Biological Monitoring Working Party» (IBMWP) utilisé essentiellement en Espagne, il s'agit d'une modification de l'indice BMWP' (Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega, 1988 ; Alba-Tercedor *et al.*, 2002), adapté aux conditions de la péninsule ibérique. Notons que l'Espagne est la région la plus similaire de point de vue hydrologique de l'Algérie avec un certain nombre des espèces communes d'invertébrés. L'indice IBMWP implique la plupart des taxons de diptères, coléoptères et éphéméroptères comme bioindicateurs en limitant le niveau taxonomique jusqu'à la famille ; il tient également en compte la typologie des différents cours d'eau méditerranéens (permanent et temporaire). Cependant, nous avons utilisé les cours d'eau temporaire de cet indice étant donné que les cours d'eau étudiés sont situés principalement dans des étages bioclimatiques semi-arides et arides, et caractérisés par une sécheresse temporaire durant la période estivale. Le tableau 3 illustre les catégories de la qualité de l'eau en fonction de l'indice IBMWP.

### Résultats

#### Richesse faunistique

Durant cette étude qui s'est déroulée pendant deux ans d'échantillonnage, nous avons recueillie 7 familles de colé-

Tableau 3. Qualité de l'eau en fonction de l'indice IBMWP.

| Classe | Qualité de l'eau | Score |
|--------|------------------|-------|
| I      | très bonne       | >81   |
| II     | bonne            | 50-80 |
| III    | modérée          | 29-49 |
| IV     | déficiente       | 12-28 |
| V      | mauvaise         | <12   |

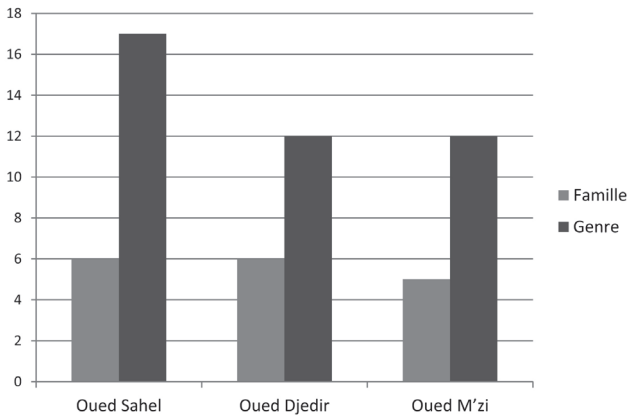


Fig. 5. Nombre de familles et de genres des Coleoptera collectés dans chaque Oued.

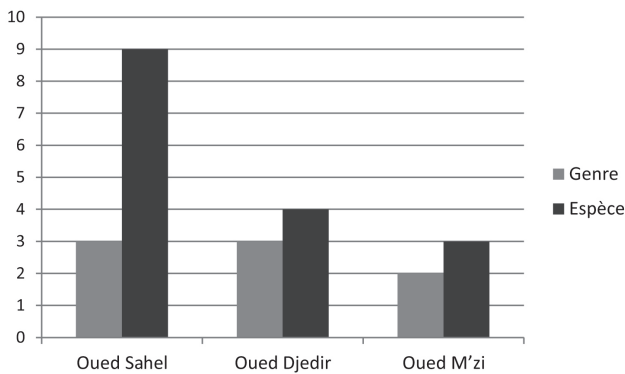


Fig. 6. Nombre de genres et d'espèces des Ephemeroptera collectés dans chaque Oued.

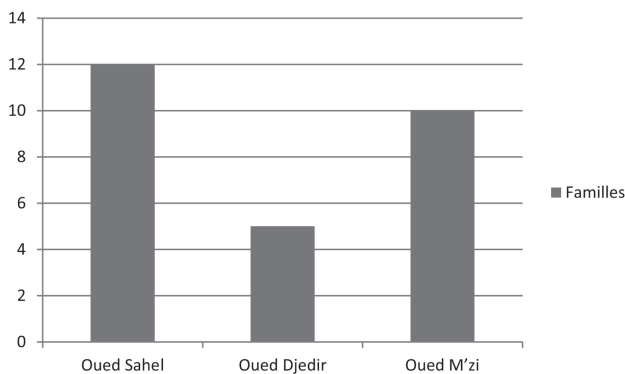


Fig. 7. Nombre de familles des Diptera collectées dans chaque Oued.

optères, répartis en 28 genres dans les trois Oueds (Tableau 4). Ces genres sont présents soit à l'état larvaire, soit à l'état adulte. La famille la plus dominante est celle des Dytiscidae avec 14 genres, suivie par celle des Hydrophilidae avec seulement 5 genres. Les résultats montrent que les familles des Gyrinidae et Dryopidae ne sont pas trouvées à Oued M'zi, ainsi que celle des Haliplidae n'est pas représentée à Oued Djedir.

D'après la figure 5, nous remarquons que le nombre de familles est très similaire dans les trois Oueds, une égalité au niveau d'Oued Sahel et Oued Djedir avec 6 familles, alors qu'Oued M'zi ne présente que 5 familles. L'Oued Sahel présente le nombre le plus grand de genres (18), alors qu'Oued Djedir et Oued M'zi ont 12 genres chacun. On note que tous ces genres ont une distribution paléarctique.

Pour les éphéméroptères, un total de 9 taxons a été déterminé, répartis en trois genres et deux familles (Baetidae et Caenidae), cependant, 7 taxons correspondent à la famille des Baetidae et les deux autres au Caenidae.

La liste des éphéméroptères est mentionnée dans le tableau 4, en signalant leur emplacement dans les trois oueds, en indiquant leur statut (larve, exuvie ou adulte). Les deux familles sont représentées dans les trois Oueds, toutefois elles sont méditerranéennes à large distribution. Oued Sahel est de nouveau le plus riche en taxa (3 genres et 8 espèces), cependant les deux autres Oueds ne présentent que 3 taxa pour chacun.

Les diptères sont déterminés seulement au niveau de la famille, un niveau suffisant pour leur valorisation. Le tableau 4 et la figure 7 montrent la répartition des familles dans chaque Oued. Avec un total de 12 familles, ils représentent le groupe le plus important des bio-indicateurs. Toutes les familles sont présentées au niveau de l'Oued Sahel, 10 dans l'Oued M'zi et seulement 5 au niveau de l'Oued Djedir.

**Qualité des eaux**

L'évaluation de la qualité des eaux des trois Oueds étudiés est donnée en tableau 5 en utilisant l'indice IBMWP (Alba-Tercedor *et al.*, 2002), qui évalue l'état écologique des rivières méditerranéennes et les îles Baléares. Notant que la famille de coléoptère Heteroceridae, présente à Oued M'zi et Oued Djedir ainsi que celle des diptères Ptychopteridae présente à Oued Sahel, ne sont pas évaluées dans cet indice IBMWP.

L'évaluation de nos Oueds a été faite selon l'indice IBMWP pour les cours d'eau temporaire. Les valeurs de l'indice utilisées sont mentionnées dans le tableau 3. Les Oueds Sahel (IBMWP = 68) et M'zi (IBMWP = 59) se trouvent dans la catégorie II, ce qui se correspond à la catégorie «bonne qualité», et celui d'Oued Djedir (IBMWP = 46) à la catégorie III, qui le met dans la catégorie «qualité modérée».

**Discussions**

Les différences taxonomiques des coléoptères, diptères et éphéméroptères des trois oueds, se traduit par l'hétérogénéité des habitats (roche, galets et graviers) de l'oued Sahel, ainsi



Tableau 4. Liste des trois taxons récoltés dans les trois régions avec indication de leur état (larve, exuvie ou adulte).

| Ordre             | Famille                             | Genre / Espèce                      | Oued Sahel       |        |        | Oued Djedir |        |        | Oued M'zi |        |        |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------|--------|-------------|--------|--------|-----------|--------|--------|
|                   |                                     |                                     | Larve            | Exuvie | Adulte | Larve       | Exuvie | Adulte | Larve     | Exuvie | Adulte |
| Coleoptera        | Dryopidae                           | <i>Dryops</i>                       |                  |        | *      |             |        | *      |           |        |        |
|                   |                                     | Dytiscidae                          | <i>Agabus</i>    | *      |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Bidessus</i>                     |                                     | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Copelatus</i>                    |                                     | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Deronectes</i>                   |                                     | *                |        |        |             |        | *      | *         | *      | *      |
|                   | <i>Hydaticus</i>                    |                                     |                  |        |        |             | *      |        |           |        |        |
|                   | <i>Hydroglyphus</i>                 |                                     |                  |        |        |             |        |        | *         |        | *      |
|                   | <i>Hydroporus</i>                   |                                     | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Hydrovatus</i>                   |                                     |                  |        |        |             |        |        |           |        | *      |
|                   | <i>Ilybius</i>                      |                                     | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Laccobius</i>                    |                                     |                  |        |        | *           |        |        | *         |        | *      |
|                   | <i>Laccophilus</i>                  |                                     | *                |        |        |             |        |        | *         | *      |        |
|                   | <i>Meladema</i>                     |                                     | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Nebrioporus</i>                  |                                     |                  |        |        | *           |        |        | *         |        | *      |
|                   | <i>Yola</i>                         |                                     |                  |        |        |             |        |        |           |        | *      |
|                   | Hydraenidae                         |                                     | <i>Limnebius</i> |        |        |             | *      |        |           |        |        |
|                   |                                     | <i>Ochthebius</i>                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        | *      |
|                   | Heteroceridae                       | <i>Augyles</i>                      |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
|                   |                                     | <i>Heterocercus</i>                 |                  |        |        |             |        |        |           |        | *      |
|                   | Gyrinidae                           | <i>Gyrinus</i>                      |                  |        |        | *           |        |        | *         |        |        |
|                   |                                     | <i>Orectochilus</i>                 | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | Hydrophilidae                       | <i>Coelostoma</i>                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
|                   |                                     | <i>Helochares</i>                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
| <i>Helophorus</i> |                                     |                                     |                  |        |        |             |        | *      |           |        |        |
| <i>Hydrobius</i>  |                                     |                                     |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
| <i>Laccobius</i>  |                                     |                                     |                  |        |        |             |        |        |           | *      |        |
| Haliplidae        | <i>Brychius</i>                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Haliphus</i>                     |                                     |                  |        |        |             |        |        |           | *      |        |
| Ephemeroptera     | Baetidae                            | <i>Baetis (Nigrobaetis) sp.</i>     | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   |                                     | <i>Baetis (Rhodobaetis) rhodani</i> | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   |                                     | <i>Baetis cf. nigrescens</i>        | *                | *      |        |             | *      | *      | *         |        |        |
|                   |                                     | <i>Baetis nigrescens</i>            | *                |        |        | *           |        |        |           | *      | *      |
|                   |                                     | <i>Baetis pavidus</i>               | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   |                                     | <i>Baetis sp.</i>                   | *                |        |        |             |        |        |           |        |        |
|                   | <i>Cloeon (Cloeon) cf. dipterum</i> | *                                   |                  |        |        | *           |        | *      |           |        |        |
|                   | Caenidae                            | <i>Caenis luctuosa</i>              | *                |        |        | *           | *      | *      | *         | *      | *      |
|                   |                                     | <i>Caenis sp.</i>                   |                  |        |        |             |        |        |           | *      | *      |
|                   | Diptera                             | Ceratopogonidae                     |                  |        |        |             |        | *      |           | *      |        |
| Chironomidae      |                                     | *                                   |                  |        |        |             | *      |        | *         |        |        |
| Dixidae           |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
| Empididae         |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
| Ephydriidae       |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
| Limoniidae        |                                     | *                                   |                  |        |        |             | *      |        | *         |        |        |
| Psychodidae       |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        |           |        |        |
| Ptychopteridae    |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        |           |        |        |
| Simuliidae        |                                     | *                                   |                  |        |        |             | *      |        | *         |        |        |
| Tabanidae         |                                     | *                                   |                  |        |        |             | *      |        | *         |        |        |
| Thaumaleidae      |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |
| Tipulidae         |                                     | *                                   |                  |        |        |             |        |        | *         |        |        |

Tableau 5. Valorisation de la qualité de l'eau des trois oueds étudiés avec l'indice IBMWP.

| Ordre / Famille      | Oued Sahel | Oued Djedir | Oued M'zi |
|----------------------|------------|-------------|-----------|
| <b>Coleoptera</b>    |            |             |           |
| Dryopidae            | 5          | 5           |           |
| Dytiscidae           | 3          | 3           | 3         |
| Hydraenidae          | 5          | 5           | 5         |
| Heteroceridae        |            | *           | *         |
| Gyrinidae            | 3          | 3           |           |
| Hydrophilidae        | 3          | 3           | 3         |
| Haliplidae           | 4          |             | 4         |
| <b>Ephemeroptera</b> |            |             |           |
| Baetidae             | 4          | 4           | 4         |
| Caenidae             | 4          | 4           | 4         |
| <b>Diptera</b>       |            |             |           |
| Ceratopogonidae      | 4          | 4           | 4         |
| Chironomidae         | 2          | 2           | 2         |
| Dixidae              | 4          |             | 4         |
| Empididae            | 4          |             | 4         |
| Ephydriidae          | 2          |             | 2         |
| Limoniidae           | 4          | 4           | 4         |
| Psychodidae          | 4          |             |           |
| Ptychopteridae       | *          |             |           |
| Simuliidae           | 5          | 5           | 5         |
| Tabanidae            | 4          | 4           | 4         |
| Thaumaleidae         | 2          |             | 2         |
| Tipulidae            | 5          |             | 5         |
| Valeur indice IBMWP  | 68         | 46          | 59        |
| Catégorie            | II         | III         | II        |
| Grade                | bonne      | modéré      | bonne     |

Les familles marquées d'un «\*» ne sont pas valorisées dans le IBMWP.

que l'homogénéité des milieux de l'oued Djedir et de l'oued M'zi. Lounaci (2005) a montré une diversité maximale dans les zones les plus hétérogènes au piémont de basse montagne (de 200 à 500 m d'altitude). En eau courante, la dynamique des communautés dépend essentiellement de la dynamique des habitats (Décamps & Izard, 1992). La diversité taxonomique est élevée au niveau de la mer et les zones de piémonts et de plaines (Lomolino, 2001).

Les trois Oueds étudiés présentent des genres de coléoptères communs (Tableau 4), il s'agit principalement des genres de la famille des Dytiscidae, comme les *Deronectes* Sharp, 1882, *Laccobius* Erichson, 1837, *Laccophilus* Leach, 1815 et *Nebrioporus* Regimbart, 1906 ; les espèces de ces genres sont connues comme des taxons qui n'ont pas une grande exigence écologique. Toutefois, nous ne connaissons pas des travaux en Afrique de Nord qui ont utilisé les coléoptères comme l'un des principaux groupes des bioindicateurs de la qualité de l'eau, de sorte que nous ne pouvons pas faire aucune comparaison avec cet ordre.

La richesse taxonomique des éphéméroptères était qualitativement pauvre et peu diversifiée ; ceci peut être s'expliquer

par le climat semi-aride et aride des régions d'étude, la faible pluviosité et les températures estivales élevées.

Les diptères sont des taxons à large valence écologique ; leurs abondances maximales s'observe dans les zones de piémonts et de plaines, elles sont polluo-résistantes, eurytipe, et supportent bien les élévations de températures. Parmi les différentes familles, les Simuliidae abondent dans les milieux riches en matières organiques, facteurs favorables à la prolifération des stades immatures (Lounaci, 2005 ; Zouggaghe & Moali, 2009).

L'utilisation de la méthode des indices biotiques en utilisant les coléoptères, éphéméroptères et diptères confère à l'Oued Sahel et Oued M'zi un état «bon» (IBMWP). Cela nous permet pas de dire que ces oueds ne courent pas un risque de déséquilibre vu les différentes actions d'anthropisation telle que l'extraction du sable à Oued M'zi, le pompage de l'eau, l'élevage du bovin, etc., à Oued Sahel.

L'indice de contamination élevé obtenu à Oued Djedir, avec la présence de 50 % seulement de familles de diptères par rapport au nombre de diptère récoltés dans les deux autres Oueds, peut être du au fait que ce cours d'eau étudié est situé en plein forêt de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), cette dernière est sujette à des traitements chimiques contre la chenille processionnaire du Pin d'Alep (*Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller, 1775) ce qui pourrait affecter la richesse des invertébrés de cet Oued. D'après les services concernés, le traitement chimique était utilisé pendant les années 1990-2000 mais à partir de 2010 ils ont commencé la lutte mécanique afin de couper, brûler et enfouir les branches atteintes.

Malgré sa situation, loin de toute source de pollution, Oued Djedir est affecté par des perturbations physique, certaines de ses stations sont transformées en bassins de baignade ce qui modifie l'écoulement des eaux en agissant sur l'hydrologie du cet Oued.

L'inventaire faunistique réalisé dans la présente étude constitue une base de données préliminaire pour les régions semi-arides et arides d'Algérie. La faune étudiée paraît peu diversifiée, cela est dû principalement à la faible pluviosité et aux températures estivales élevées. La richesse taxonomique des coléoptères, éphéméroptères et diptère des trois Oueds étudiés révèle un gradient climatique avec une diversité maximale à Oued Sahel.

L'étude de la qualité hydro-biologique des trois Oueds par l'approche biologique (IBMWP) en utilisant les coléoptères, éphéméroptères et diptères comme bio-indicateurs montre une bonne qualité de l'eau de l'Oued Sahel et de l'Oued M'zi et modérée pour celui d'oued Djedir. En outre, l'impact de pollution dans les Oueds semi-aride et aride en Algérie peut potentiellement être plus grand que ceux d'autres régions humides du pays en raison de l'aridité qui permettrait de réduire la quantité d'eau disponible pour la consommation humaine et l'utilisation agricole, de plus la rareté des eaux dans ces régions et les faibles précipitations locale affectent les cycles hydrologiques, ce qui pourrait constituer une menace potentielle pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.



## Remerciements

Nous tenons à remercier Berta Caballero et Glòria Masó, conservateurs du «Museum de Ciències Naturals de Barcelona», pour nous avoir accueillies au sein de l'établissement durant les années 2015 et 2016 afin de pouvoir identifier le matériel biologique récolté ainsi que leur soutien. A María Ángeles Puig de «Departament d'Ecologia del Centre d'Estudis Avançats de Blanes» (CEAB) (CSIC), pour sa détermination des éphéméroptères et pour ses conseils. A Pep Muñoz de Gérone, pour son aide et ses conseils pendant la détermination des coléoptères, ainsi Jorge Mederos de Barcelone, pour sa détermination des familles des diptères capturées au cours de ce travail.

## Bibliographie

- AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES (A.N.R.H.), 2013. *Rapport interne*.
- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56.
- ALBA-TERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., BONADA, N., CASAS, J., MELLADO, A., ORTEGA, I., PARDO, M., PRAT, N., RIERADEVALL, M., ROBLES, S., SÁINZ-CANTERO, C., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., SUÁREZ, M. L., TORO, M., VIDAL-ABARCA, M. R., VIVAS, S. & ZAMORA-MUÑOZ, C. 2002. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (Antes BMWP'). *Limnetica*, 21 (3-4): 175-182.
- ARCHAIMBAULT, V. 2007. Comment déterminer les invertébrés d'eau douce ? Principe et prés-requis. AFL /Cemagref: 10 p.
- BISTRÖM, O., NILSSON, A. N. & BERGSTEN, J. 2015. Taxonomic revision of Afrotropical *Laccophilus* Leach, 1815 (Coleoptera, Dytiscidae). *ZooKeys*, 542: 1-379.
- BOUCHARD, P., BOUSQUET, Y., DAVIES, A. E., ALONSO-ZARAZAGA, M. A., LAWRENCE, J. F., LYAL, C. H. C., NEWTON, A. F., REID, C. A. M., SCHMITT, M., ŚLIPÍŃSKI, S. A. & SMITH, A. B. T. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, 88: 1-972.
- BOUCHELOUCHE, D., DERRADJI, N. & ARAB, A. 2013. L'utilisation des méthodes biologiques pour l'estimation de la qualité de l'eau du réseau hydrographique d'oued El Harrach (wilayates de Blida et d'Alger). 4<sup>ème</sup> Congrès International des Populations et des Communauté Animales. Algérie. *Proceeding*: 149-153.
- CHARVET, S. 1999. Intégration des acquis théoriques récents dans le diagnostic de la qualité écologique des cours d'eau à l'aide des bioindicateurs invertébrés. Thèse doctorale université Claude Bernard Lyon I. 77 p.
- DECAMPS, H. & IZARD, M. 1992. *L'Approche multiscalaire des paysages fluviaux*. P. 115-126. In : Hiérarchies et échelles en écologie, Auger, P., Baudry, J. & Fournier, F. (Eds.) Naturalia publications. Paris.
- FERGUANI, H. & ARAB, A. 2013. Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs de pollution d'Oued El-Harrach. 4<sup>ème</sup> Congrès International des Populations et des Communautés Animales Taghit, Algérie. *Communications internationales*: 205-212.
- FRYER, H., FRESNEDA, J. & MILLÁN, A. 1996. Bemerkungen zur *Nebrioporus ceresyi*-Gruppe sowie Beschreibung von *Nebrioporus schoedli* n. sp. (Coleoptera: Dytiscidae). *Entomologische Zeitschrift*, 106 (8): 306-328.
- GIUDICELLI, J., DAKKI, M. & DIA, A. 1985. Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 22: 2094-2101.
- GUIGNOT, F. 1959a. Revision des Hydrocanthares d'Afrique (Coleoptera Dytiscoidea) (première partie). *Annales du Musée Royal du Congo Belge. Nouvelle Série in Quarto. Sciences Zoologiques. Tervuren*, 70: 1-318.
- GUIGNOT, F. 1959b. Revision des Hydrocanthares d'Afrique (Coleoptera Dytiscoidea) (deuxième partie). *Annales du Musée Royal du Congo Belge. Nouvelle Série in Quarto. Sciences Zoologiques. Tervuren*, 78: 319-652.
- GUIGNOT, F. 1961. Revision des Hydrocanthares d'Afrique (Coleoptera Dytiscoidea) (troisième partie). *Annales du Musée Royal du Congo Belge. Nouvelle Série in Quarto. Sciences Zoologiques. Tervuren*, 90: 653-996.
- HANSEN, M. 2004. *Hydrophilidae*. P. 44-68. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 2. Hydrophiloidea - Histeroidea - Staphyli-noidea. Apollo Books. Stenstrup. 942 p.
- JÄCH, M. A. 2004. *Hydraenidae*. P. 102-122. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 2. Hydrophiloidea - Histeroidea - Staphyli-noidea. Apollo Books. Stenstrup. 942 p.
- KERROUCH, K. & CHAHLAOUI, A. 2009. Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknes, Maroc). *Biomatec Echo*, 3 (6): 6-17.
- KODADA, J. & JÄCH, M. A. 2006. *Dryopidae*. P. 441-443. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 3. Scarabaeoidea - Scirtoidea - Dascilloidea - Buprestoidea - Byrrhoidea. Apollo Books. Stenstrup. 690 p.
- LAMHASNI, N., CHILLASSE, L., ABBA, H., HAOUAT, S., & EL MADANI, M. 2013. Typologie des eaux de surface du bassin du Sebou par multi-approche : corrélation entre indice bi-ologique global des réseaux de contrôle et de surveillance (IBG-RCS) et l'approche physicochimique et microbiologique. *Afrique Science*, 9 (2): 35-49.
- LOMOLINO, M. V. 2001. Evaluation gradients of species density: historical and prospective views. *Global ecology and biogeography*, 10: 3-13.
- LOUNACI, A., 2005. *Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie)*. Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. Algérie. 208 p.
- MASCAGNI, A. 2006. *Heteroceridae*. P. 446-449. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 3. Scarabaeoidea - Scirtoidea - Dascilloidea - Buprestoidea - Byrrhoidea. Apollo Books. Stenstrup. 690 p.
- MAZZOLDI, P. 2003. *Gyrinidae*. P. 26-30. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 1. Archostemata - Myxophaga - Adephaga. Apollo Books. Stenstrup. 819 p.
- MAZZOLDI, P. & TOLEDO, M. 1998. A new *Stictotarsus* (Insecta: Coleoptera: Dytiscidae) from the Sahara and observations on *Stictotarsus sensu* Nilsson & Angus, 1992. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 100B: 203-218.
- MOISAN, J. & PELLETIER, J. L. 2011. Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrats meubles. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 39 p.
- NILSSON, A. N. 2003. *Dytiscidae*. P. 35-78. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 1. Archostemata - Myxophaga - Adephaga. Apollo Books. Stenstrup. 819 p.

- OUALAD MANSOUR, N., TARGUISTI, K. & STITOU, J. 2009. Evaluation de la qualité des eaux dans les systèmes fluviaux du Rif (cas de la rivière Martil) et étude de la biodiversité des communautés de macroinvertébrés. *Segundo Congreso Internacional sobre geología y minería en la ordenación del territorio y en el desarrollo*. Utrillas. P. 08: 95-114.
- PRAT, N., RÍOS, B., ACOSTA, R. & RIERADEVALL, M. 2009. *Los macroinvertibrados como indicadores de calidad de las aguas*. In: DOMÍNGUEZ E. & H. R. FERNÁNDEZ (eds.). *Macroinvertibrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina. 656 p.
- TOLEDO, M. 2009. Revision in part of the genus *Nebrioporus* Régimbart, 1906, with emphasis on the *N. laeviventris*-group (Coleoptera: Dytiscidae). *Zootaxa*, 2040: 1-111.
- VERNEAUX, J. 1980. *Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité des eaux continentales : les principales méthodes biologiques*. P. 289-345. In: Pesson, P. *La pollution des eaux continentales*. Ed. Gauthier- Villars. Paris. 345 p.
- VONDEL, B. J. VAN. 2003. *Haliplidae*. P. 30-33. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Volume 1. Archostemata - Myxophaga - Adephaga. Apollo Books. Stenstrup. 819 p.
- VONDEL, B. J. VAN. 2010. Revision of the Haliplidae of the Afrotropical region, including North Africa (Coleoptera). *Tijdschrift voor Entomologie*, 153: 239-314.
- ZOUGGAGHE, F. & MOALI, A. 2009. Variabilité structurelle des peuplements de macro- invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). *Revue D'Ecologie-La Terre Et La Vie*, 64: 305-321.
- ZOUGGAGHE, F., MOUNI, L. & TAFER, M. 2014. Qualité biologique du réseau hydrographique du bassin versant de la sommam (Nord de l'Afrique). *Larhyss Journal*, 17: 21-33.