



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار-عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER

LABORATOIRE BIORESSOURCES MARINES



THESE

En vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences

Spécialité : Sciences de la mer

Intitulé

**Biodiversité et écologie des crustacés benthiques
(Ostracode et Spinicaudate) dans les écosystèmes
aquatiques du Sahara et des Hauts Plateaux algériens.**

Présenté par :

M^r MENAIL Aimen Adib

Thèse soutenue le

Devant le jury composé de

Membres du jury

M. FREHI Hocine

M^{me} AMAROUAYACHE Mounia

M^{me} CHAOUI Lamya

M. BOUHAMEUR Mansour

M^{me} BELADJAL Lynda

Président

Directrice de thèse

Examinatrice

Examineur

Examinatrice

(Professeur, Laboratoire BIOMAR, UBMA Annaba)

(Professeur, Laboratoire BIOMAR, UBMA Annaba)

(Professeur, Laboratoire BIOMAR, UBMA Annaba)

(Professeur, Université Oran 2)

(Professeur, Université de Ghent, Belgique)

Année universitaire 2023-2024



Remerciements

Cette thèse a été réalisée grâce au concours et à la contribution de plusieurs personnes, qui de près ou de loin ont participé à son achèvement. Ce chapitre me permettra de leur rendre hommage et de leur témoigner ma reconnaissance.

Cette thèse de doctorat en sciences est rattachée au Département des sciences de la mer de l'Université Badji Mokhtar-Annaba. Elle a été réalisée au sein du laboratoire de Bioressources Marines dirigé par le Professeur Kara M. Hichem, à qui je tiens ici à adresser mes sincères remerciements.

Je remercie également le Professeur Frihi Hocine qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance de ma thèse, et qui a apporté son appui à mon travail en tant que Vice-doyen de la faculté des Sciences de l'Université Badji Mokhtar-Annaba, qui m'a financé deux stages à l'étranger.

Et car elle m'a fait confiance et m'a ouvert des perspectives nouvelles, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma directrice de thèse, la Professeure Amarouayache M. Mounia. Pour m'avoir fourni un environnement de recherche stimulant, pour son encadrement humain et académique, pour son soutien inébranlable et ses conseils éclairés autant sur le terrain, sur la paillasse que sur papier. Sa passion pour les sciences et son engagement envers l'excellence ont été la ligne directrice de ce travail, qu'elle en soit ici remerciée.

Je voudrais témoigner de mes vifs remerciements au Professeur Scharf W. Burkhard, invité d'honneur du jury, éminent spécialiste en limnologie et en taxonomie des ostracodes, et à qui je dois toutes mes connaissances dans ce domaine. Il m'a reçu par 3 fois chez lui, dans son laboratoire privé à Brême en Allemagne, où j'ai été formé à l'identification des ostracodes. Je lui suis très reconnaissant également pour les dons de matériel qui nous ont permis de mieux équiper notre laboratoire. Je voudrais lui exprimer ici ma plus profonde gratitude pour toute la bonté, la patience et l'affection qu'il a eues à mon égard. Sans son expertise dans le domaine, son abnégation et sa générosité, je n'aurais jamais pu réaliser cette recherche. Qu'il trouve dans ces lignes l'expression d'une gratitude sincère.

Je remercie le Docteur Nicolas Rabet, spécialiste des grands branchiopodes (Université de Sorbonne, Muséum National d'Histoire naturelle, Paris, France), de m'avoir accueilli au sein de son unité de recherche où j'ai été formé à l'identification des spinicaudates, et où j'ai été initié à la microscopie électronique à balayage et aux analyses génétiques.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude au Professeure Chaoui Lamy (Département des sciences de la mer de l'Université Badji Mokhtar-Annaba), au Docteur Bouhameur Mansour (Université d'Oran 2), et à la Docteure Beladjal Lynda (Université de Ghent, Belgique), qui ont accepté d'évaluer mon travail et m'ont fait l'immense honneur de siéger au jury de ma thèse. Et parce qu'il a une place particulière dans mon cœur, et pour avoir activement pris part à ma thèse, je remercie respectueusement le Professeur Derbal Farid, ancien chef de département des Sciences de la mer, pour son aide logistique et administrative.

Je remercie le personnel administratif du département des Sciences de la mer, ainsi que les membres du Laboratoire Bioressources marines, à leur tête le chef de département Professeur Azzouz Zoubir, Zahia pour sa sympathie et Sofiane pour son assistance administrative. Toute ma gratitude va bien évidemment à tous mes enseignants qui m'ont formé lors de mon cursus universitaire.

Je remercie également mes collègues de labo pour leur camaraderie et leur amitié, ceux qui ont déjà soutenu leurs thèses et ceux qui le feront après moi : Amel, Souad, Ghouzala, Wafa, Ali, Ryma, Anis, Meriem, Halima, Khadidja, Saïd, Imene, Hiba. Je remercie Salah pour sa contribution capitale dans la réalisation des planches de carapaces d'ostracodes.

Pour leurs contributions précieuses, chacun à son niveau, je remercie Docteur Dietmar Keyser (Institut zoologique de l'université d'Hambourg, Allemagne), Docteure Matzke-Karasz Renate (Université Ludwig-Maximilian, Munich, Allemagne), et Docteur Meisch Claude (Muséum National d'Histoire Naturelle du Luxembourg).

Je remercie également les officiers de la direction des forêts et les chauffeurs des services agricoles des wilayas d'Illizi et de Djanet pour leur soutien logistique apporté sur le terrain.

Et c'est parce qu'on n'est rien sans sa famille que je tiens à remercier chaleureusement mon père, le Docteur Menail Younes, qui m'a initié au monde académique et à la biomarine. Sans lui, les campagnes d'échantillonnage dans le Sahara et dans les Hauts Plateaux n'auraient pas été possibles ; son parcours universitaire et son intégrité sont un modèle à suivre. Je remercie tendrement ma mère de m'avoir encouragé à poursuivre mes études et qui est à l'origine même de cette aventure enrichissante, avec ces prières et ces encouragements,

elle m'a accompagné tout au long de ce travail. Je remercie bien entendu mon frère et ma sœur pour leur soutien autant moral que scientifique.

Comment clore ce chapitre des remerciements sans avoir une douce pensée pour ma femme. Sa présence à mes côtés m'a fait traverser tous les obstacles. Qu'elle trouve dans ces mots pudiques l'immensité de ma gratitude.

ملخص

التنوع البيولوجي وبيئة القشريات القاعية (Ostracode و Spinicaudate) في النظم البيئية المائية في الصحراء والهضاب العليا الجزائرية.

تعد هذه الدراسة مساهمة في معرفة التنوع البيولوجي للقشريات غير الملاكية في المياه القارية للجزائر. ويتعلق الأمر بشكل أكثر دقة بالمجموعات القاعية ذات الصدفتين والشائكية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. بين عامي 2017 و2022، تم أخذ عينات من 180 مسطحًا مائيًا عبر 18 ولاية بالصحراء والمرتفعات الجزائرية. تم قياس المؤشرات الفيزيائية والكيميائية (الملوحة، درجة الحرارة ودرجة الحموضة)، كما تم تسجيل إحداثيات المواقع وأسطحها وارتفاعاتها. من بين 180 موقعًا، يدعم 62 موقعًا فقط الصدفيات وموقعان يدعيان السبينيكوذا. في المجمل، تم التعرف على 27 نوعًا من الصدفيات، تنتمي إلى 4 فصائل مختلفة (Darwinulidae ، Ilyocyprididae ، Cyprididae و Cytherideidae). أربعة أنواع جديدة بالنسبة للجزائر وشمال أفريقيا أو أفريقيا بشكل عام (Darwinula stevensoni ، Oncocypris muelleri ، Candelacypris aragonica و Trajancypris laevis) واثنان جديان على العلم: Psychrodromus sp 1 و P. sp 2. نوفمبر بلغ العدد الإجمالي للصدفيات الجزائرية 63 نوعًا. بالإضافة إلى القائمة المفيدة للصدفيات الجزائرية، يتم توفير صور بالمجهر الإلكتروني الماسح. Cyprididae هي الفصيلة المهيمنة، حيث تمثل 76% من جميع الأنواع. Heterocypris incongruens هو النوع الأكثر شيوعًا. أكثر من 40% من الأنواع التي تم تحديدها لها توزيع قطبي قديم واستوائي أفريقي. كانت الوديان هي الأغنى بالأنواع، وفي الواقع، تعد هذه البيئات سريعة الزوال أماكن تركز على التنوع البيولوجي. لتقييم العلاقة بين توزيع الصدفيات والمعايير البيئية، تم إجراء تحليل المراسلات القانونية (CCA). لقد جعل من الممكن تجميع الأنواع وفقًا لتفضيلاتها الجيولوجية.

كما سمحت الدراسات بإصدار أول تقرير عن فصيلة (Spinicaudates) limnadidae ممثلة بالنوع Eulimnadia rogersi. وهذا هو التقرير الثاني بعد وصفه الأول من موريتانيا. تم التعرف على هذا النوع من خلال الدراسات المورفولوجية والتطورية للبالغين وكذلك ملاحظات المجهر الإلكتروني الماسح لبيض المقاومة (الهياكل الخارجية والداخلية). أظهر التحليل الوراثي أن السكان الجزائريين ينتمون إلى نفس الفرع الحيوي الموجود في موريتانيا. وبشكل عام، فإن التنوع البيولوجي في البيئات القارية الجزائرية لا يزال بعيدًا عن أن يكون معروفًا بشكل كامل، ومن المتوقع اكتشافات جديدة. تعتبر حملات أخذ العينات الجديدة التي تغطي بشكل خاص المنطقة الجنوبية الغربية، ولا سيما الساورة، ضرورية لاستكمال قائمة القشريات غير الملاكوستراكانية.

الكلمات المفتاحية: القشريات القاعية، التصنيف، السلالة، المياه القارية، الصحراء، الجزائر.

Abstract

Biodiversity and ecology of benthic crustaceans (Ostracode and Spinicaudate) in the aquatic ecosystems of the Sahara and the Algerian High Plateaux.

This study is a contribution to the knowledge of non-malacostracan crustacean biodiversity in the inland waters of Algeria. It specifically concerns benthic groups of bivalve ostracods and spinicaudates in arid and semi-arid zones. Between the years 2017 and 2022, 180 water bodies were sampled across 18 Wilayas of the Sahara and the Algerian High Plateaux. Physico-chemical parameters (salinity, temperature, and pH) were measured, and site coordinates, their areas, and altitudes were recorded. Out of the 180 sites, only 62 harbored ostracods and two sites harbored spinicaudates. In total, 27 species of ostracods were identified, belonging to 4 different families (Darwinulidae, Ilyocyprididae, Cyprididae, and Cytherideidae). Four species are new to Algeria, North Africa, or Africa in general (*Darwinula stevensoni*, *Oncocypris muelleri*, *Candelacypris aragonica*, and *Trajancypris laevis*), and two are new to science: *Psychrodromus* sp 1. and *P.* sp 2. The total number of ostracod species in Algeria has risen to 63. In addition to the useful list of ostracods in Algeria, scanning electron microscope photographs are provided. Cyprididae is the dominant family, representing 76% of all species. *Heterocypris incongruens* is the most common species. Over 40% of the identified species have a distribution both in the Palaearctic and Afrotropical regions. Wadis were the richest in species; indeed, these ephemeral lotic environments are hotspots of biodiversity concentration. To assess the relationship between ostracod distribution and environmental parameters, a Canonical Correspondence Analysis (CCA) was conducted. It grouped species according to their limnological preferences.

The surveys also allowed the first report of the family Limnadiidae (Spinicaudates) represented by the species *Eulimnadia rogersi*. This is the second report after its first description from Mauritania. The species was identified through morphological and phylogenetic studies of adults as well as scanning electron microscope observations of resting eggs (external and internal structures). Phylogenetic analysis showed that the Algerian population was included in the same clade as that of Mauritania.

Overall, the biodiversity of Algerian inland environments is far from fully known, and new discoveries are to be expected. New sampling campaigns, particularly covering the southwest region, notably Saoura, are necessary to complete the list of non-malacostracan crustaceans.

Keywords: Benthic crustaceans, Taxonomy, Phylogeny, Continental waters, Sahara, Algeria.

Résumé

Biodiversité et écologie des crustacés benthiques (Ostracode et Spinicaudate) dans les écosystèmes aquatiques du Sahara et des Hauts Plateaux algériens.

Cette étude est une contribution à la connaissance de la biodiversité des crustacés non malacostracés des eaux continentales d'Algérie. Elle concerne plus précisément les groupes benthiques bivalves ostracodes et spinicaudates des zones arides et semi-arides. Entre les années 2017 et 2022, 180 plans d'eau ont été échantillonnés à travers 18 Wilayas du Sahara et les Hauts Plateaux algériens. Les paramètres physico-chimiques (salinité, température et pH) ont été mesurés, et les coordonnées des sites, leurs surfaces et altitudes ont également été relevées. Sur les 180 sites, seulement 62 abritaient des ostracodes et deux sites abritaient des spinicaudates. Au total, 27 espèces d'ostracodes ont été identifiées, appartenant à 4 familles différentes (Darwinulidae, Ilyocyprididae, Cyprididae et Cytherideidae). Quatre espèces sont nouvelles pour l'Algérie, l'Afrique du nord ou l'Afrique en générale (*Darwinula stevensoni*, *Oncocypris muelleri*, *Candelacypris aragonica* et *Trajancypris laevis*) et deux sont nouvelles pour la science : *Psychrodromus* sp 1 et *P.* sp 2. Le nombre total d'ostracodes d'Algérie s'est élevé à 63 espèces. En plus de la liste utile des ostracodes d'Algérie, les photographies au microscope électronique à balayage sont fournies. Cyprididae est la famille dominante, représentant 76 % de la totalité des espèces. *Heterocypris incongruens* est l'espèce la plus fréquente. Plus de 40 % des espèces identifiées ont une distribution à la fois paléarctique et afrotropicale. Les oueds étaient les plus riches en espèces, en effet, ces milieux lotiques éphémères sont des lieux de concentration de la biodiversité. Afin d'évaluer la relation entre la distribution des ostracodes et les paramètres environnementaux, une analyse canonique des correspondances (ACC) a été réalisée. Elle a permis de regrouper les espèces selon leurs préférences limnologiques.

Les prospections ont également permis le premier signalement de la famille des limnadidés (Spinicaudates) représentée par l'espèce *Eulimnadia rogersi*. Il s'agit du deuxième signalement après sa première description de Mauritanie. L'espèce a été identifiée grâce à des études morphologique et phylogénétique des adultes ainsi que les observations au microscope électronique à balayage des œufs de résistance (structures externe et interne). L'analyse phylogénétique a montré que la population d'Algérie était incluse dans le même clade que celle de Mauritanie.

Globalement, la biodiversité des milieux continentaux algériens est loin d'être totalement connue et de nouvelles découvertes sont à prévoir. De nouvelles campagnes

d'échantillonnages couvrant plus particulièrement la région sud ouest, notamment la Saoura, sont nécessaires afin de compléter la liste des crustacés non malacostracés.

Mots clés : Crustacés benthiques, Taxonomie, Phylogénie, Eaux continentales, Sahara, Algérie.

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Carte de l'Algérie montrant la classification climatique de Köppen-Geiger. (Source : Beck <i>et al.</i> , 2018).	6
2	Le désert du Sahara occupant la majeure partie de l'Afrique du Nord. Image : Google Earth.	7
3	Carte montrant les différents paysages présents au Sahara. Source : Google.	8
4	A. Hamada dans le Sahara Central (Parc de l'Ahaggar) (image M.A.A). B. Dunes de sable et palmiers dattier dans le grand erg oriental (Sahara Septentrional). (Images : M.A.A).	9
5	Désert de roche (Reg) dans le Sahara Central. (Image : M.A.A).	9
6	Coupe transversale du relief de l'Algérie. (Source : GEO, 2006).	10
7	Roche sculptée par le vent dans le Parc National du Tassili N'Ajjer. (Image : M.A.A).	12
8	Sebkha de Ain Ouarka, Wilaya de Namma. (Image : M.A.A).	15
9	Chott de Tindla. Wilaya d'El Oued. (Image : M.A.A).	16
10	Oued Ihrir, Wilayad'Ilizi. (Image : M.A.A).	17
11	Oued Difel, Wilaya de Biskra. (Image : M.A.A).	18
12	Guelta à fond sablonneux, Wilaya d'Ilizi. (Image : M.A.A).	18
13	Guelta à fond rocheux, Wilaya d'Ilizi. (Image : M.A.A).	19
14	Bhar de Ain Zarga. Wilaya de Ouargla. (Image : M.A.A).	20
15	Bhar de Hassi Ben Abdallah. Wilaya de Ouargla. (Image : M.A.A)	20
16	1 : Photo MEB d'un ostracode dans sa coquille (Source : Karanovic, 2012). 2 : Corps moue d' <i>Eucypris virens</i> (Image : M.A.A). A : Schéma interne d'un male. B : Schéma interne d'une femelle (Source : Smith & Delorme, 2010).	22
17	A : Antenne de <i>Cyprideis torosa</i> , B : Antennule de <i>Cyprideis torosa</i> (Source : Meisch, 2000).	23
18	A : Mandibule de <i>Ilyocypris getica</i> , B : Maxillule de <i>Heterocypris incongruens</i> (Source : Meisch, 2000).	24
19	A : Patte marcheuse, B : Patte nettoyeuse, C : Uropode. Tous les appendices sont de <i>Heterocypris incongruens</i> (Source : Meisch 2000).	25
20	Carapace de <i>Cyprideis torosa</i> , Haut : Valve gauche, Bas : Valve droite (Source : Meisch 2000).	26

21	Système digestif (Source : Meisch 2000).	27
22	A : Carapace d'un mâle, B : Carapace d'une femelle (Source : Meisch 2000).	28
23	A : Organe Zenker de <i>Ilyocypris gibba</i> . B : Hémipénis de <i>Heterocypris incongruens</i> , C : Organe enlaceur « Clasping organ» de <i>Heterocypris incongruens</i> (Source : Meisch 2000).	29
24	Spermatozoïde de <i>Australocypris Robusta</i> (Source : www.biwahaku.jp/smith/index.html).	30
25	<i>Cypridopsis vidua</i> en position d'accouplement, male à gauche de l'image, femelle à droite (Image : M.A.A).	31
26	Population d' <i>Eucypris virens</i> à différents stades de développement (Image : M.A.A).	33
27	Roche sédimentaire d'ostracodes (Lumachelle) (Source : www.biwahaku.jp/smith/index.html).	36
28	Carte indiquant les sites d'échantillonnage, les régions géographiques et les isohyètes.	39
29	A : Filet à plancton manuel à mailles de 200 µm. B : Technique d'échantillonnage (Image : MENAIL Younes).	41
30	A. Echantillonnage des sites asséchés, B, C. Bacs d'incubations de la terre élevage par la méthode de Sars (Images M.A.A).	42
31	A.Préparation des fioles contenant les ostracodes. B. Stockage des échantillons.	43
32	Outils de dissection : 1. Pipette, 2. Aiguilles de dissections, 3. Pinceaux fins, 4. Lame microscopealéontologique, 5. Lames et lamelle, 6. Lame à concavité, 7. Pince flexible, 8. Fioles en verre, 9. Flacon d'Hydro-Matrix, 10. Récipient en verre, 11. Boite de Pétri de petite taille, 12. Boite de Pétri de grande taille.	44
33	Etapas de la dissection (Images : M.A.A).	45
34	A. Lame et lamelle fixée à l'Hydro-Matrix. B. Lame micropaléontologique. C. Observation et identification à la loupe binoculaire. D. Schéma anatomique d'un ostracode dans la clé d'identification de Meisch, 2000.	46
35	ostracode disséqué, A1 : Antennule, A2 : Antennes, Mxp : <i>maxillipède</i> , Mx1 : Maxillule, Vg : Valve gauche, Md : Mandibule, U : Uropode, Pn : Patte nettoyeuse, Pm : Patte marcheuse (Images M.A.A).	47
36	Mesures effectuées sur une coquille d'ostracode.	48
37	Diagramme en secteurs montrant le pourcentage des familles retrouvées dans cette	49

	étude.	
38	Photos d'ostracodes sous microscope. A. <i>H. incongruens</i> , B. <i>T. clavata</i> , C. <i>P. newtoni</i> , C. <i>S. major</i> , E. <i>D. stevensoni</i> , F. <i>C. aragonica</i> . (Images: M.A.A). Echelles: 0,5 mm.	52
39	Photos d'ostracodes sous microscope. A. <i>C. torosa</i> , B. <i>P. arcuata</i> , C. <i>T. lutaria</i> , D. <i>O. muelleri</i> , E. <i>I. gibba</i> , F. <i>E. virens</i> . (Images: M.A.A). Echelles : A-C, E, F : 0,5 mm, D : 0,2 mm.	53
40	Mare de Youkous, Hammamet, Tébessa (Image M.A.A).	54
41	Photo de <i>Psychrodromus</i> sp 1. A. Individu complet, B. Triangle distal de l'uropode, C. Soie postérieure modifiée en griffe, D. Petites épines sur la marge postérieure du ramusuropodale (Images M.A.A). Echelles : A : 1 mm, B-D : 100 µm.	55
42	Dessins à la chambre claire. A. Valve droite, vue interne de <i>Psychrodromus</i> sp 1, B. Valve droite, vue interne de <i>Psychrodromus</i> sp 2. C. Uropode de <i>Psychrodromus</i> sp 1. D. Uropode de <i>Psychrodromus</i> sp 2. (Dessins : Scharf. B). Echelles : A, B : 0,5 mm, C, D : 100 µm.	56
43	<i>Heterocypris salina</i> . Femelles adultes (A-F) A: VG, V. ext. B: VD, V. int, même individu que dans A. C: VG, V. int. D: VD, V. ext, même individu que dans C. E carapace, ventral view. F: carapace, vue dorsale. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0.5 mm.	57
44	<i>Heterocypris incongruens</i> . Femelle adulte (A, B) A: VG, V. ext. B: VD, V. int, même individu que dans A. <i>Heterocypris barbara</i> . Femelles adultes (C-F) et juveniles (G, H). C: VG, V. int. D: VD, V. ext, même individu que dans C. E: carapace, vue ventrale. F: carapace, vue dorsale. G: VG, V. ext. H: VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.	58
45	<i>Ilyocypris getica</i> . Femelle adulte (A, B) et mâle (C, D). A: VG, int. view. B: VD, V. ext, même individu que dans A. C: VG, V. int. D: VD, V. ext, même individu que dans C. <i>Ilyocypris gibba</i> . Femelles adultes (E-H). E: VG, V. ext. F: VD, V. int, même individu que dans E. G: VG, V. int. H: VD, V. ext, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0.5 mm.	59
46	<i>Ilyocypris decipiens</i> . Femelle adulte (A, B) et mâle (C, D). A: VG, V. ext. B: VD,	60

	V. int, même individu que dans A. C: VG, V. int. D : VD, V. ext, même individu que dans C. <i>Ilyocypris bradyi</i> Femelle adulte (E, F).E: VG, V. int. F : VD, V. ext, même individu que dans E. <i>Oncocypris muelleri</i> . Adulte (G, H).G: carapace, vue dorsale. H : carapace, vue dorsale. <i>Cypretta cf. seurati</i> adulte (I). I: carapace, vue ventrale. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0.5 mm.	
47	<i>Sarscypridopsis aculeata</i> . Femelles adultes (A-D). A: VG, V. ext. B: VD, V. int, même individu que dans A. C: VG, V. int. D: VD, V. ext, même individu que dans C. <i>Darwinula stevensoni</i> . Femelles adultes (E-H). E: VG, V. int. F: VD, V. ext, même individu que dans E. G: VG, V. ext. H: VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0.5 mm.	62
48	<i>Plesiocypridopsis newtoni</i> . Mâle adulte (A) et femelles (B-D) A: Vue de la carapace gauche. B: Vue de la carapace droite. C: VG, V. ext. D : VD, V. int, même individu que dans C. <i>Cypridopsis vidua</i> . Femelle adulte (E, F). E : VG, V. ext. F : VD, V. int, même individu que dans E. <i>Potamocypris arcuata</i> . Femelle adulte (G, H) G : VG, V. ext. H : VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0.5 mm.	62
49	<i>Eucypris virens</i> . Femelles adultes (A-D). A: VG, V. int. B: VD, V. ext. C: VG, V. ext. D: VD, V. int, même individu que dans C. <i>Herpetocypris brevicaudata</i> . Femelles adultes (E-H). E: VG, V. ext. F: VD, V. int, même individu que dans E. G: VG, V. int. H: VD, V. ext, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.	63
50	<i>Isocypris beauchampi</i> . Femelle adulte (A, B). A: VG, V. int. B: VD, V. ext, même individu que dans A. <i>Eucypris mareotica</i> . Juvéniles (C, D, H), Femelle adulte (E, F), et mâle adulte (G). C: VG, V. ext. D: VD, V. int, même individu que dans C. E: VG, V. int. F: VD, V. ext, même individu que dans E. G: carapace, ventral view. H: carapace, dorsal view. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.	64
51	<i>Stenocypris major</i> . Femelles adultes (A-D) A: VG, V. int. B: VD, V. ext, même individu que dans A. C: VG, V. int. D: VD, V. ext, même individu que dans C. <i>Candelacypris aragonica</i> . Mâles adultes (E-H). E: VG, V. int. F: VD, V. ext, même individu que dans E. G: VG, V. ext. H: VD, V. int, même individu que	65

	dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.	
52	<i>Tonnacypris lutaria</i> . Femelle adulte (A, B). A: VG, V. int. B: VD, V. ext, même individu que dans A. <i>Trajancypris clavata</i> . Femelles adultes (C-D), and juveniles (E, F). C: VG, V. ext. D: VD, V. int, même individu que dans C. E: VG, V. int. F: VD, V. ext, même individu que dans E. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.	66
53	<i>Cyprideis torosa</i> . Mâle adulte (A, B) et femelle (C, D). A: VG, V. int. B: VD, ext. view, même individu que dans A. C: VG, V. ext. D: VD, V. int, même individu que dans C. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0.5 mm.	67
54	Histogramme montrant le nombre de sites et le nombre d'espèces à intervalle de 400 m d'altitude.	69
55	A. Histogramme montrant l'occurrence des ostracodes. B. Histogramme montrant la co-occurrence des ostracodes. (Abréviations voir Tab. 4).	71
56	Diagramme en secteurs montrant le pourcentage des types de milieux prospectés.	71
57	Coordination ACC des espèces d'ostracodes et paramètres physico-chimiques. S–salinité, T–température. (Abréviations voir Tab. 4).	72
58	Schéma du corps d'un spinicaudate. 1. Umbo, 2. Les ségments, 3. La carapace, 4. Le telson, 5. Les soies, 6. Le cercopode, 7. Les thoracopodes, 8. Une antenne, 9. Les antennes, 10. Le rostre, 11. L'œil, 12. La mandibule. (Source : Google modifié).	89
59	Carte d'Algérie montrant les sites d'échantillonnage d' <i>Eulimnadia rogersi</i> , 1. Guelta d'Assekrem, 2. Guelta de Tigharghart.	94
60	Photos des sites d'échantillonnage d' <i>Eulimnadia rogersi</i> , A. Guelta d'Assekrem, B. Guelta de Tigharghart. (Images : M.A.A).	95
61	Microscope et prise des photos des œufs.	100
62	Arbre phylogénétique des espèces et populations d' <i>Eulimnadia</i> analysées	101
63	<i>Eulimnadia rogersi</i> observée à la loupe binoculaire. (Image : M.A.A).	103
64	Détails morphologiques du telson. (Image : M.A.A).	104
65	Œufs d' <i>Eulimnadia rogersi</i> . A : invagination de l'œuf, B : grossissement de la surface de l'œuf, C, D : structure interne du chorion de l'œuf. (Images : M.A.A). Echelles : A : 100µm, B : 20µm, C : 2.5µm, D : 10µm.	105

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Tableau décrivant les différents appendices des 3 familles d'ostracodes (Meisch 2000).	25
2	Données géographiques et physico-chimiques des 64 sites d'échantillonnage. ND-non déterminée, P.e.a-Plan d'eau artificiel.	40
3	Liste taxonomique des ostracodes trouvés dans cette étude.	50
4	Liste des espèces trouvées à intervalle de 400 m d'altitude. <i>Ctor</i> - <i>Cyprideis torosa</i> , <i>Dste</i> - <i>Darwinula stevensoni</i> , <i>Igib</i> - <i>Ilyocypris gibba</i> , <i>Iget</i> - <i>Ilyocypris getica</i> , <i>Omue</i> - <i>Oncocypris muelleri</i> , <i>Amar</i> - <i>Arctocypris mareotica</i> , <i>Evir</i> - <i>Eucypris virens</i> , <i>Tlut</i> - <i>Tonnacypris lutaria</i> ; <i>Tcla</i> - <i>Trajancypris clavata</i> , <i>Hbre</i> - <i>Herpetocypris brevicaudata</i> , <i>Smaj</i> - <i>Stenocypris major</i> , <i>Hinc</i> - <i>Heterocypris incongruens</i> , <i>Hbar</i> - <i>Heterocypris barbara</i> , <i>Hsal</i> - <i>Heterocypris salina</i> , <i>Cvid</i> - <i>Cypridopsis vidua</i> , <i>Char</i> - <i>Cypridopsis hartwigi</i> <i>Pnew</i> - <i>Plesiocypridopsis newtoni</i> , <i>Parc</i> - <i>Potamocypris arcuata</i> .	68
5	Distribution des ostracodes	69
6	Ordination des espèces et des variables sur les deux premiers axes du diagramme CCA.	71
7	Partitionnement du Chi-carré mis à l'échelle.	71
8	Numéros d'accession à GenBank, espèce correspondante, localités, références pour les populations d' <i>Eulimnadia</i> incluses dans l'étude.	98
9	Valeurs par paires entre les espèces d' <i>Eulimnadia</i> . Le nombre d'haplotypes est indiqué entre parenthèses. La coloration grise dépend de la proximité génétique de la distance maximale (gris foncé pour moins de 5 %, gris clair pour plus de 5 % et blanc pour plus de 10 %).	102

Sommaire

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction général.....1

Chapitre I.

Ecosystèmes aquatiques des milieux semi-arides et du Sahara algérien.

1. Introduction	6
2. Description de la zone d'étude	7
2.1. Climat de la zone d'étude.....	10
2.1.1. Les précipitations.....	11
2.1.2. La température.....	11
2.1.3. Le vent.....	11
2.1.4. L'évaporation.....	12
2.1.5. L'humidité de l'air.....	12
2.2. Ressources hydriques.....	12
2.2.1. Le Continental Intercalaire.....	13
2.2.2. Le complexe terminal.....	13
2.2.3. Les nappes phréatique.....	14
3. Délimitation des zones arides et semi-arides d'Algérie.....	14
3.1. Les Hauts Plateaux (200-300 mm/an).....	14
3.2. Le Sahara Septentrional (50-100 mm/an).....	14
3.3. Le Sahara Central (50 mm/an).....	14
4. Types d'écosystèmes aquatiques dans le Sahara et les Hauts Plateaux.....	15
4.1. Les Chotts et les Sebkhass.....	15
4.2. Les Oueds.....	16
4.3. Les Gueltas.....	18
4.4. Les lacs salés permanents (Bhours)	19

Chapitre II.

Ostracodes du Sahara et des Hauts Plateaux et algériens

1. Généralités sur les ostracodes	21
1.1. Nomenclature et systématique.....	21
1.2. Anatomie générale	22

1.2.1. Les appendices.....	22
1.2.2. La carapace.....	26
1.2.3. Le système digestif et le système nerveux	26
1.2.4. Le système circulatoire et le système respiratoire	27
1.2.5. L'œil et le système sensoriel	27
1.2.6. Les organes reproducteurs.....	28
1.2.6.1. Organe reproducteur femelle	28
1.2.6.2. Organe reproducteur mâle	28
1.3. Comportement reproductif	30
1.3.1. Modes de reproduction.....	31
1.4. Écologie et mode de vie des ostracodes.....	31
1.4.1. Développement des ostracodes.....	33
1.4.2. Dormance chez les ostracodes.....	34
1.4.3. Nourriture et prédation.....	34
1.4.4. Capacités et stratégies de dispersion.....	35
1.5. Les ostracodes fossiles	35
1.5.1. Applications des ostracodes fossiles.....	36
1.5.2. Ostracodes fossiles d'Algérie	38
2. Matériel et méthodes.....	39
2.1. Sites d'échantillonnage des ostracodes.....	39
2.2. Echantillonnage et mesure des paramètres physico-chimiques	41
2.3. Nettoyage des échantillons.....	42
2.4. Tri des échantillons.....	43
2.5. Choix des spécimens à étudier	43
2.6. Etapes de la dissection	44
2.7. Observation et identification	46
2.8. Préparation des coquilles pour observation sous microscope électronique à balayage	48
2.9. Analyse statistique	48
3. Résultats.....	49
3.1. Liste des ostracodes du Sahara et des Hauts Plateaux	49
3.2. Nouvelles espèces pour la science.....	54
3.3. Planches des photos MEB.....	57
3.4. Distribution des ostracodes et paramètres physico-chimiques des sites.....	67
3.5. Analyse canonique des correspondances (ACC).....	72

4. Discussion	74
4.1. Autoécologie des ostracodes	76
4.2. Nouveaux signalements pour l'Algérie	84
4.3. Nouvelles espèces pour la science	86

Chapitre III.

Spinicaudates : premier signalement d'*Eulimnadia rogersi* Rabet et Guallerne in Rabet et al., 2015 en Algérie

1. Introduction	87
2. Généralités sur les spinicaudates	88
2.1. Systématique des spinicaudates	88
2.2. Anatomie générale des spinicaudates	88
2.2.1. La carapace	90
2.2.2. Le dimorphisme sexuel	90
2.2.3. Les œufs	90
2.3. Le cycle de vie et modes de reproduction	90
2.4. Nourriture et prédation	91
2.5. Origine et distribution	91
2.6. Intérêt scientifique	91
2.7. Taxonomie de la famille des Limnadiidae et du genre <i>Eulimnadia</i>	92
3. Matériel et méthodes	94
3.1. Description des sites d'échantillonnage	94
3.2. Echantillonnage et méthode d'élevage	95
3.3. Analyse génétique	96
3.4. Sélection des séquences et alignement	97
3.5. Analyse phylogénétique	97
3.6. Etude morphologique	100
4. Résultats	101
4.1. Etude phylogénétique	101
4.2. Description morphologique des adultes	102
4.3. Anatomie de l'œuf	1044
5. Discussion	1066
5.1. Etude phylogénétique	1066
5.2. Morphologie et systématique	1066
6. Conclusion	1099

Conclusion générale et perspectives de recherche.....	109
Bibliographie	111
Annexes	

Introduction générale

Introduction générale

La faune carcinologique non malacostracé, composées de 23 % de copépodes, 16 % d'ostracodes et 9 % de branchiopodes (Balian *et al.*, 2008) domine les écosystèmes d'eau douce et représente 10 % des 126 000 espèces animales d'eau douce connues. Elle est considérée comme un compartiment important dans la chaîne trophique entre les producteurs primaires et les niveaux trophiques supérieurs.

Les ostracodes sont des microcrustacés essentiellement benthiques, dont la taille varie entre 0,3 et 5 mm au stade adulte, leur corps moue entièrement est protégé par une carapace bivalve, calcifiée et articulée dorsalement (Meisch, 2000). Souvent considérés comme l'un des groupes le plus primitif et des plus anciens des crustacés, ils sont également considérés comme les crustacés les plus diversifiés. Ils sont apparus dans l'Ordovicien, il y a environ 500 millions d'années (Martens *et al.*, 1998).

Les ostracodes colonisent tous types d'écosystèmes aquatiques marin et terrestres ; ils vivent autant en eaux douces, qu'en eaux saumâtres et salées. Ils sont rencontrés dans les lacs, les mares, les sources et les rivières jusque dans les mers et océans (Meisch, 2000 ; Martens & Horne, 2009 ; Karanovic, 2012. Ils restent néanmoins moins abondants dans les milieux stressés, comme les lacs salés ; où seules certaines espèces tolérantes au sel peuvent vivre (De Deckker, 1981 ; Cohen, 2007).

La répartition des ostracodes dans leur milieu est contrôlée par des facteurs physico-chimiques tels que la température, la salinité et le pH (Hammer, 1986 ; Külköylüoğlu, 2003 ; 2004), elle est également influencé par le type de sédiments, la végétation, et la topographie du fond (Külköylüoğlu & Vinyard, 2000; Külköylüoğlu, 2005 ; Martens & Horne, 2009 ; Mesquita-Joanes *et al.*, 2012). D'autres facteurs intrinsèques tel que la capacité de dispersion, le mode de reproduction, et enfin l'adaptation morphologique à l'environnement ont un rôle important dans leur répartition (Smith & Horne, 2002 ; Karanovic, 2012).

Les ostracodes sont relativement peu mobiles et leur dispersion à longue distance est passive (Meisch, 2000). Chez certaines espèces, l'œuf peut résister à la dessiccation et à la congélation, ce qui leurs confèrent une capacité de dispersion et de colonisation importante, cet œuf résistant est courant chez les Cyprididae, il peut être transporté par le vent et résister à des températures extrêmement basses à haute altitude (Martens, 1994 ; Sohn & Kornicker, 1979). Face à des conditions extrêmes du milieu, tel qu'une sécheresse ou une augmentation aigue de salinité, les ostracodes peuvent fermer hermétiquement leur carapace et entrer en torpeur pour survivre (Van Doninck, *et al.*, 2003), certaines espèces ont adoptées une autre

stratégie qui consiste en la production de deux types d'œufs, un type à développement immédiat et un autre à développement différé (Tetart, 1970 ; Angell & Hancock, 1989).

De nos jours, les études en Ostracodologie privilégient nettement la paléontologie à toutes autres disciplines, l'écologie et la paléoécologie sont aussi d'importants domaines d'investigation. Ce qui contraste avec les recherches taxonomiques qui, elles, sont en constant déclin (Karanovic, 2012). Bien que la taxonomie soit la base de toute recherche biologique, elle est de plus en plus négligée, ignorée ou minimisée (Boero, 2010). Le rôle de la taxonomie dans la recherche biologique, écologique ou la gestion de la biodiversité est central. Pour paraphraser une phrase resté célèbre « rien n'a de sens en biologie si les organismes étudiés ne sont pas identifiés et nommés, car leur placement taxonomique dans des unités spéciales, les taxons, fournit des informations irremplaçables sur leurs caractères, leurs relations et leur évolution. Une mauvaise identification ou une mauvaise appellation des organismes peut avoir des conséquences fâcheuses non seulement sur l'exactitude des travaux biologiques et sur leur répétabilité, dans des domaines comme la médecine, la pharmacologie, l'élevage, l'agriculture, la biologie de la conservation, la gestion des écosystèmes et la climatologie" (Dubois *et al.*, 2013).

La difficulté de la taxonomie des ostracodes vivants tient au fait de leur petite taille et du petit nombre des caractères morphologiques diagnostiques. Malgré le déclin actuel de ce domaine d'études, la littérature taxonomique n'en reste pas moins très importante (plus de 20 000 références taxonomiques). Les index d'Eugen Kempf sont les recueils les plus importants de ce groupe, répertorient toutes les références, ainsi que tous les noms génériques de toutes les espèces d'ostracodes connues, facilitant ainsi toutes recherches systématiques ultérieures. En 2000, Claude Meisch a publié "Ostracodes d'eau douce de l'Ouest et de l'Europe centrale", un livre approfondi qui fournit des informations systématiques et des données taxonomiques, écologiques et géographiques sur les ostracodes de cette partie du monde. Ce travail détaillé est largement utilisé pour l'identification des ostracodes d'Europe et d'ailleurs dans le monde. D'autres travaux publiés sous forme de livres sont également utilisés comme ouvrages de référence, on citera : Daday, 1900 ; Klie, 1938 ; Bronstein, 1947 ; Sywula 1974 et Henderson 1990. Karanovic, (2012) est une clé d'identification d'importance majeure, regroupant des ostracodes du monde entier. Les taxons qui ne figurent pas dans ces clés sont décrit dans des monographies.

Il existe actuellement, approximativement 2330 espèces d'ostracodes vivants non marin dans le monde, répartis sur 270 genres et 17 familles, dont 75,5 % appartiennent à la superfamille des Cypridoidea, suivie des Cytheroidea (22,8 %) et des Darwinuloidea (22,5 %)

(Meisch *et al.*, 2019). Dans le paléarctique, 799 espèces sont recensés contre 453 dans l'Afrotropical. Ces chiffres été de 700 espèces dans le paléarctique et 450 dans l'Afrotropical (Martens *et al.* 2011), ils ont donc augmentés en 10 ans de 14% dans le Paléarctique et de 0,6 % dans l'Afrotropical, Cette disparité met en lumière une différence dans le nombre d'études menées dans les deux écorégions, et démontre que les ostracodes d'Afrique ne sont que peu étudiés (Martens, 1984).

En plus des ostracodes, les spinicaudates représentent aussi un groupe de crustacés non malacostracés de mode de vie benthique. Ils font partie d'un sous-ordre de crustacés branchiopodes (4 à 30 mm de long), appelé de par leur taille, les grands branchiopodes. Ce sont le groupe pilote des invertébrés des écosystèmes aquatiques temporaires (Brendonck *et al.*, 2008). Les spinicaudates sont caractérisés par un corps comprimé latéralement et protégé par une carapace bivalve tout comme les ostracodes (Rogers, 2020). Ils fréquentent les étangs, les mares et les lacs salés, milieux temporaires auxquels ils se sont adaptés en produisant des œufs de repos pour survivre à la saison sèche et pour coloniser de nouveaux milieux en se dispersant passivement (Brendonck *et al.*, 2008 ; Rogers, 2009, 2014).

La systématique des spinicaudates est traditionnellement basée sur la description des caractères morphologiques de l'animal. Toutefois, la majorité de ces caractères semblent variables ; tel que les lignes de croissance (Vidrine *et al.*, 1987 ; Roessler, 1990 ; 1995) et la forme de la tête (Belk, 1989). Ces variations morphologiques intraspécifiques ont engendré une confusion au niveau de l'identification des espèces (Rogers, 2020).

Les spinicaudates sont caractérisés par un taux d'endémisme très élevé représentant 47% des 747 espèces vivantes recensées (Rogers, 2020). Parmi les spinicaudates, la famille des limnadidés comprend 9 genres dont *Eulimnadia* (Packard, 1874) qui est le plus riche en espèces et le plus largement répandu (Reed *et al.*, 2015). Rogers (2020) a établi une liste de 59 espèces d'*Eulimnadia*, parmi lesquels 46 espèces sont valides. Originaire du continent américain (Bellec & Rabet, 2016), les grandes capacités de dispersion de ce genre lui ont permis de coloniser tous les continents hormis l'Antarctique (Brendonck *et al.*, 2008 ; Rogers, 2009). Il est désormais présent dans des régions tropicales et tempérées, où les pluies surviennent en saison chaude (Daday, 1926 ; Bond, 1934 ; Thiéry, 1996 ; Rabet *et al.*, 2014 ; Rabet 2015 ; Timms, 2016). Peu de caractères morphologiques sont probants pour l'identification des espèces de ce genre (Pereira & Garcia, 2001), mais la description des œufs basées sur la microscopie électronique à balayage fournis désormais les caractères taxonomiques les plus fiables pour le genre (Belk, 1989 ; Martin & Belk, 1989 ; Martin, 1989 ; Rabet, 2010).

Les études sur les crustacés non malacostracés sont assez nombreuses et ont débuté il y a environ deux siècles. Cependant, peu d'études ont abordées les espèces benthiques bivalves ; ostracodes et spinicaudates. Les travaux les plus importants sur les ostracodes sont anciens et remontent à la première moitié du siècle dernier (Moniez, 1891 ; Daday, 1910 ; Spandl, 1924 ; Gauthier, 1930 ; Klie, 1935), et ont été synthétisés dans un check-list des ostracodes d'Afrique (Martens, 1984). Dans le Sahara Algérien, les premiers travaux ont débuté avec la description de quelques ostracodes des eaux salées (Moniez, 1891;Brady 1902), suivis par la thèse du professeur Gauthier (1928a) qui reste à ce jour la contribution majeure dans ce domaine, explorant pour cela de vastes zones du pays. D'autres études postérieures à sa thèse ont été réalisées, et publiées sous formes de notes (Gauthier, 1928b, c ;1929 a,b, 1930 ; 1931 ; 1933 ; 1934 ; 1937 ; 1939 et Gauthier & Brehm (1928)). Par la suite le Professeur H.J. Dumont a lui aussi consacré sa thèse de doctorat aux crustacés des zones humides algériennes, cet ouvrage est le deuxième plus approfondi sur les ostracodes. Mais seule une partie de ses données a été publiée (Dumont *et al.*, 1979). Le restant de ses échantillons ayant été examinés et publiés par De Decker (1981).Karanovic&Pesce (2000) ont décrit une nouvelle espèce du sud-ouest du Sahara.Samraouiet *al.*, (1998) et Samraoui (2002), ont présenté des listes de Cladocères, Copépodes et ostracodes du Nord Est du pays. Ces travaux ne donnent que des informations fragmentaires de l'état des lieux, et ce n'est que plus récemment que Ghaouaciet *al.*, (2017) ont publiés la première check-list des ostracodes d'Algérie avec 47 espèces recensées, dont 27 espèces nouvellement identifiées et 9 sont nouvelles pour l'Algérie ou l'Afrique du Nord. Ces espèces ont été trouvées principalement dans le Nord du pays avec quelques incursions dans les régions arides à la frontière du Sahara.

Les études sur les spinicaudates des plans d'eaux algériens sont encore plus rares, et ont permis l'identification 6 espèces réparties sur 3 familles distinctes : les Cyzicidés, les éocyzcidés et les leptestheridé (Daday, 1915 ; Samraoui & Dumont, 2002 ; Ouahioune Rais, 2019 ; Chergui *et al.*, 2023).

C'est dans ce contexte que notre travail a été mené avec pour objectif principal de compléter l'inventaire des ostracodes et des spinicaudates d'Algérie en explorant les écosystèmes aquatiques du Sahara, et des Hauts plateaux, et d'actualiser les connaissances sur ces groupes et sur les biotopes dans lesquels ils vivent. L'objectif de toutes ces investigations est de connaître la biodiversité des crustacés des eaux continentales d'Algérie pour mieux gérer ces milieux dans le but d'en conserver le patrimoine biologique.

La thèse s'articule autour de 3 chapitres. Le 1^{er} est consacré à la description générale des régions échantillonnées, leurs climats et les différents biotopes aquatiques qui s'y trouvent. Le 2^{ème} chapitre concerne les ostracodes, avec une description de ce groupe sous forme de généralités, la description des sites d'échantillonnage ainsi que les méthodes d'identification, les résultats et une discussion. Le 3^{ème} chapitre est consacré à la famille des Limnadiidae, nouvelle pour l'Algérie. Il comprend des généralités sur le groupe des spinicaudates, les sites d'échantillonnage et les résultats de l'analyse génétique et morphologique de la nouvelle espèce répertoriée. Enfin la thèse se termine par une conclusion et des perspectives.

Chapitre I.

Ecosystèmes aquatiques des milieux semi-arides et du Sahara algérien.

1-Introduction

L'Algérie est le plus grand pays afro-méditerranéen, il s'étend sur 2 381 741 km², il est à cheval sur deux écozones; le Paléarctique et l'Afrotropicale, cette région, située à l'extrême Sud du pays représente une zone relique (Dumont, 1979). Il est recouvert à 84% par le désert le plus grand et le plus chaud au monde ; le Sahara (Ozenda, 1991) (Fig. 1), limité au nord par les Hauts Plateaux. De par sa grande superficie, et vue sa position latitudinale, l'Algérie est caractérisée par l'existence de plusieurs types de climats ; méditerranéen au nord du pays, et de plus en plus sec et aride en s'enfonçant dans les terres (Aidoud, *et al.*, 2006).

Néanmoins, malgré l'aridité du climat, et grâce à la configuration physique de la région, et à la présence de grandes nappes phréatiques ainsi qu'un réseau hydrographique dense ; surtout dans les massifs du Sahara Central, le Sahara et les Hauts Plateaux compte de nombreuses zones humides très caractéristiques. La variabilité spatiale des conditions géologiques et géomorphologiques a créé des types différents d'écosystèmes aquatiques tel que des lacs, des Oueds des Chotts des Sebkhas et enfin des Gueltas. Ces zones humides font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle au sein d'un milieu aride, elles jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et abritant une faune aquatique riche et diversifiée.

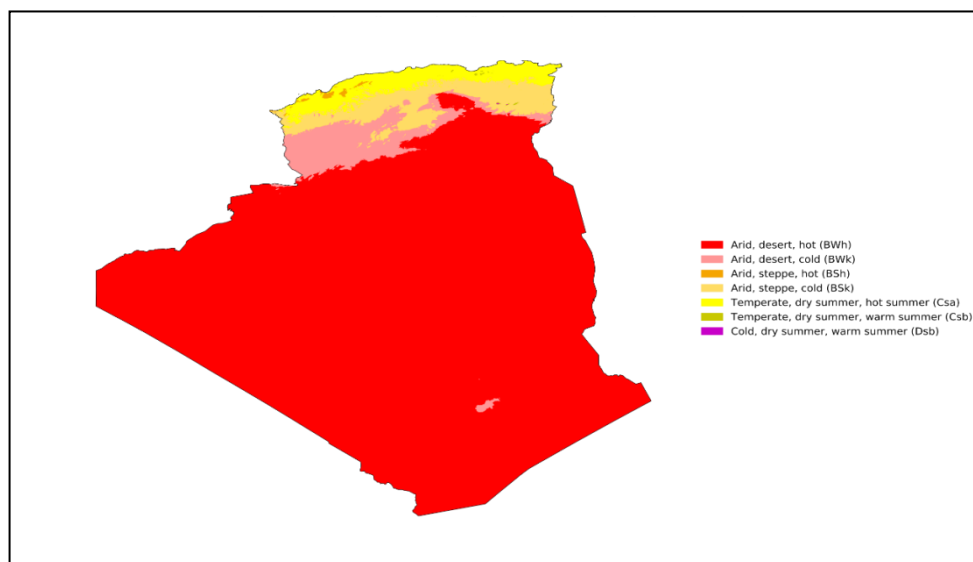


Figure 1. Carte de l'Algérie montrant la classification climatique de Köppen-Geiger.

(Source : Beck *et al.*, 2018).

2-Description de la zone d'étude

« *Le Sahara abandonné par les flots, se chauffe au soleil* » Théodore Monod.

Le Sahara est le plus grand des déserts, mais également le plus expressif et typique par son extrême aridité (Toutain, 1979). Il s'étend sur tout le tiers septentrional du continent africain (Fig. 2), de l'atlantique à la mer rouge, sur une surface totale de 8 millions de Km² (Le Houerou, 1990). En Algérie il recouvre plus de 2 millions de Km². Il englobe tout le territoire à partir de l'Atlas saharien jusqu'à l'extrême sud du pays.

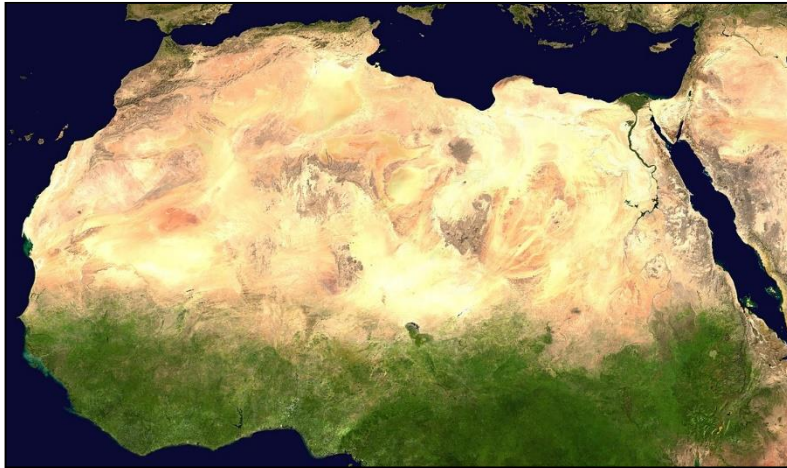


Figure 2. Le désert du Sahara occupant la majeure partie de l'Afrique du Nord.

(Image : Google Earth).

Le Sahara est formé par un socle très ancien de granites, de gneiss ou de schistes cristallins et de quartzites (Gardi, 1973). Ce substrat est le vestige d'un massif gigantesque qui date de l'ère précambrienne (Furon, 1935). Durant le paléozoïque, après une longue période d'émersion et d'érosion, le socle cristallin du Sahara est recouvert par la mer qui, en se retirant y laisse diverses couches sédimentaires marines, constituées de calcaires, de grès et de schistes (Le Lubre, 1952). Au début du Mésozoïque, la mer se retire et le régime continental s'installe au Sahara, ce qu'atteste la présence de grès riches en bois silicifiés formés à cette époque. Puis la mer recouvre le Sahara une nouvelle fois, et reste jusqu'à l'Eocène, qui se caractérise par l'apparition de roches continentales. Tout le long de l'ère Quaternaire, le Sahara connaît une alternance de climats chauds et froids, arides et humides, qui modifient ses limites tantôt vers le sud, tantôt vers le nord. A son niveau optimal de la phase humide, la région est recouverte de steppe et de savane, et les cuvettes sont occupées par de grands lacs, puis advient un climat chaud et aride que nous connaissons aujourd'hui (Fabre, 2004).

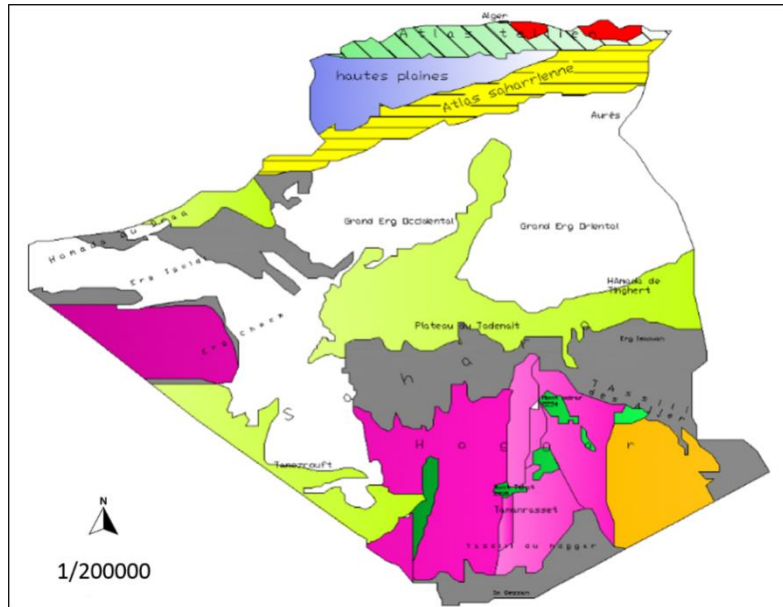


Figure 3. Carte montrant les différents paysages présents au Sahara algérien.

(Source : Google).

Le Sahara n'est pas qu'un désert de sable, il est au contraire formé d'une multitude de paysages différents (Fig. 3), tels que :

Les Hamadas ; ce sont des plateaux rocheux à topographie très monotone (Fig. 4A), souvent plates à perte de vue et dont le vent a balayé les matériaux de surface à grain fin (Monod, 1992). Ces plateaux calcaires très érodés, sont souvent bordés de hautes falaises et entaillés de profonds canyons creusés par les Oueds.

Les Ergs ; occupant seulement 20% de la surface du Sahara, ce sont un champ de dunes fixes (Fig. 4B), dont seul le sable de surface est modelé par le vent (Gardi, 1973).

Les Regs ; constituant le paysage désertique le plus répandu, ce sont de vastes plaines de graviers et de fragments rocheux (Monod, 1992) (Fig. 5).

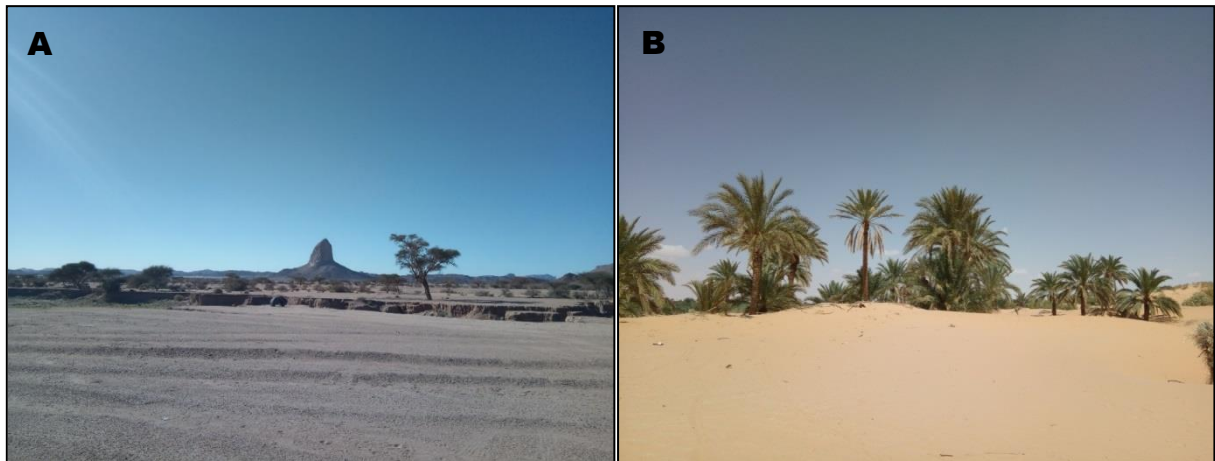


Figure 4. A. Hamada dans le Sahara Central (Parc de l’Ahaggar) (image M.A.A). B. Dunes de sable et palmiers dattier dans le grand erg oriental (Sahara Septentrional).

(Images : M.A.A).



Figure 5. Désert de roche (Reg) dans le Sahara Central. (Image : M.A.A).

Les Hauts Plateaux, situés entre l’Atlas tellien au Nord et l’Atlas saharien au Sud (Fig. 6), sont une vaste zone steppique couvrant une surface de plus de 261.267 km² (9% de la surface de l’Algérie), et qui s’étendent de l’Est à l’Ouest du pays.

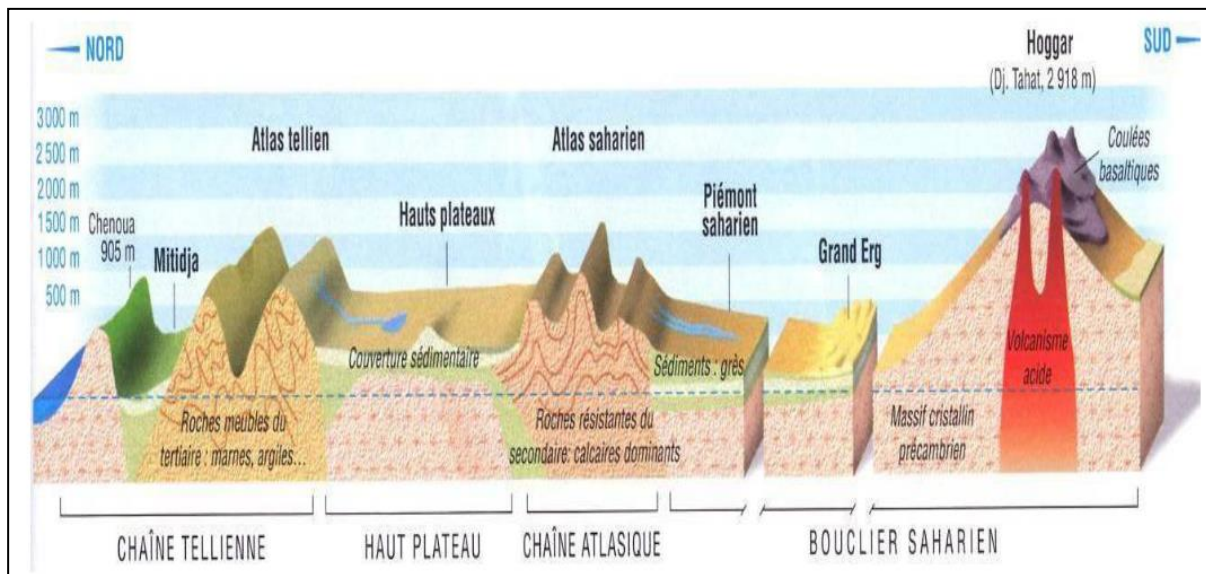


Figure 6. Coupe transversale du relief de l'Algérie montrant les Hauts Plateaux.

(Source : GEO, 2006).

2.1. Climat de la zone d'étude

Le Sahara, de par sa position géographique, se caractérise par un climat chaud et aride (Faurie *et al.*, 1980 ; Troin *et al.*, 2006). L'aridité constitue l'élément central de la spécificité saharienne (Fig. 6), d'où la sécheresse intense et le taux d'humidité très faible. Il se distingue non seulement par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations et les forts taux d'évaporation, mais aussi par une forte luminosité et de grands écarts de températures.

Les caractères climatiques du Sahara sont causés par deux facteurs, le premier est la situation en latitude, au niveau du tropique du Cancer, ce qui entraîne de fortes températures, le deuxième facteur est le régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs. La faible nébulosité de l'atmosphère et les durées d'insolation importantes (de 9 à 10 heures par jour) ont un effet desséchant en augmentant la température (Dubief, 1959; Ozenda, 1991).

De par leur vaste étendue, les Hauts Plateaux couvrent différents climats localisés, variant du climat méditerranéen au climat continental (Baaziz, *et al.*, 2011 ; Zedam, 2015). La saison estivale sèche et chaude s'étale sur environ 6 mois, le semestre hivernal d'octobre à avril est par contre pluvieux et froid. Ce climat est caractérisé essentiellement par un régime thermique relativement homogène mais globalement avec de faibles précipitations (Le Houerou, 1977).

2.1.1. Les précipitations

Les précipitations au Sahara surviennent pratiquement toujours sous forme de pluies qui sont généralement de courte durée et de faible importance quantitative. Elles enregistrent annuellement près de 200 mm au Nord du Sahara et 20 mm au Sud, mais elles demeurent inférieures à 100 mm/an sur la plus grande partie du Sahara (Dubief, 1953). La variabilité interannuelle est considérable et diffère d'une région à une autre, fines au Sahara Septentrional, et diluviennes au Sahara Central (Meddi & Meddi, 2002 ; Ouali, 2005), où elles se produisent généralement de mai à septembre, suite à la remontée du front intertropical sur la zone saharienne et l'extrême sud algérien (Chenoune, 2005). De façon générale, les massifs montagneux du Sahara Central sont plus arrosés, bénéficiant des régimes de moussons tropicales et des alizées. Le Hoggar et le Tassili peuvent, par contre présenter des années de sécheresse totale (Barry, 1991).

Les Hauts Plateaux présentent une précipitation plus importante que celle du Sahara, mais qui reste relativement faible et irrégulière ; 200-400 mm/an (Seltzer, 1946), la moyenne annuelle étant de 401,46 mm (Benguesmia, 2019). Les précipitations présentent des variations spatio-temporelles très importantes et tombent souvent sous forme de pluies violentes (averses). L'été chaud et sec alterne avec un hiver froid et pluvieux (Bencherif, 2011).

2.1.2. La température

Le climat thermique du Sahara est relativement uniforme ; caractérisé par des étés brûlants, les températures moyennes annuelles sont élevées (Dubief, 1959 ; Ozenda, 1991 ; Ouali, 2005), avec des maxima absolus pouvant atteindre et dépasser 50°C en été et des minima de janvier variant de 2 à 9°C (Le Houerou, 1990). La température du sol en surface peut dépasser 70°C, mais diminue et s'équilibre en profondeur (Monod, 1992). A l'extrême Sud, le régime thermique est contrasté, influencé par la latitude et l'altitude, où l'écart de température entre les massifs montagneux et les plaines alentours peut être important (Chenoune, 2005).

De par leurs altitudes plus importantes (1000 m), les Hauts Plateaux bénéficient d'un régime thermique relativement plus clément. On y observe les températures les plus basses d'Algérie en hiver, et la température moyenne des mois chauds d'été est de 34°C (Le Houerou, 1977), pouvant même dépasser les 40°C (Bencherif, 2011).

2.1.3. Le vent

Le Sahara est toujours soumis à des vents fréquents et très secs (Ouali, 2005), ils sont importants au printemps et peuvent atteindre des vitesses de 40 à 50 Km/h (Khadraoui, 2007), leurs impact se traduit par le transport et l'accumulation du sable, le façonnement des dunes, la corrosion et le polissage des roches (Fig. 7), et surtout l'accentuation de l'évaporation

(Monod, 1992). Dans les Hauts Plateaux, les vents sont violents, et en été le Sirocco souffle depuis le Sahara vers le Nord du pays (Bencherif, 2011).



Figure 7. Roche sculptée par le vent dans le Parc National du Tassili N'Ajjer.

(Image : M.A.A).

2.1.4. L'évaporation

C'est un phénomène physique accentué par la température, la sécheresse et l'agitation de l'air (Ozenda, 1991). Au Sahara, l'évaporation est très forte (Dubost, 1991), l'eau évaporée annuellement serait de 3 à 5 mètres environ suivant les localités, une valeur beaucoup plus importante que la quantité d'eau qui tombe lors des pluies (Ozenda, 1993).

L'évaporation est particulièrement accentuée dans les dépressions du bas Sahara, où les Chotts représentent de véritables appareils évaporatoires. Cette évaporation intense entraîne une augmentation de la salinité des eaux souterraines, engendrant des problèmes majeurs dans les régions sahariennes (Ouali, 2005). Dans les Hauts Plateaux l'évaporation moyenne est de 857,02 mm (Benguesmia, 2019).

2.1.5. L'humidité de l'air

L'humidité au Sahara est faible, souvent inférieure à 20% (Monod, 1992) même dans les montagnes, tandis qu'au Sahara septentrional, elle est généralement comprise entre 20 et 30% pendant l'été et s'élève à 50 et 60% parfois davantage en janvier (Ozenda, 1991).

2.2. Ressources hydriques

Si de nos jours, le Sahara se caractérise principalement par son aridité et ses paysages **hostiles à la vie**, Ce ne fut pas toujours le cas, en effet, à une époque située entre 50 000 et 4 000 ans avant notre ère, soit entre le Pléistocène et l'Holocène, le Sahara était vert et recouvert de lacs de grandes dimensions. Et c'est à cette période lorsque le climat était plus favorable, que d'immenses réserves d'eaux dites "fossiles" se sont formées (Vogt, 2019).

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (Connu sous l'appellation SASS), est un bassin hydrogéologique qui occupe une superficie de plus d'un million de Km² partagés par l'Algérie, la Libye et la Tunisie (Charrenton, 2002 ; OSS, 2003 ; Buffet, 2007). En Algérie, il est d'une superficie de 780 000 Km², avec un maximum d'épaisseur de 4 à 5 km (ABHS, 2009). Il renferme deux grandes nappes aquifères, celle du continental intercalaire (CI ou Albien) à la base surmontée par le complexe terminal (CT), et une nappe phréatique dans les formations superficielles (Buffet, 2007 ; Saadine, 2012). Ces réserves d'eau considérables que l'on pensait peu ou pas renouvelables (UNESCO, 1972), se sont avérées l'être. En effet, leur recharge existe et a pu être quantifiée : les eaux de pluies et de ruissellement apportent en moyenne au système 1,4 km³ par an, soit environ 2 mm par an sur la surface d'alimentation des nappes. Sur la période de 2003 à 2010, la recharge annuelle a même atteint 4,4 km³ certaines années, soit 6,5 mm par an (Gonçalvès *et al.*, 2013)

2.2.1. Le Continental Intercalaire

C'est un aquifère de plus de 1500 m de profondeur ; formé par une succession de couches de sables, de grès, de grès argileux et d'argile, qui s'étend sur plus de 1.100.000 Km², d'une épaisseur pouvant atteindre les 1000 m au Nord-Ouest du Sahara, sa réserve d'eau est évaluée à 20.000 x 10⁹ m³ (Ould Baba Sy, 2005). L'eau du Continental Intercalaire est de bonne qualité, sa minéralisation totale est généralement inférieure à 3,5 g/l, et sa température est supérieure à 50 °C quand elle jaillit (Sayah, 2008). La nappe du Continental Intercalaire dite albienne est une nappe fossile c'est-à-dire qu'elle est faiblement alimentée par rapport à son volume. Elle se recharge principalement par infiltration des eaux de ruissellement des Oueds qui descendent des massifs montagneux de l'Atlas saharien au Nord, des monts du Dahar à l'Est de la Tunisie et des Oueds de l'extrémité occidentale du Tademaït. Pendant les années exceptionnellement pluvieuses, une alimentation faible s'effectue directement par infiltration des précipitations sur les zones d'affleurement du réservoir et dans le grand Erg occidental (Cornet, 1964).

2.2.2. Le complexe terminal

Il s'agit de la formation la plus récente déposée au Bas Sahara, en opposition avec la formation du Continental Intercalaire au sommet (Ouali, 2005). Il couvre une partie du bassin oriental du Sahara Septentrional sur environ 665.000 Km², en général peu profond de 100 à 400 m, avec une réserve d'eau évaluée à 11.000x10⁹m³ (Ould Baba Sy, 2005). Ses eaux sont salées, d'une composition chimique bonne sur les bordures et moyenne dans le centre du bassin et d'une température peu élevée (UNESCO, 1972 ; Besbes&JarrayaHorriche, 2007). On distingue trois aquifères principaux, dans les sables et argiles du pliocène, dans les sables

grossiers à graviers du Miocène supérieurs et dans les calcaires fissurés et karstiques de l'Eocène inférieur (Sayah, 2008). Il s'étend sur un vaste territoire allant de la dorsale du M'zab à l'Ouest jusqu'à la hamada du Tinhert au Sud. Dans le bassin occidental, la majeure partie des eaux rejoint la nappe sous-jacente du Continental Intercalaire, tandis qu'à l'extrême Ouest, les eaux du Complexe Terminal vont rejoindre l'inféoflux de l'Oued Saoura. Dans le bassin oriental, le trait marquant est la convergence de l'écoulement vers les Chotts Merouane et Melghigh en Algérie, et les Chotts Gharsa et Djerid en Tunisie (Megdoud, 2003).

2.2.3. Les nappes phréatiques

Elles sont présentes partout dans le Sahara, que ce soit dans les dépressions ou dans les vallées. Ce sont des aquifères superficiels dont la profondeur n'excède pas les 50 m et dont les eaux sont exploitées par des puits ayant une salinité très élevée (9 g/l). Elles sont alimentées par les pluies, les crus, les écoulements diffus, les eaux de drainage et aussi par les remontées naturelles provenant des aquifères plus profonds (Dubost, 1991). Ses eaux fossiles ont été essentiellement utilisées pour l'extension des oasis et la culture du palmier dattier.

3. Délimitation des zones arides et semi-arides d'Algérie

3.1. Les Haut plateaux (200-300 mm/an)

Les Hauts Plateaux sont des plaines semi-arides à arides d'une altitude moyenne de 1 000 m.a.s.l, bordées par deux chaînes montagneuses au Nord et au Sud, elles parcourent le pays en diagonale du Sud marocain au Nord-Ouest tunisien. La végétation y est de type steppique. Les étés sont généralement arides et les hivers rigoureux. Cette région abrite essentiellement des Oueds, des Chotts et des Sebkhass (Mahowald *et al.*, 2003). Elle délimite le Sahara par le Nord.

3.2. Le Sahara Septentrional (50-100 mm/an)

Aussi appelé Bas Sahara, cette zone est une vaste cuvette caractérisée par une prédominance de dunes de sables (Ergs), une faible activité biologique et une forte salinité des sols. En dehors des oasis, la fraction organique y est très faible voire nulle. Les sols rocailloux ou sableux sont ponctués de Chotts, de Sebkhass et de Bhours (Halilat, 1993 ; ANDI, 2013).

3.3. Le Sahara Central (50 mm/an)

Situé au Sud des grandes dunes de l'Erg Oriental, qui le sépare du Sahara Septentrional, la région abrite deux parcs naturels ; le Parc culturel du Tassili N'Ajjer : classé au patrimoine mondiale de l'UNESCO. C'est un plateau gréseux ou basaltique nu reposant sur un socle cristallin. Il est recouvert de sable d'où émergent des formations rocheuses créées par l'érosion. Cette configuration du sol ne permet à l'eau de pluie de s'infiltrer qu'en des points d'épandages sableux alimentant ainsi la nappe phréatique (Bouvet & Le Berre, 1985). Au

Sud-Ouest du Tassili, se dresse le massif montagneux du Hoggar, situé au milieu du parc culturel de l'Ahaggar : constitué de coulées de laves, de roches cristallines et des roches métamorphiques parsemé de falaises basaltiques (Barry, 1991). Ce sol azonal, brut (Ozenda, 1993) fait que les eaux de pluie relativement plus abondante dans la région, se dirige rapidement vers les Oueds, ces derniers, en s'asséchant laissent apparaître des Gueltas.

4. Types d'écosystèmes aquatiques dans le Sahara et les Hauts Plateaux

Les écosystèmes aquatiques sont à la fois diversifiés et éparpillés dans le Sahara et les Hauts Plateaux. Il s'agit de petites mares temporaires, des étangs, des bassins artificiels tels que des réservoirs d'eau, ou des abreuvoirs pour bétails. En plus de ces écosystèmes aquatiques, il existe des plans d'eau typiques de ces régions, décrits ci-dessous :

4.1. Les Chotts et Sebkhass

Les Chotts et les Sebkhass, de formation tectonique, sont de vastes étendues plates dépourvues de végétation et qui se remplissent d'eau salées. Ils sont alimentés par les eaux de ruissellement ou par résurgence des nappes phréatiques qui lessivent par leurs passages les roches et sols chargés des minéraux. Certains d'entre eux étaient des lacs proprement dits pendant les périodes plus humides de la fin du Quaternaire. La salinité extrême de ces milieux est due ; soit à la présence de terres salées (trias), soit simplement à la concentration progressive, par dépôts successifs, des sels dissous en quantité normale dans les eaux de ruissellement (Gauthier, 1928a, Gagneur & Kara, 2001).



Figure 8. Sebkhass de Ain Ouarka, Wilaya de Naâma. (Image : M.A.A).

Le remplissage est irrégulier dans le temps et l'espace, lorsque les eaux s'évaporent sous l'effet de la chaleur, des plaques de sels divers se déposent en surface. Ce régime est causé par une pluviosité déficitaire, dans un climat steppique (Morgan, 1982 ; Monod, 1992).



Figure 9. Chott de Tindla. Wilaya d'El Oued. (Image: M.A.A).

Quant à la différence entre Chott et Sebkhia, Gauthier (1928a) y voit une différence entre la surface des deux biotopes (Figs, 8 et 9) quelques Kilomètres de superficie pour les Sebkhias, contre une centaine de Kilomètres pour les Chotts. Pour Largeau (1881) le Chott est l'élargissement d'un cours d'eau, c'est un pâturage de plantes halophiles ; tandis que la Sebkhia est une dépression, une cuvette sans écoulement et sans aucune végétation.

4.2. Les Oueds

Les Oueds, parfois appelés « Châaba », sont des ravinements ou des lits de fleuves asséchés et ensablés. Ils entaillent les regs ou les hamadas (Fig. 10) et sont épisodiquement alimentés par des pluies, locales ou lointaines, qui peuvent les transformer en torrents. Mais l'eau peut également leur arriver depuis les montagnes environnantes (Ould Baba Sy, 2005; Bouallala, 2013). En effet, les Oueds sahariens n'ont pas un régime de crues régulier mais plutôt un caractère accidentel : en période de grandes crues, souvent en septembre, les Oueds coulent quelques jours et peuvent déborder. Ce phénomène se produit jusqu'à trois fois par an dans le Nord du Sahara, et beaucoup plus rarement au centre (Caroff & Sinthe, 1958 ; Gardi, 1973).



Figure 10. Oued Ihrir, Wilaya d'Illizi. (Image : M.A.A).

L'une des caractéristiques des Oueds Saharien est leur faible densité de drainage résultant de la végétation clairsemée qui ne retient pas l'eau (Fig. 11). La conséquence est un taux d'érosion énorme et de grandes quantités de matière en suspension qui rendent l'eau toujours trouble (Yadi, 1991). Dans certaines régions, entre les Zibans (Biskra) et Ouargla, ces courts d'eau sont souvent salés à hypersalés. Le faible débit durant la période sèche permet l'infiltration de l'eau dans les sédiments du lit et, associé à des taux d'évaporation élevés, explique le faible coefficient de ruissellement de la plupart des Oueds (Gagneur & Kara, 2001). Cependant, ces milieux représentent les principales ressources du bassin versant remplissant les plans d'eaux stagnantes. Les Oueds abritent une faune ichtyologique assez riche comportant des cichlidés, des cyprinidés, des cyprinodontidés et des claridés.



Figure 11. Oued Difel, Wilaya de Biskra. (Image: M.A.A).

4.3. Les Gueltas

La Guelta est une dépression ou une cuvette, elle peut être de 2 types : une Guelta à fond sableux (Fig. 12), située sur le lit des rivières asséchés ou à l'ombre des falaises, la Guelta rocheuse (Fig. 13) est, quant à elle ; située au fond d'un talweg, falaise abrupte ou une vallée encaissée, remplissant des cavités creusées par le fort courant des Oueds en crues. En Algérie ces biotopes sont inféodés au grand Sud, entre le Tassili N'Ajjer et le Hoggar. Elles subissent l'influence des crues. Bien que rares, ces inondations jouent un rôle décisif dans le fonctionnement de ces Gueltas, car elles alimentent la nappe phréatique (Dakki *et al.*, 2020).



Figure 12. Guelta à fond sablonneux, Wilaya d'Ilizi. (Image : M.A.A).

Les Gueltas sont alimentées par les précipitations, les crues ou par des sources et ne sont jamais salées. Leur pérennité est préservée par leur position abritée, au milieu des falaises

gréseuses, qui limite l'évaporation. Elles peuvent être permanentes ou s'assèchent au plus fort de l'été, elles offrent un milieu propice pour les oiseaux migrateurs qui traversent le désert (Gagneur et Kara, 2001). Certaines Gueltas abritent des poissons afro-tropicaux comme les cichlidés (*Tilapias*), les poissons chats et les barbeaux.



Figure 13. Guelta à fond rocheux, Wilaya d'Ilizi. (Image : M.A.A).

4.4. Les lacs salés permanents (Bhours)

Les lacs salés permanents appelés Bhar (mer) ou Bhours au pluriel, sont des étangs artésiens formés par les eaux des sources jaillissantes ou des puits artésiens (Berbrugger, 1862) (Fig. 14). Ils sont alimentés par les canaux d'irrigation des palmeraies adjacentes, et par l'eau de la nappe phréatique (Fig. 15) riche en sel soluble, notamment : le chlore, le magnésium, le calcium et le sodium (Koull, 2018). Selon la classification de Jorgensen *et al.* (2012), qui prend en compte la profondeur et la superficie, soit au moins 3 m et 0,1 Km² respectivement, ces plans d'eau sont désormais considérés comme des lacs proprement dits et non des Chotts ou Sebkhass (Gouasmia *et al.*, 2016). Ces Bhours, situés dans le Sahara Septentrional, tout au long de la Vallée de Oued Righ ont des valeurs économiques, culturelles, écologiques et touristiques considérables dans la région (Demnati *et al.*, 2016). Contrairement au Chotts et Sebkhass, ils abritent une faune ichtyologique intéressante.



Figure 14. Bhar de Ain Zarga. Wilaya de Ouargla. (Image : M.A.A).



Figure 15. Bhar de Hassi Ben Abdallah. Wilaya de Ouargla. (Image : M.A.A).

Chapitre II.

Ostracodes du Sahara et des Hauts Plateaux et algériens

1. Généralités sur les ostracodes

1.1. Nomenclature et systématique

Les ostracodes ont été nommés en 1802 par l'entomologiste français Pierre André Latreille, ce nom décrit la forme extérieure de l'animal et vient du grec ostrakon "ὄστρακον" signifiant coquille ou moule. Le nom commun en anglais pour les ostracodes est Mussel shrimp signifiant crevette moule, lui donnant sa caractéristique la plus importante, à savoir ; un corps mou enfermé entre deux valves. Cependant, ce n'est pas Latreille qui a décrit pour la première fois une espèce d'ostracode. La première description est attribuée à Baker, qui a illustré un ostracode fossile en 1742, mais Linné a quant à lui nommé la première espèce en 1746 sous le nom de *Monoculus conchapedata* (Ferguson, 1944).

La classification des ostracodes se présente comme suit :

- **Embranchement** : Arthropoda Latreille, 1829
- **Sous- embranchement** : Crustacea Pennant, 1777
- **Classe**: Ostracoda Latreille, 1806
- **Sous-classe**: Podocopa Müller, 1894
- **Ordre**: Podocopida Sars, 1866
- **Sous-ordre** : Podocopina Sars, 1866

La classe des ostracodes est subdivisée en deux sous-classes : les Myodocopa et les Podocopa (Horne *et al.*, 2002). La sous-classe des Myodocopa est composé des ordres Myodocopida et Halocyprida. La sous-classe des Podocopa comprend quant à elle trois ordres ; Palaeocopida, Platycopida et Podocopida (Horne, 2003). Les deux premiers ordres n'ayant que des espèces fossiles ou marines (Meisch, 2000), les Podocopida sont la seule lignée ayant des espèces vivantes d'ostracodes non marins, cet ordre est subdivisé en trois familles qui sont les Cyprididae, les Cytheridae et les Darwinulidae (Meisch, 2000).

1.2. Anatomie générale

Les ostracodes sont des crustacés de petite taille, ils possèdent un corps articulé composé d'une tête et d'un thorax (Fig. 16 :1, 2), qui n'a pas de segmentation distincte, mais dont disposition des appendices rappelle l'anatomie typique des arthropodes. Le corps mou composé d'une cuticule chitineuse fine est protégé par une carapace bivalve calcifiée reliée dorsalement par un ligament et articulée par une charnière. La carapace des ostracodes ne possède pas de traits de croissance, et sa longueur varie entre 0,3 et 5 mm (Meisch, 2000).

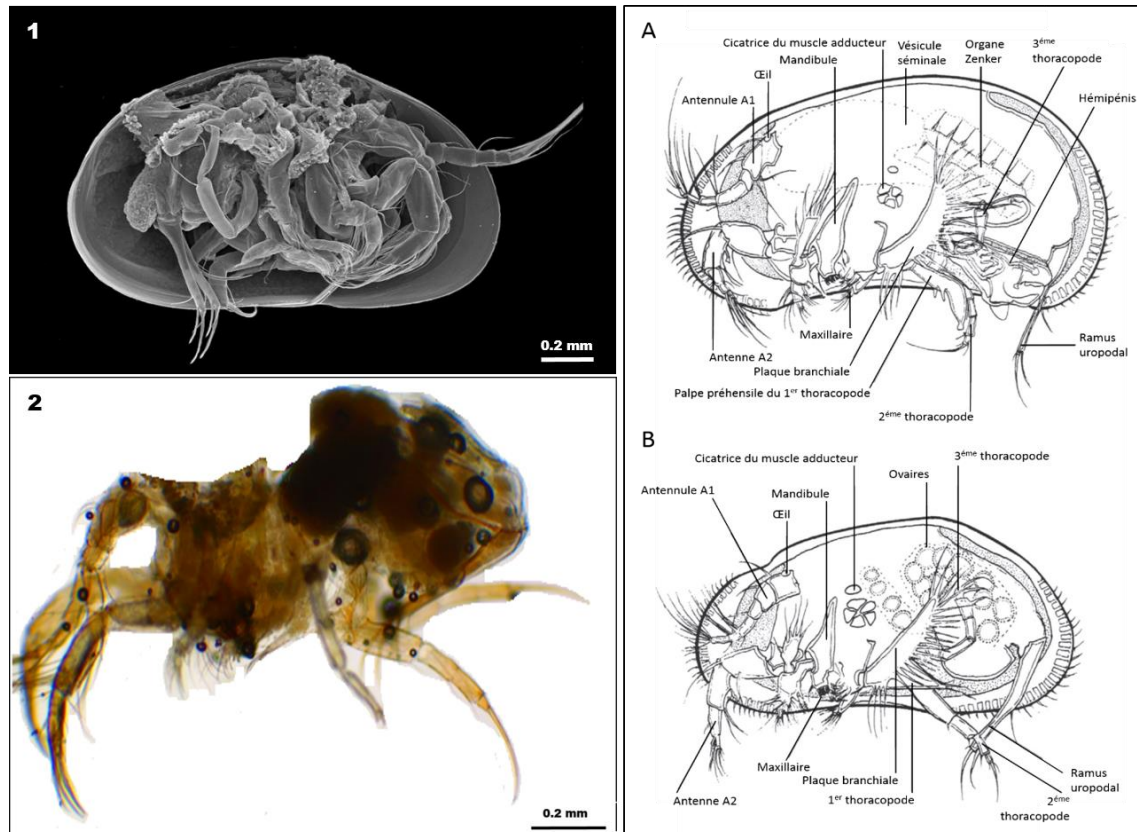


Figure 16. 1 : Photo MEB d'un ostracode dans sa coquille (Source : Karanovic, 2012). 2 : Corps mou d'*Eucypris virens* (Image : M.A.A). A : Schéma interne d'un male. B : Schéma interne d'une femelle (Source : Smith & Delorme, 2010).

1.2.1. Les appendices

Le corps est formé de 8 paires d'appendices (Fig. 16A, B), les 4 premières paires se situent au niveau de la tête, les 4 dernières au niveau du thorax. Les appendices ont une large gamme de fonctions, dont la locomotion : pour marcher, ramper, grimper, creuser et nager, l'alimentation, le nettoyage, l'accouplement ou encore la cognition (Meisch, 2000 ; Horne *et al.*, 2002 ; Smith & Delorme, 2010 ; Karanovic, 2012). La tête porte les antennules et les antennes, ainsi que les pièces buccales.

L'Antennule : membre articulée garnis de soies plus ou moins longues, et d'organe sensoriel, qui remplis la double fonction locomotrice et sensitive (Fig. 17A).

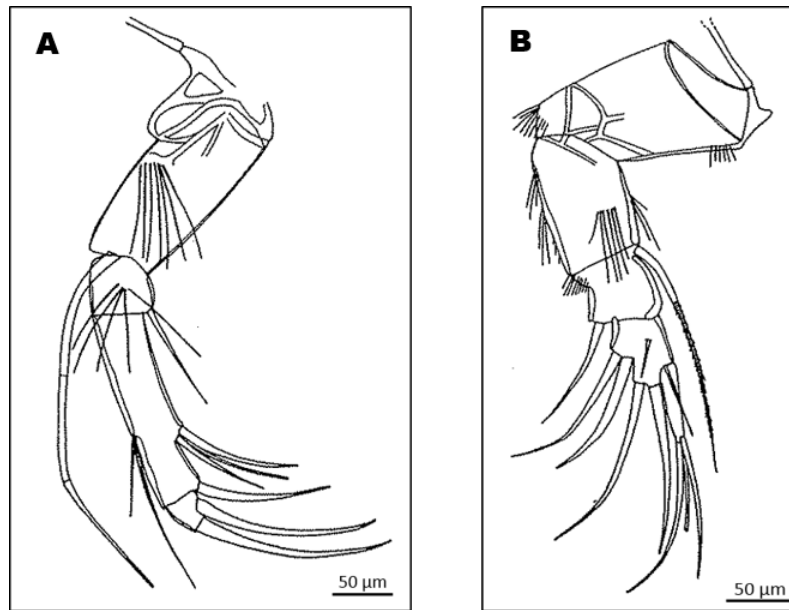


Figure 17. A : Antenne de *Cyprideis torosa*, B : Antennule de *Cyprideis torosa*
(Source : Meisch, 2000).

L'Antenne : plus ou moins nettement biramée, formée d'un exopodite et d'un endopodite, c'est le principal organe locomoteur, en plus de l'abondance de soies natatrices, l'antenne peut être pourvue d'une soie sensorielle, lui donnant un rôle sensoriel et locomoteur (Fig. 17B).

La Mandibule : organe masticateur constitué d'un protopodite garnis d'endites dure, d'un endopodite, d'un exopodite et d'une plaque vibratoire (Fig. 18A).

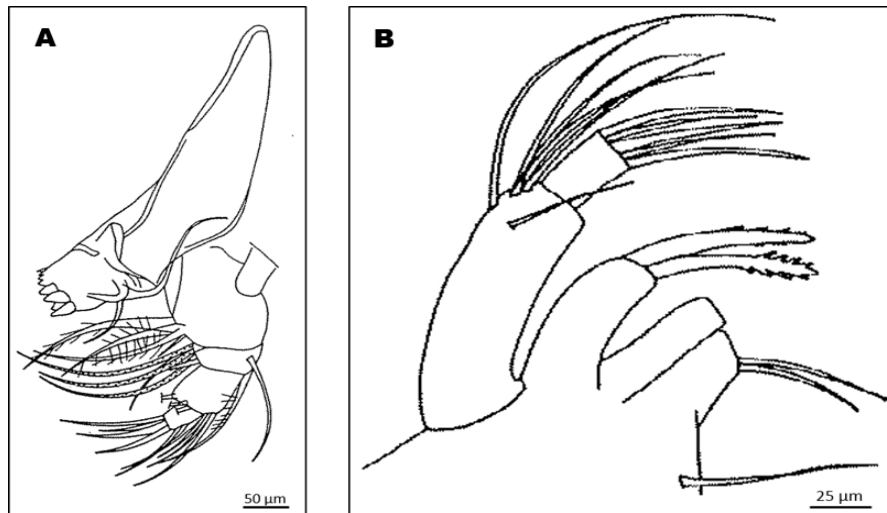


Figure 18. A : Mandibule de *Ilyocypris getica*, B : Maxillule de *Heterocypris incongruens*
(Source : Meisch, 2000).

La Maxillule : constitué de deux palpes segmentés, et de trois lobes masticateurs, la maxillule peut disposer d'une plaque vibratoire (Maxille) qui crée un courant d'eau qui aide à la respiration (Fig. 18B).

Le 1^{er} Thoracopode : c'est le 4^{ème} appendice de l'ostracode, il peut être une patte marcheuse (Fig. 19A) ou une pièce du système buccale selon la famille.

Le 2^{ème} Thoracopode : c'est une patte marcheuse formée de 4 ou 5 segments, se terminant avec une grande griffe apicale.

Le 3^{ème} Thoracopode : il peut être semblable au 2^{ème} thoracopode, ou transformé en patte nettoyeuse avec ou sans pince (Fig. 19B).

L'Uropode (Furca) : le ramus uropodal est sous forme d'une tige fine non segmenté, qui arbore 2 grandes griffes, et une ou deux soies, il peut être également flagélique ou complètement absent selon la famille (Fig. 19C).

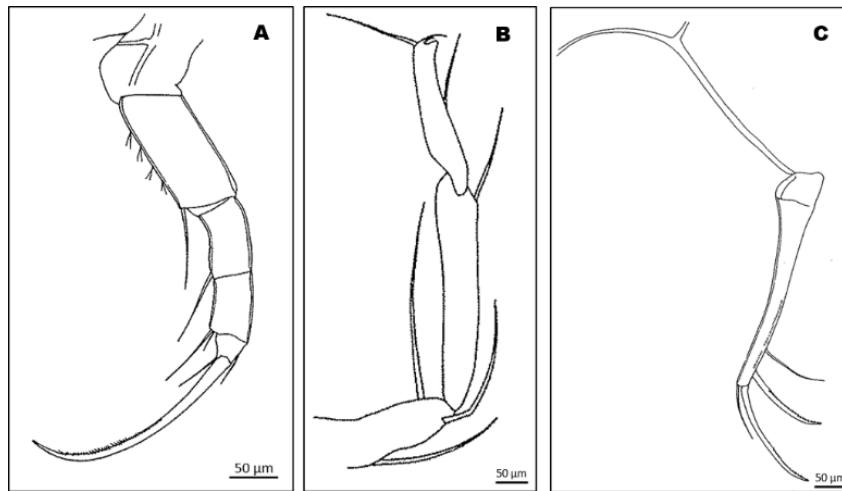


Figure 19. A : Patte marcheuse, B : Patte nettoyeuse, C : Uropode. Tous les appendices sont de *Heterocypris incongruens* (Source : Meisch, 2000).

Ci-dessous le tableau 1 décrit les différentes formes des appendices des 3 familles d'ostracodes Podocopides. Les 4 premiers appendices sont communs aux 3 familles, et les différences commencent à partir du 5^{ème} membre.

Tableau 1. Tableau décrivant les différents appendices des 3 familles d'ostracodes (Meisch 2000).

Membres	Podocopida		
1^{er} membre	Antennule A1		
2^{ème} membre	Antenne A2		
3^{ème} membre	Mandibule		
4^{ème} membre	Maxillule		
	darwinuloidea	cypridoidea	cytheroidea
5^{ème} membre	1 ^{er} thoracopode : maxille	1 ^{er} thoracopode : maxille	1 ^{er} thoracopode : 1 ^{ère} patte marcheuse
6^{ème} membre	2 ^{ème} thoracopode : 1 ^{ère} patte marcheuse	2 ^{ème} thoracopode : patte marcheuse	2 ^{ème} thoracopode : 2 ^{ème} patte marcheuse
7^{ème} membre	3 ^{ème} thoracopode : 2 ^{ème} patte marcheuse	2 ^{ème} thoracopode : patte nettoyeuse	2 ^{ème} thoracopode : 3 ^{ème} patte marcheuse
8^{ème} membre	Uropode		

1.2.2. La carapace

Formée de deux valves d'une faible teneur en magnésium et jusqu'à 15 % de chitine (Kesling, 1951 ; Sohn, 1958), la carapace est constituée d'une lamelle interne à cuticule non calcifiée et d'une lamelle externe à cuticule calcifiée, un espace inter-lamellaire sépare ces deux lamelles (Fig. 20). Les deux valves s'articulent entre elles par une charnière au niveau du dos, grâce à un ligament cuticulaire non calcifié. La fermeture des valves est assurée par des muscles adducteurs, ces derniers laissent une trace très utile à l'identification.

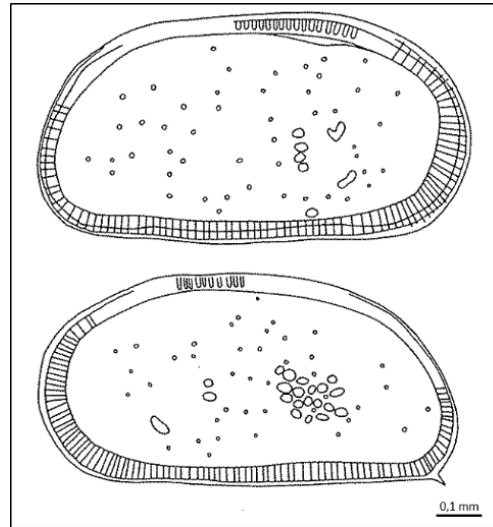


Figure 20. Carapace de *Cyprideis torosa*, Haut : Valve gauche, Bas : Valve droite
(Source : Meisch, 2000).

Quand la carapace est fermée, elle abrite le corps entier de l'ostracode et le protège contre la prédation et la dessiccation temporaire du milieu, mais en position ouverte, la carapace laisse passer des appendices (Antennes, pattes marcheuses et uropodes). La surface des valves peut être lisse ou ornementée. Cette ornementation est un caractère systématique important, surtout pour les ostracodes fossiles. Le dimorphisme sexuel peut être visible sur la carapace chez de nombreuses espèces, les males développent un important organe copulateur et les femelles de certaines espèces peuvent avoir une cavité incubatrice au niveau postérieur de la carapace.

1.2.3. Le système digestif et le système nerveux

Le tractus digestif des ostracodes est bien développé (Fig. 21), il commence par la cavité buccale qui est munie d'une mandibule et d'une maxillule. Elle est reliée à l'estomac par l'œsophage. L'intestin antérieur est tapissé de cellules sécrétrices et de glandes digestives.

Des mouvements péristaltiques acheminent la nourriture à travers l'intestin postérieur jusqu'à l'anus.

Le système nerveux est en général condensé et à la disposition primitive, il est constitué d'un cerveau, un ganglion sous-œsophagien, une chaîne nerveuse et du système stomato-gastrique (Hartmann, 1967). Le ganglion sous-œsophagien est lui-même divisé en trois parties ; le protocérébrum dans lequel passent les nerfs optiques, le deutérocébrum dans lequel passent les nerfs de l'antennule, et enfin le tritérocébrum qui reçoit les nerfs de l'antenne. Les nerfs des autres membres se jettent dans la chaîne des gros ganglions Rome (1947).

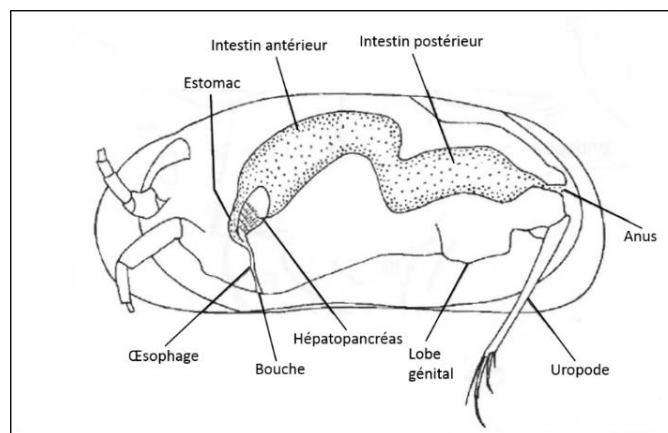


Figure 21. Système digestif (Source : Meisch, 2000).

1.2.4. Le système circulatoire et le système respiratoire

Le cœur est présent chez de très rares genres, chez tous les autres le système circulatoire est rudimentaire, et le sang circule à travers des lacunes. Les échanges gazeux se font à travers la carapace au niveau des pores, ils sont favorisés par les courants d'eau créés par le mouvement des appendices.

1.2.5. L'œil et le système sensoriel

L'œil est situé à la base de l'antenne, l'œil nauplien est le plus répandu chez les ostracodes, formé de deux ou trois cupules pigmentaires. Des ostracodes ont été entraînés en laboratoire à réagir aux stimuli lumineux, en suivant une lumière colorée vers une source de nourriture. Cela montre que ces animaux exploitent les stimuli visuels de façon active pour moduler leur comportement (Romano *et al.*, 2022).

De nombreuses soies sur la surface de la carapace jouent une fonction sensorielle. Il existe également des soies spécialement modifiées, appelés esthétaques, présentes sur l'antenne et l'antennule et servant à appréhender l'environnement de l'ostracode (Danielopol, 1971).

1.2.6. Les organes reproducteurs

1.2.6.1. Organe reproducteur femelle

L'ouverture vaginale se trouve à l'avant de l'ouverture utérine et a généralement des anneaux chitineux. Cette ouverture est reliée au réceptacle séminal par un long canal enroulé. Les deux ovaires (qui peuvent être visibles sur la coquille) (Fig. 22A) sont reliés par les oviductes à l'ouverture utérine située au milieu du lobe génital. Les gonades des darwinulidae et des cythéridae sont entièrement logés dans le corps, tandis que ceux des cyprididae elle se trouve entre les lamelles internes et externes de la valve.

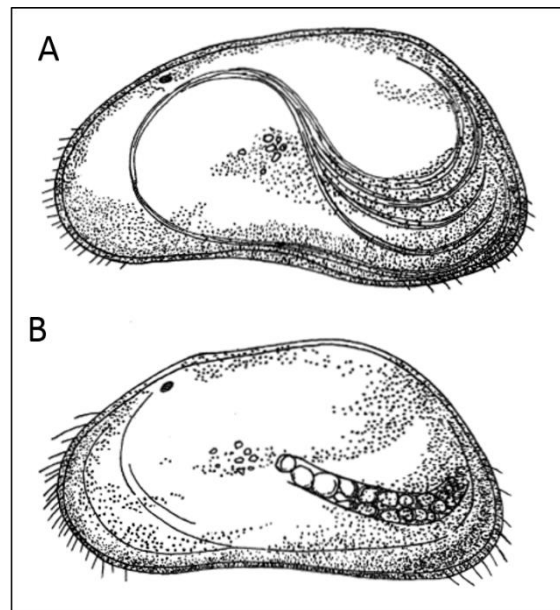


Figure 22. A : Carapace d'un mâle, B : Carapace d'une femelle

(Source : Meisch, 2000).

1.2.6.2. Organe reproducteur mâle

Le système reproducteur mâle est de grande taille, il peut occuper entre 1/4 et 1/3 du volume du corps entier (Kesling, 1965 ; Danielopol, 1990), il se compose de testicules, de l'organe Zenker et d'un hémipénis (Fig. 23A, B), leur structure est généralement extrêmement complexe et hautement diagnostique (Meisch, 2000). Les testicules se composent de quatre longs tubes enroulés de chaque côté du corps situés en partie entre les lamelles de la valve. Leurs empreintes sur la face interne de la valve sont souvent visibles de l'extérieur (Fig. 22B). Ces tubes forment le spermiduct. Les spermatozoïdes extrêmement longs (souvent plus longs que l'animal) s'inversent dans une section aveugle. Le spermiduct forme de nombreuses boucles et s'élargit en une vésicule séminale et forme l'organe Zenker, cet organe composé de muscles et d'épines chitineuses sert de pompe pour évacuer les spermatozoïdes pendant la

copulation (Karanovic, 2012). L'organe Zenker est relié par un tube à l'organe copulatoire mâle externe apparié : l'hémipénis. L'hémipénis fossile le plus ancien connu à ce jour date de 425 millions d'années, et appartient à l'espèce *Colymbosathon eplecticos* (Siveter *et al.*, 2003).

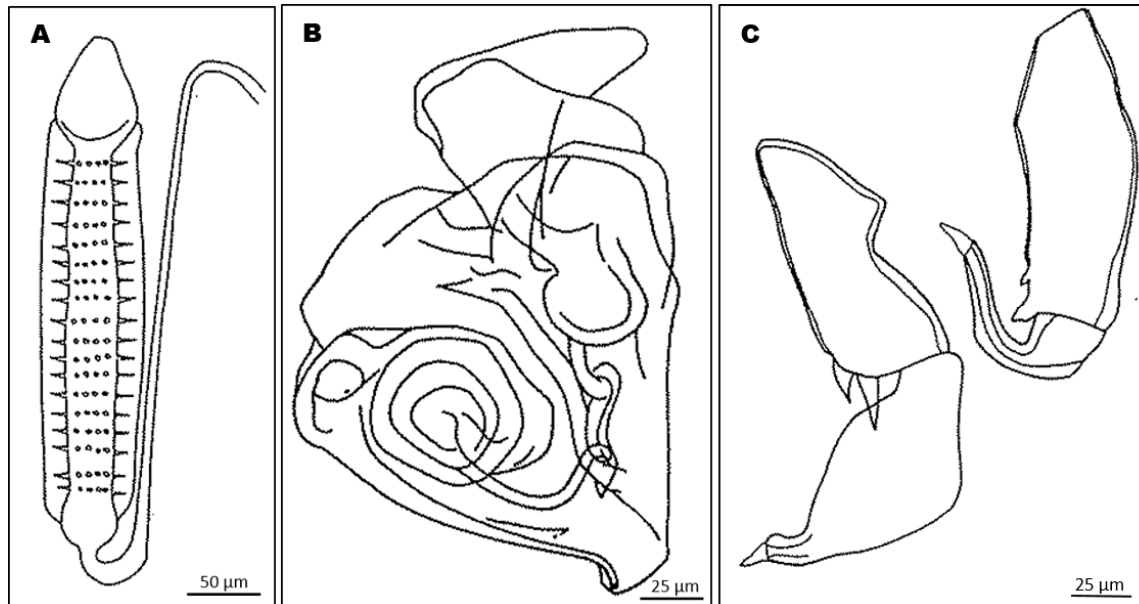


Figure 23. A : Organe Zenker de *Ilyocypris gibba*. B : Hémipénis de *Heterocypris incongruens*, C : Organe enlaceur « Clasping organ» de *Heterocypris incongruens* (Source : Meisch, 2000).

Les spermatozoïdes des ostracodes sont parmi les plus grands connus du règne animal, disposé en spirale à l'intérieur des mâles, ils sont constitués d'un noyau extrêmement étendu, enveloppé sur une grande partie de sa longueur par deux mitochondries géantes, et sont dépourvus de flagelles (Matzke-Karasz, 2005). Chez les Cypridoidea, ils sont d'une longueur atteignant ou dépassant le tiers de la longueur des mâles (Smith *et al.*, 2016). Le plus long spermatozoïde appartient à une espèce australienne *Australocypris Robusta*, atteignant 11,7 mm de longueur, soit 3,6 fois la longueur du mâle (Fig. 24).

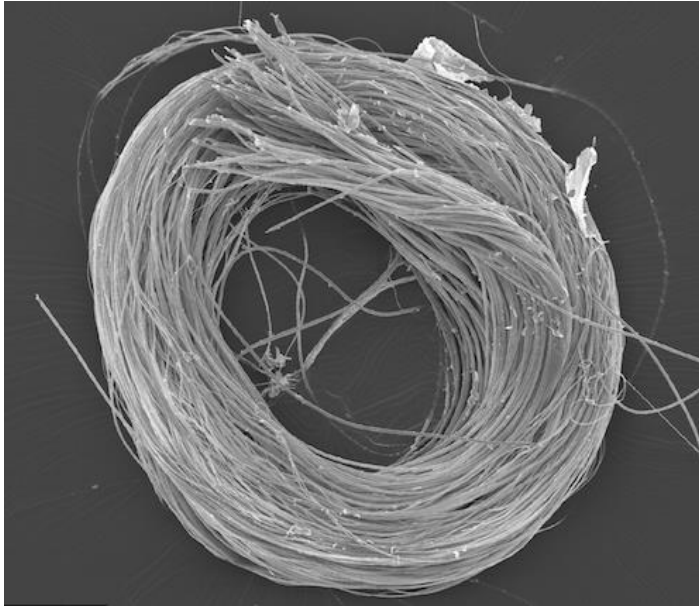


Figure 24. Spermatozoïde de *A. Robusta* (Source : www.biwahaku.jp/smith/index.html).

1.3. Comportement reproductif

Le processus d'accouplement chez les ostracodes peut être divisé en quatre phases (Horne *et al.*, 1998) : la reconnaissance du partenaire, la copulation, l'insémination et la phase post-accouplement. La première phase consiste en une reconnaissance à distance à l'aide de capteurs chimiques et optiques, ou par un contact (les mâles saisissant les femelles avec la deuxième antenne ou avec des palpes préhensiles appelés « clasping organ » ou organe enlaceur (Fig. 23C), incitant les femelles à accepter le mâle. La copulation peut durer de quelques secondes jusqu'à 30 min selon les espèces. Durant l'accouplement, les mâles étendent l'extrémité postérieure de leur corps vers la partie ventro-postérieure, une fois le mâle collé à la femelle, la transmission des spermatozoïdes dans les organes génitaux de la femelle est initiée par contraction de l'organe Zenker. Pendant la phase post-accouplement, les mâles et les femelles restent actifs. Après quelques secondes, l'hémipénis commence à se rétracter à l'intérieur de la carapace. Un mâle peut inséminer plusieurs femelles pendant une période de temps relativement courte (30 min). Chez certaines espèces, après la copulation, les femelles perdent leurs soies natatrices se restreignant ainsi à un mode de vie benthique, de sorte qu'elles ne peuvent plus attirer d'autres mâles (Cohen & Morin, 1990).

1.3.1. Modes de reproduction

Les ostracodes non marins se reproduisent de deux manières différentes (Horne *et al.*, 1998, Martens, 1998). La première est une reproduction entièrement sexuée ; les espèces appartenant à ce groupe se reproduisent exclusivement par l'union entre des mâles et des femelles (Fig. 25), et sont incapables de se reproduire par voie parthénogénétique. Le deuxième mode de reproduction se fait par parthénogénèse. Ce mode de reproduction est très répandu chez les ostracodes, qui appartiennent pour la plupart à la famille des Cyprididae, tel que *Heterocypris salina*. Formant des populations monosexuelles composées uniquement de femelles, ce mode de reproduction augmente considérablement la capacité de dispersion d'une espèce, permettant théoriquement à une seule femelle de fonder une nouvelle population.



Figure 25. *Cypridopsis vidua* en position d'accouplement, male à gauche de l'image, femelle à droite (Image : M.A.A).

1.4. Écologie et mode de vie des ostracodes

Il n'y a aucun type d'écosystème aquataphinique sur Terre, à la fois marin et d'eau douce, d'où les ostracodes n'ont pas été observés (Karanovic, 2012). Ils colonisent tous types de milieux lotiques ou lentiques, permanents ou temporaires. On peut les rencontrer dans les lacs, les mares, les sources et les rivières. Les espèces marines vivent depuis des eaux peu profondes jusqu'aux profondeurs abyssales. Ils sont observés dans les régions arctiques jusque dans l'Antarctique en passant par les régions tempérées et les latitudes tropicales (Meisch, 2000 ; Martens & Horne, 2009 ; Karanovic, 2012).

Dans les lacs et les étangs, les ostracodes occupent toutes les zones du littoral peu profond jusqu'aux grandes profondeurs (Kempf & Scharf, 1981 ; Danielopol *et al.*, 1985, 1988 ; Griffiths & Martin, 1993 ; Yin & Geiger, 1995).

Les milieux temporaires comme les mares représentent un habitat préférentiel pour un certain nombre d'espèces adaptées (Ganning, 1971), les bassins artificiels tels que les fontaines et les barrages accueillent également des populations d'ostracodes diversifiés (Meisch, 1988 ; Fryer, 1993). Ils sont également présent dans les sources thermales ou sulfureuses (Crema *et al.*, 1996 ; Gerecke *et al.*, 1998). Moniez (1893) a identifié *Cypris balnearia* dans les eaux thermales de Hammam Dbegh à Guelma à une température de 51° C.

Si ils sont abondants dans les eaux courantes, telles que les ruisseaux, les canaux d'irrigation et les rivières (Marmonier & Creuze des Châtelliers 1992 ; Griffiths *et al.*, 1996), les ostracodes sont moins abondants dans les courants d'eau violent, comme les ruisseaux de montagne où ils restent limités aux zones les plus calmes (Stauder & Meisch, 1991). Ils sont également moins abondants et moins diversifiés dans les milieux dis stressés tel que les lacs salés ; où seules certaines espèces de Cyprididae tolérantes au sel peuvent s'épanouir (Cohen, 2007).

Certaines espèces ont une large tolérance écologique, due probablement à leur génotype. Ils occupent de ce fait presque tous les types de plans d'eau. D'autres espèces par contre ont une tolérance plus étroite, étant principalement ou totalement limité aux habitats avec des conditions environnementales convenables à leur installation.

La répartition des ostracodes dans leur milieu est contrôlée par de nombreux facteurs physiques, notamment : la température de l'eau, la nature du substrat, le type de sédiment, la végétation, la topographie du fond, la profondeur et transparence de l'eau et les courants de fond (Smith & Delorme, 2010). Les facteurs chimiques influençant également leur répartition sont : la salinité, le pH et l'oxygène dissous (Külköylüoğlu, 2004 ; Martens & Horne, 2009). D'autres facteurs tels que la disponibilité de la nourriture, la concurrence avec d'autres animaux, la capacité de dispersion, le mode de reproduction, et enfin l'adaptation morphologique à l'environnement ont un rôle important dans la zoogéographie des ostracodes (Smith & Horne, 2002).

1.4.1. Développement des ostracodes



Figure 26. Population d'*Eucypris virens* à différents stades de développement
(Image : M.A.A).

Les nauplius des Cypridoïdes et Cytheroïdes qui éclosent de l'œuf ont déjà une carapace complètement développée, et trois paires d'appendices (les antennules, les antennes et les mandibules), les Darwinuloïdes eux, éclosent avec des maxillules, ce qui leur fait quatre appendices à la naissance. Comme les autres crustacés, les ostracodes se développent par mue (exuviation). Les ostracodes Podocopide ont généralement neuf stades vivants libres séparés par huit mues, le neuvième stade étant l'adulte. Les stades de mue sont désignés de A-1 à A-9, A = adulte, dans l'ordre décroissant de taille, A-8 étant le premier stade larvaire. Seul le stade adulte est entièrement formé et sexuellement mature.

Pour muer, les ostracodes accumulent des granules de phosphate de calcium et des précurseurs de chitine dans la partie externe des cellules épidermiques, ce matériau se transforme en petites plaquettes qui deviennent rigides au contact de protéines et forme la nouvelle coquille. A chaque mue la cuticule est éliminée, suivies d'une augmentation rapide de la taille et d'une calcification ultérieure des valves. Les ostracodes adultes ne muent pas (Keyser & Walter, 2004).

La durée de vie des ostracodes est très étroitement liée à la température (Cohen & Morin, 1990), ainsi elle peut varier de quelques mois à des températures élevées ; où les animaux grandissent plus vite, et jusqu'à 4 ans dans des régions subarctiques (ex : *Darwinula stevensoni*) ; où les animaux ont tendance à mieux se développer et devenir plus gros

(Martens 1985). Les espèces qui produisent une seule génération par an, se développent principalement au printemps et en été, avec un développement des œufs en hiver, tandis que les espèces produisant plusieurs générations (4 à 5 générations) le font pendant la partie la plus chaude de l'année (ex : *Heterocypris incongruens*) (Martens & Horne, 2009). Les ostracodes juvéniles ont un comportement semblable aux adultes, et occupent les mêmes habitats (Fig. 26).

1.4.2. Dormance chez les ostracodes

Quatre types de dormance sont reconnus chez les ostracodes (Horne & Martens, 1998).

1. L'adulte ou le juvénile rentre en torpeur en maintenant ses valves hermétiquement fermées, en réponse à des conditions environnementales défavorables, tel que le dessèchement de l'habitat.
2. Le développement retardé des stades juvéniles peut être un processus naturel faisant partie intégrante du cycle de vie.
3. Le développement retardé des œufs (cystes) en tant que partie intégrante du cycle de vie.
4. Des œufs résistants à la congélation et à la dessiccation. Pouvant ainsi survivre aux périodes sèches ou froides sous forme d'œufs au repos qui vont éclore dès que les conditions redeviennent favorables (McLay, 1978, a, b).

1.4.3. Nourriture et prédation

Dans leur environnement naturel, les ostracodes des eaux continentales sont définis comme des généralistes omnivores, se nourrissant de diatomées, d'algues, de débris organiques, de matières végétales mortes ou vivantes ou encore d'œufs de crapauds et de grenouilles (Fryer, 1997 ; Modig *et al.*, 2000 ; Gray *et al.*, 2010 ; Ottonello & Romano, 2011 ; Peterson *et al.*, 2013). Les ostracodes sont également carnivores (Vannier *et al.*, 1998 ; Wilkinson *et al.*, 2007). Ils peuvent également être prédateurs, s'attaquant à des proies vivantes, comme des escargots, des vers, des larves de moustiques et même des grands branchiopodes (Rossi *et al.*, 2011).

Les ostracodes font partie du régime alimentaire de nombreux groupes d'animaux, tels que les poissons, les amphibiens, les oiseaux aquatiques, les tortues d'eau douce, et de nombreux insectes et larves d'insectes (Lopez *et al.*, 2002 ; Blanco *et al.*, 2004 ; Ghioca-Robrecht & Smith, 2008 ; Brochet *et al.*, 2010 ; Alcalde *et al.*, 2010). La présence de poissons réduit la diversité et l'abondance des ostracodes, même si quelques espèces d'ostracodes arrivent à survivre au passage du tube digestif à l'état d'œuf ou d'adulte (Kornicker & Sohn, 1971 ; Vinyard, 1979). Il arrive aussi que des ostracodes fassent preuve de cannibalisme tel que

Heterocypris incongruens qui peut se nourrir de ses congénères (Moguilevsky & Gooday, 1977 ; Campbell, 1995).

1.4.4. Capacités et stratégies de dispersion

Les ostracodes sont relativement peu mobiles et leur dispersion sur de longues distances reste passive. L'un des principaux facteurs pour une dispersion et une colonisation réussie est la production d'œufs résistants à la dessiccation et à la congélation à long terme. Ils peuvent donc être transportés par le vent et survivent à des températures extrêmement basses à haute altitude (Sohn & Kornicker, 1979). Ils résistent également au passage dans le tube digestif des poissons mais également des oiseaux et des amphibiens, ce qui leur permet d'être transportés par endozoochorie (Scharf, 1988 ; Brochet *et al.*, 2010). On retrouve ces œufs chez de nombreuses espèces de la famille des Cyprididae et des Cythéridae, mais ils n'existent pas chez les Darwinulidae (Karanovic, 2012). Ces œufs peuvent rester viables jusqu'à 50 ou même 100 ans (Martens, 1994). Chez les espèces incapables de produire des œufs de résistances, les juvéniles et les adultes peuvent être transportés attachés aux plumes et aux pattes des oiseaux, dans un état torpide (Horne, 1983).

Les espèces couveuses ont un avantage non négligeable en matière de dispersion ; des expériences *in vitro* ont démontrées que contrairement aux adultes, les juvéniles contenus dans la chambre d'incubation survivent à des périodes prolongées de sécheresses (McKenzie & Hussainy, 1968).

Une autre stratégie majeure pour une dispersion réussie est la reproduction parthénogénétique. Une seule femelle fertile suffit pour créer une nouvelle population et élargir l'aire de distribution de l'espèce. Cependant, l'espèce doit avoir une large gamme de tolérance écologique pour pouvoir survivre dans le nouvel environnement (Meisch, 2000). Enfin, les ostracodes peuvent être transportés sur de longues distances à travers les activités humaines comme l'agriculture et l'aquaculture (Seidel, 1989 ; Rossi *et al.*, 2003).

1.5.. Les ostracodes fossiles

Le premier signalement fossile sans équivoque d'ostracodes a été trouvé dans les roches sédimentaires marines d'âge ordovicien, il y a environ 500 millions d'années (Williams *et al.*, 2008 ; Ozawa, 2013). Mais l'enregistrement fossile des ostracodes non marins commence au Carbonifère (Maddocks, 1982), les Cytheroidae ont émergés il y a environ 450 millions d'années, tandis que les Cypridoidea ont émergés au Dévonien (environ 400 millions d'années). Les Darwinuloidae sont également apparus pour la première fois dans le Dévonien, autour de 360 millions d'années (Smith *et al.*, 2015). Les trois lignées descendent de lignées marines, la colonisation des habitats continentaux ne commence qu'au Paléozoïque tardif, et

les Cypridoidea n'élargissent leur rayonnement qu'au milieu du Jurassique (150 millions d'années) (Horne, 2003 ; Martens & Horne, 2009).

Le registre fossile des ostracodes est le registre le plus complet des relevés paléontologiques de tous les groupes d'arthropodes (Rodriguez-Lazaro & Ruiz-Munoz, 2012). Ceci est due à leur carapace calcifiée, qui en plus de renfermer le corps mou, elle encapsule le signal géochimique et isotopique de l'eau au moment de la précipitation biominérale (Rodriguez-Lazaro & Ruiz-Munoz, 2012). Cette carapace a un fort potentiel de conservation dans les sédiments formant occasionnellement des lits de valves (Fig. 27). De nombreuses caractéristiques des valves sont diagnostiques au niveau de l'espèce. Leur compositions isotopiques, ainsi que leur calcification et ornementation fournissent des informations sur l'environnement passé (Yamada, *et al.*, 2016 ; Wrozyzna *et al.*, 2022).



Figure 27. Roche sédimentaire d'ostracodes (Lumachelle)

(Source : www.biwahaku.jp/smith/index.html).

1.5.1. Applications des ostracodes fossiles

Les domaines dans lesquelles les ostracodes peuvent être utilisés comme indicateurs, et entre autres du changement climatique sont : la paléobiologie, la paléoécologie, l'océanographie, la limnologie, l'archéologie, l'anthropologie, l'étude du changement climatique, et l'étude de la pollution et des conditions environnementales (Colin & Lethiers, 1988 ; Whittaker & Hart, 2009). Dans un contexte géologique, les applications des ostracodes comprennent la datation et la corrélation (biostratigraphie) ainsi que les utilisations paléoenvironnementales et paléoclimatiques (de Deckker, 1988 ; Forester, 1991 ; Holmes, 1992 ; Curry, 1999). Mais les ostracodes sont surtout utilisés en tant que proxies pour étudier

l'évolution environnementale des milieux en fournissant des données sur le climat dans lequel ils vivaient (Keen *et al.*, 1997 ; Ruiz *et al.*, 2003 ; Marco-Barba *et al.*, 2013). Tout ostracode vivant auquel un intervalle climatique particulier est attribué peut être utilisée comme indicateur. Lorsqu'un fossile est trouvé, on peut déduire que les conditions dans lesquels il vivait sont situés dans les limites de la gamme du climat de l'ostracode moderne (Griffiths et Holmes, 2000). Ces intervalles sont généralement trop larges pour qu'une seule espèce soit indicatrice par elle-même, d'où l'intérêt de procéder à des croisements entre les données sur les assemblages fossiles et modernes afin de pouvoir reconstituer le climat passé (Lord *et al.*, 2012). Parmi les facteurs les plus importants qui conditionnent la vie des ostracodes actuels, et qui conditionnaient aussi celle des ostracodes fossiles se trouve : la salinité, la température, la dynamique des eaux, l'oxygène dissout, la lumière, la profondeur, le substrat, la végétation et évidemment la nourriture. Les ostracodes sont également un bon modèle pour étudier la biologie de l'évolution (Martens et Horne, 2000), notamment à travers l'étude de leurs sperme (Matzke-Karasz, 2005) et la génomique des principaux groupes (Schön & Martens, 1998 ; Schön & Butlin, 1998). Les assemblages d'ostracodes fossiles peuvent également fournir des informations importantes concernant les processus taphonomiques, ainsi que la reconstruction des activités humaines passées (Palacios-Fest *et al.*, 2002 ; Boomer *et al.*, 2003 ; Frenzel & Boomer, 2005 ; Danielopol *et al.*, 2008).

Dans le domaine marin, les ostracodes pélagiques et benthiques sont les plus diversifiés du groupe. Leur répartition dans tous les bassins océaniques, des talus aux abysses, en fait le marqueur idéal (Jellinek *et al.* 2006). L'évolution de la diversité et les analyses géochimiques des ostracodes peut révéler des cycles de changements climatiques dans les régions marines profondes. Elle peut également révéler des modifications environnementales dans les régions côtières où les fluctuations du niveau de la mer engendrent des déplacements des communautés d'ostracodes benthiques (Dwyer *et al.*, 2000 ; Boomer & Eisenhauer, 2002 ; Frenzel & Boomer, 2005).

Dans le domaine continental ; dans les lacs peu profonds, les étangs temporaires et les zones humides, les ostracodes peuvent fournir des informations sur la façon dont le climat influence les changements hydrologiques régionaux des précipitations, des eaux de ruissellement ou des eaux souterraines (Griffiths & Holmes, 2000 ; Allinne *et al.*, 2006). Dans les régions semi-arides, le bilan des précipitations et de l'évaporation peut être estimé à travers l'apparition d'assemblages d'ostracodes caractéristiques soit des eaux salines soit des eaux douces (Ito, 2002). D'autre part, les lacs profonds et géologiquement stables peuvent enregistrer à long terme des changements paléoclimatiques (Frogley *et al.*, 2002), et les

variations fauniques et isotopiques aident à déchiffrer la variabilité du lac et ainsi évaluer les effets saisonniers basés sur l'estimation de l'hydrologie passée des lacs (Von Grafenstein, 2002).

1.5.2. Ostracodes fossiles d'Algérie

La faune d'ostracodes fossiles d'Algérie a fait l'objet de plusieurs études, qui ont portées sur différentes ères géologiques. Parmi les travaux réalisés nous citerons, les ostracodes du Lutétien supérieur dans le Constantinois (Apostolescu & Magné, 1956), de l'Eocène inférieur en Algérie orientale (Grekoﬀ, 1969), de l'Éocène inférieur de l'Atlas (Mebrouk *et al.*, 2011), de l'Eocène moyen inférieur dans l'Atlas Saharien (Faid, 1999), du Crétacé supérieur dans l'Est Algérien (Glantzoeckel et Magné, 1959), du maastrichtiens et paléocènes à Tébessa (Damotte & Fleury, 1987), du Thanétien de l'Est algérien (Deltel, 1964). Certaines espèces sont aussi signalées dans l'article de Coiffait *et al.*, (1984). les fluctuations de l'ostracofaune au cours du Paléocène dans l'Oranie ont été étudiées par (Bouزيد *et al.*, 1994). Une thèse a été réalisée sur l'ostracofaune du Crétacé supérieur-Eocène basal de la coupe du Djebel Dyr (Braccini, 1992). Il faut aussi prendre en compte les rapports internes de la Sonatrach et de la SNPA qui abordent brièvement les ostracodes fossiles.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sites d'échantillonnage des ostracodes

L'échantillonnage ponctuel s'est effectué lors de 6 expéditions scientifiques, où 180 sites ont été prospectés entre 2017 et 2019, parmi lesquels seules 64 sites abritaient des ostracodes vivants (Tab. 2). La zone étudiée est comprise entre les latitudes 22° et 36° Nord, et les longitudes 0° et 9° Est, elle s'étend sur 18 Wilaya (Biskra, Ouargla, Illizi, Tamanrasset, Djelfa, El Bayadh, Naâma, Tiaret, Sétif, Msila, Tissemsilt, Tébessa, Batna, Ain Defla, Djanet, M'sila, El M'ghair et Touggourt) et couvre 3 régions géographiques : le Sahara Central, le Sahara Septentrional et les Hauts Plateaux (Fig. 28).

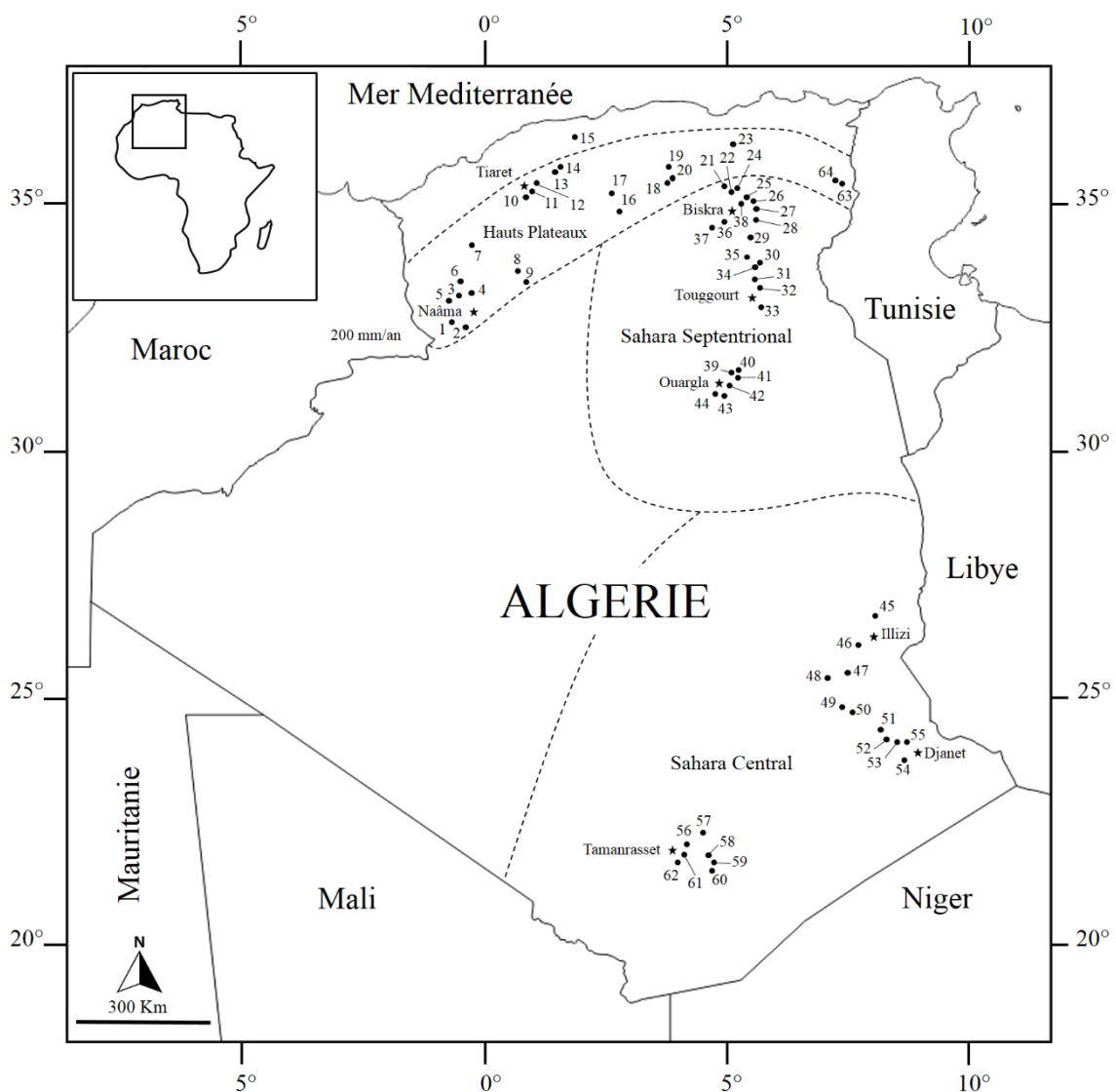


Figure 28. Carte indiquant les sites d'échantillonnage, les régions géographiques et les isohyètes.

Tableau 2. Données géographiques et physico-chimiques des 64 sites d'échantillonnage.
ND–non déterminée, P.e.a–Plan d'eau artificiel.

N°	Nom	Type	Coordonnées	Altitude [m]	Surface [ha]	Temp de l'eau [° C]	Salinité [PSU]	pH
1	Tiout	Oued	32°46'58,2" N 00°25'02,5"O	1034	ND	23,2	0,6	11,3
2	Ain Ouarka	Sebkha	32°44'05,5" N 00°08'56,6"O	1039	2350	23,9	22,5	9,9
3	Ain Malha	Mare	33°19'58,7" N 00°00'52,9" E	1210	ND	25,6	3,3	8,6
4	Ouglat Senden	Mare	33°29'07,9" N 00°03'15,3"O	1153	0,01	18,4	0,7	8,8
5	Nâama	Sebkha	33°16'53,4" N 00°16'59,9"O	1165	9000	22	42,1	10,9
6	Roudassa	P.e.a	33°33'17,8" N 00°12'26,6"O	1095	5	16,5	0,3	8,8
7	Ain Sidi khelifa	Mare	34°10'37,8" N 00°01'53,0" E	997	0,08	17,5	0,5	9,2
8	El Bayadh	Oued	33°41'33,1" N 00°59'02,2" E	1370	ND	23	0,9	10,3
9	Boukhoubza	P.e.a	33°28'14,6" N 01°13'49,6" E	1250	1	22	0,5	11,5
10	Sidi Ouadhah	Oued	35°17'38,3" N 01°15'57,6" E	852	ND	ND	ND	ND
11	Ain djnen	Mare	35°22'36,4" N 01°18'51,9"O	1055	0,01	13,6	0,7	8,7
12	Chaouchaoua	Mare	35°23'20,8" N 01°23'28,6" E	950	0,2	19,5	0,3	8,4
13	Tissemssilt I	Mare	35°37'18,7" N 01°51'09,0" E	847	0,15	27,2	1,4	10,1
14	Tissemssilt II	Mare	35°36'52,3" N 01°49'28,3" E	850	0,08	30,1	2,2	9,9
15	Cheliff	Oued	36°13'58,8" N 02°14'36,2" E	274	ND	ND	ND	ND
16	Tasroune	Mare	34°50'29,7" N 03°06'29,7" E	920	0,02	23,3	26,1	8,4
17	Stall	Mare	35°08'46,3" N 03°01'29,6" E	940	0,01	12,3	0,3	8,1
18	El Hodna I	Chott	35°24'41,1" N 04°19'48,7" E	400	76000	25,6	2,9	9,7
19	El Hodna II	Chott	35°28'14,3" N 04°21'55,6" E	400	76000	24,9	4,6	8,4
20	Baniou	Oued	35°25'24,9" N 04°20'43,6" E	400	ND	21,6	5,6	7,9
21	Manbaa El Ghozlan I	Mare	35°06'31,2" N 05°35'16,8" E	341	0,01	24	7	6,7
22	Manbaa El Ghozlan II	Mare	35°06'29,6" N 05°35'18,1" E	339	0,01	24,5	4,4	7,6
23	Hamiet	Sebkha	35°56'08,1" N 05°37'48,2" E	894	2500	15,8	7,1	9,1
24	Barika	Mare	35°10'33,7" N 05°28'37,7" E	447	9	22	0,4	8,5
25	Foum El Ghorza I	Mare	34°53'14,8" N 05°54'57,8" E	198	14	16	10	8,1
26	Foum El Ghorza II	Mare	34°53'15,4" N 05°54'51,9" E	198	14	14,7	12	8,4
27	Foum El Ghorza III	Mare	34°53'13,9" N 05°54'52,8" E	198	14	15,8	15	8,6
28	El Houch	Oued	34°32'56,8" N 06°01'55,8" E	-9	ND	18	0,8	8,5
29	Sidi Khetta	Bhar	33°33'58,9" N 06°00'08,8" E	65	0,04	20,9	20,3	8,1
30	Khatafet Larayes	Bhar	33°33'08,1" N 06°00'23,4" E	58	0,03	25	22,7	7,9
31	Khenana	Bhar	33°27'00,3" N 05°57'36,6" E	67	0,12	24,7	13,7	8,2
32	Megarine	Bhar	33°12'11,4" N 06°05'49,2" E	59	1	20,6	14,1	8,1
33	Tamacine	Bhar	33°00'59,6" N 06°01'26,6" E	78	4	22,5	8,8	8,2
34	Ayata	Bhar	33°29'32,2" N 05°59'31,8" E	40	7	23,2	7,9	8,2
35	lalla zahra	Bhar	33°33'19,9" N 06°00'13,6" E	32	0,25	21,6	14,3	8,1
36	Boumlih	Oued	34°36'51,5" N 05°23'55,2" E	98	ND	16,5	0,5	8,7
37	Difel	Oued	34°28'00,4" N 05°03'08,7" E	194	ND	17,3	0,9	8,2
38	Sidi Zarzour	Oued	34°51'10,9" N 05°44'20,8" E	95	ND	18,1	0,4	8,6
39	Hassi Ben Abdallah I	Bhar	32°00'55,6" N 05°26'46,8" E	140	4	17,3	16,2	8,5
40	Hassi Ben Abdallah II	Bhar	32°00'56,5" N 05°26'57,9" E	140	3	18,5	7,8	8,2
41	Hassi Ben Abdallah III	Bhar	32°00'46,7" N 05°27'03,4" E	140	8	18,3	4,1	7,5
42	Oum Raneb	Chott	32°00'41,1" N 05°24'30,3" E	130	7000	19,1	9,4	10,7
43	Ain Baida I	Chott	31°57'17,1" N 05°22'23,9" E	130	375	24,3	43,8	8,6
44	Ain Baida II	Chott	31°57'36,8" N 05°22'02,4" E	130	375	25,6	43,5	8,2
45	Takhamalt	Mare	26°56'22,6" N 08°42'16,9" E	511	0,5	18,4	0,4	8,8
46	Tintourha	P.e.a	26°30'38,8" N 08°23'34,8" E	550	30	16,8	0,6	9,8
47	Fadnounge	Mare	25°55'03,5" N 08°15'20,7" E	1224	0,1	18,5	0,1	9,8
48	Ifni	Oued	25°46'21,4" N 07°55'40,2" E	843	ND	15,9	0,4	8,4
49	Tasset	Mare	25°16'24,7" N 08°15'20,3" E	1618	1,5	10,8	0,2	8,0
50	Dider	Guelta	25°10'54,7" N 08°27'59,4" E	1410	0,05	10,6	0,1	8,3
51	Issendilen	Guelta	24°57'22,3" N 08°59'49,7" E	1161	0,5	14,3	0,2	8,2
52	Aglil Ikrar	Guelta	24°47'45,0" N 09°09'50,3" E	1182	0,05	17	0,2	8,0
53	Agzel	Guelta	24°45'20,3" N 09°13'10,7" E	1203	0,05	20,3	0,1	10,5
54	Tintaoussiste	P.e.a	24°26'11,1" N 09°27'37,1" E	995	17	19,8	0,5	9,5
55	Beybey	Guelta	24°46'10,6" N 09°20'42,8" E	1106	1,5	12,8	0,1	9,7
56	Imaleoulaouene	Guelta	22°53'21,2" N 05°37'15,5" E	1451	0,03	12,2	0,2	8,8
57	Afillal	Guelta	23°08'34,9" N 05°43'49,1" E	2012	ND	13,7	0,3	8,8
58	Taghahaouhaouet	Oued	22°40'52,1" N 05°54'59,1" E	1229	ND	22,4	0,1	9,0
59	Izrifauouine	Oued	22°39'45,0" N 05°59'05,9" E	1144	ND	22	0,2	10,5
60	Tinis	Guelta	22°38'30,8" N 05°59'06,2" E	1133	0,01	17,7	0,2	8,8
61	Inezbib	Guelta	22°47'59,8" N 05°37'17,4" E	1429	0,01	14,3	0,3	8,9
62	Tamanrasset	Oued	22°43'18,8" N 05°28'05,7" E	1282	ND	13,2	1,9	8,9
63	Tébessa	P.e.a	35°26'32,7" N 08°40'09,00" E	793	ND	ND	ND	ND
64	Youkous	Oued	35°25'6,3" N 07°57'48,48" E	966	ND	ND	ND	ND

2.2. Echantillonnage et mesure des paramètres physico-chimiques

Les échantillons ont été prélevés avec un filet à plancton manuel à mailles de 200 μm monté sur un manche en bois (Fig. 29A), en raclant le sédiment et en grattant la végétation des berges des plans d’eaux (profondeur max 1,2 m) (Fig. 29B). Les échantillons collectés dans le filet ont été filtrés à travers un tamis en plastique de 5 mm de vide de maille pour éliminer les sédiments grossiers (cailloux, branches et feuilles mortes).

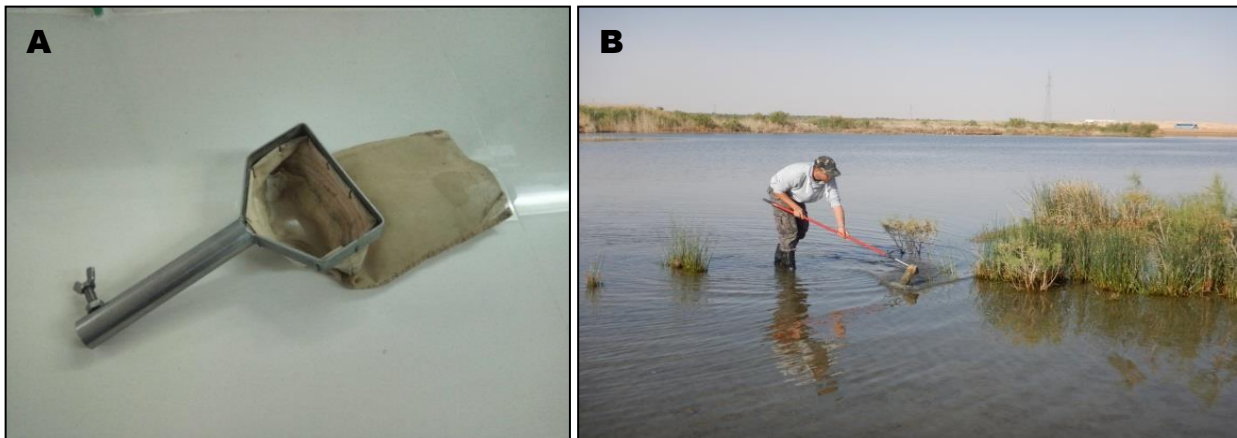


Figure 29. A : Filet à plancton manuel à mailles de 200 μm . B : Technique d’échantillonnage
(Image : MENAIL Younes).

L’échantillon est de nouveau passé dans un filet à mailles de 200 μm pour être stocké dans une fiole. Les individus ainsi récoltés ont été anesthésiés pendant environ 15 minutes dans de l’éthanol faiblement concentré afin de maintenir leur carapaces ouvertes (pour faciliter l’identification ultérieurement), puis ils ont été conservés dans de l’éthanol à 98%. Seule la valeur qualitative a été prise en compte dans cette étude. Les paramètres physico-chimiques (salinité, température et pH) ont été mesurés lors de l’échantillonnage à l’aide d’un multiparamètre Hanna (HI 9829). Les coordonnées géographiques, la surface des sites et leurs altitudes ont été enregistrées avec un GPS Garmin map76 (WGS 84).

Lorsque les plans d'eau sont retrouvés secs lors de la prospection, la couche supérieure du sol, sur laquelle se déposent les œufs de repos des ostracodes, a été prélevée en suivant la méthode de Sars (Fig. 30A), décrites dans Van Damme & Dumont (2010). Environ 300g d'échantillon de terre ont été incubés en ajoutant 3 L d'eau distillée dans un bac de 5 L recouvert par une moustiquaire pour éviter au maximum les intrusions extérieures d'insectes et de feuilles d'arbres (Fig. 30B, C). L'élevage s'est effectué dans une photopériode naturelle, à l'air libre et à une température ambiante de 25°C, sans rajouter d'additif dans l'eau (oxygène, nourriture).



Figure 30. A. Echantillonnage des sites asséchés, B, C. Bacs d'incubations de la terre élevage par la méthode de Sars (Images M.A.A).

2.3. Nettoyage des échantillons

Le flacon d'échantillon collecté sur le terrain est constitué d'une eau turbide, contenant généralement de la terre, des cailloux et toutes sortes de débris de végétaux et de bois. Afin de séparer les ostracodes, l'échantillon est versé dans une ou plusieurs boîtes de Petri remplies d'eau, de façon à diluer la terre et pouvoir distinguer les ostracodes. Les spécimens sont aspirés au moyen d'une pipette (Fig. 31A) ou d'une poire de laboratoire (les gros spécimens sont collectés avec une pince flexible), et stockés dans une fiole ne contenant plus que des ostracodes dans de l'alcool à 90° (Fig. 31B).

D'autres groupes d'animaux ont évidemment été collectés lors de l'échantillonnage, tel que des cladocères, des copépodes, des isopodes, des arachnides et des larves d'insectes, cette faune associées n'ai pas considérée dans ce travail, et a été conservée pour d'éventuels travaux ultérieurs.

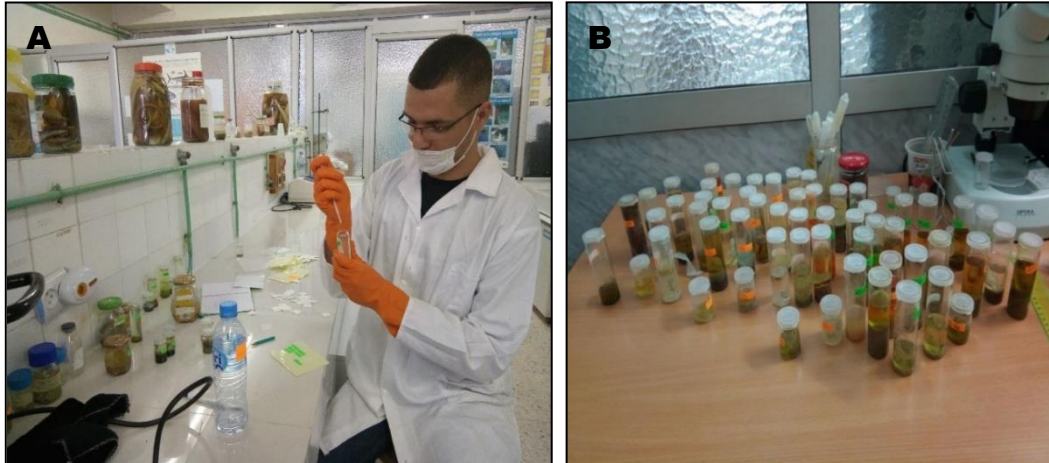


Figure 31. A. Préparation des fioles contenant les ostracodes. B. Stockage des échantillons.

2.4. Tri des échantillons

Les ostracodes ayant le plus souvent des formes, des tailles et des couleurs différentes, il est donc possible de distinguer les espèces les unes des autres en se basant uniquement sur la morphologie externe de la carapace, les ostracodes sont donc triés et placés dans des fioles distinctes pour faciliter l'identification.

2.5. Choix des spécimens à étudier

Dans une même population d'ostracode, on retrouve plusieurs stades de développement, par conséquent, s'il y a suffisamment d'individus à étudier, on choisit les plus grands spécimens, les mieux conservés avec des valves ouvertes (Fig. 33A, B). Si toutefois dans l'échantillon, aucun ostracode prélevé n'a la carapace ouverte, il existe une technique basée sur de l'air sous pression, qui permet l'ouverture de la carapace sans l'endommager (Scharf *et al.*, 2016a).

2.6. Etapes de la dissection

Les procédures de dissection et d'assemblage suivent la méthode de Danielopol (1982). Les ostracodes ont été sélectionnés à l'aide d'une pipette et disséqués dans une goutte de solution d'HydroMatrix sous un stéréomicroscope (Olympus ACH 1X), puis montés sur des lames permanentes. Les valves ont été stockées au sec dans des lames micropaléontologiques. Les individus ont été observés sous microscope Leica DM 750 et identifiées sur la base des caractéristiques morphologiques des parties molles et de la structure de la carapace, selon les clés de Brehm & Margalef (1949), Meisch (2000) et Karanovic (2012). Les outils utilisés pour la dissection des ostracodes sont rassemblés dans la Figure 32.



Figure 32. Outils de dissection : 1. Pipette, 2. Aiguilles de dissections, 3. Pinceaux fins, 4. Lame microscopealéontologique, 5. Lames et lamelles, 6. Lame à concavité, 7. Pince flexible, 8. Fioles en verre, 9. Flacon d'Hydro-Matrix, 10. Récipient en verre, 11. Boite de Pétri de petite taille, 12. Boite de Pétri de grande taille.

Toutes les étapes suivantes sont réalisées sous une loupe binoculaire.

- Le spécimen choisi pour l'identification est prélevé avec une pipette, puis placé sur le dos dans un sillon creusé sur la lame à concavité remplie d'alcool.
- Les aiguilles de dissection sont insérés autant que possible entre les deux valves du coté ventral, en écartant les aiguilles le muscle adducteur rompt et les valves s'ouvrent (Fig.33C, D).

- Le corps moue est dégagé de la carapace avec l'une des aiguilles (Fig.33E, F).
- Une goutte d'hydro-matrix est mise sur une lame dans laquelle le corps moue est déposé à l'aide d'un pinceau fin.
- Les valves sont mises à sécher sur une lame.
- Le corps moue est coupé en deux parties avec les aiguilles, la 1^{ère} partie contient les antennes, antennules et des pièces buccales, la 2^{ème} partie contient la patte marcheuse, la patte nettoyeuse et l'uropode.
- Les appendices de l'ostracode sont coupés à leurs bases, et sont séparés les uns des autres. Une lamelle est délicatement déposée sur la lame, en laissant la goutte d'Hydro-matrix se répandre lentement entre la lame et la lamelle sans appliquer de pression de façon à chasser les bulles d'air. L'hydro-matrix sèche au bout de quelques minutes, et fixe définitivement la préparation (Fig. 34A).
- Les valves sont déposées dans une lame micropaléontologique à l'aide d'un pinceau (Fig. 34B). Les lames sont étiquetées et rangées dans une planche en carton.

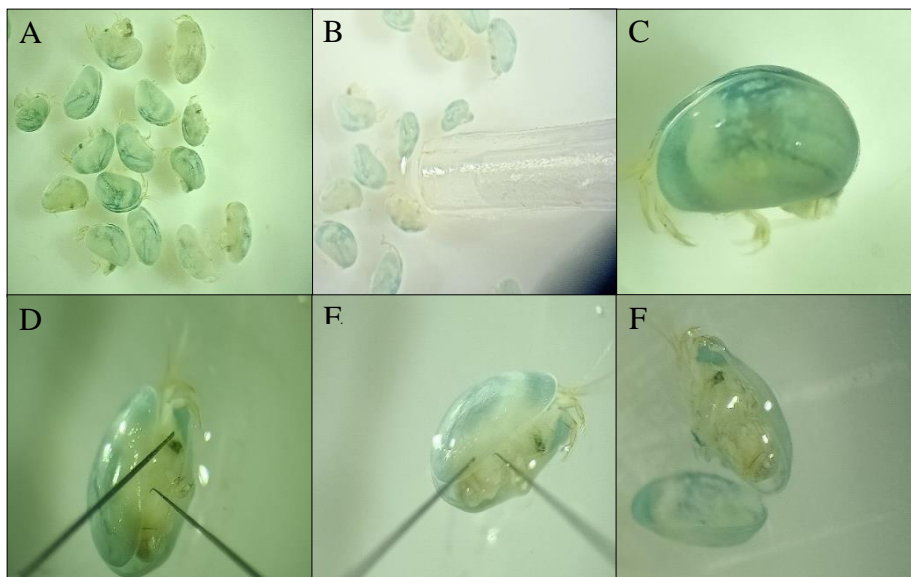


Figure 33. Etapes de la dissection (Images : M.A.A).

2.7. Observation et identification

Après la dissection de l'ostracode, et la séparation des appendices du corps, la préparation est observée sous microscope à différents grossissements (Fig. 34C). Les critères d'identifications indiqués dans les clés d'identification de Meisch (2000) sont comparés à l'individu étudié (Fig. 34D, Fig. 35), orientant l'identification vers la famille, puis l'ordre jusqu'à l'identification au niveau de l'espèce.

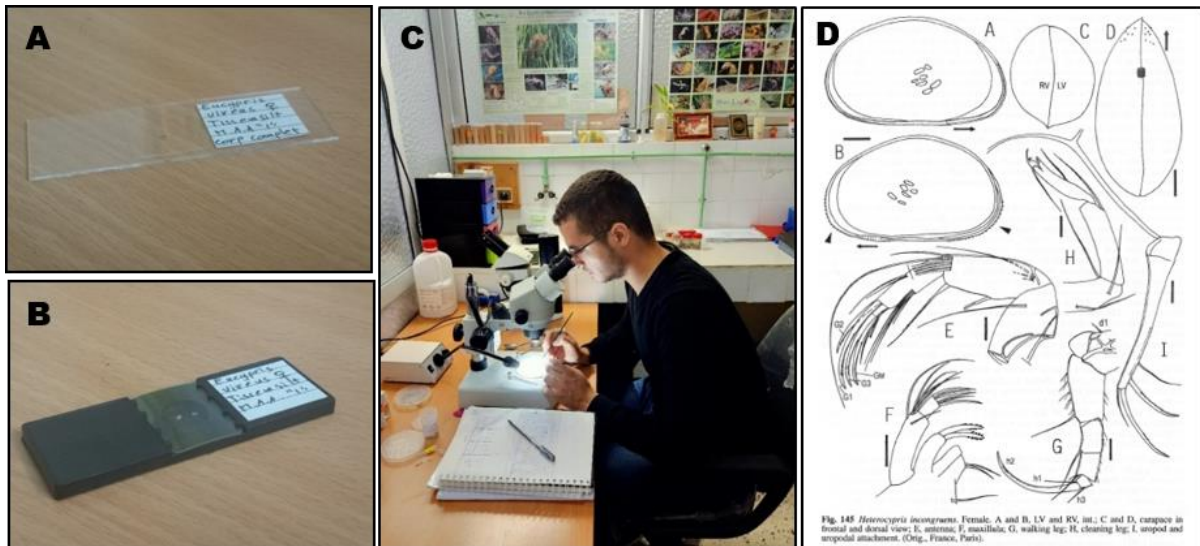


Figure 34. A. Lamelle et lamelle fixée à l'Hydro-Matrix. B. Lame micropaléontologique. C. Observation et identification à la loupe binoculaire. D. Schéma anatomique d'un ostracode dans la clé d'identification de Meisch, 2000.

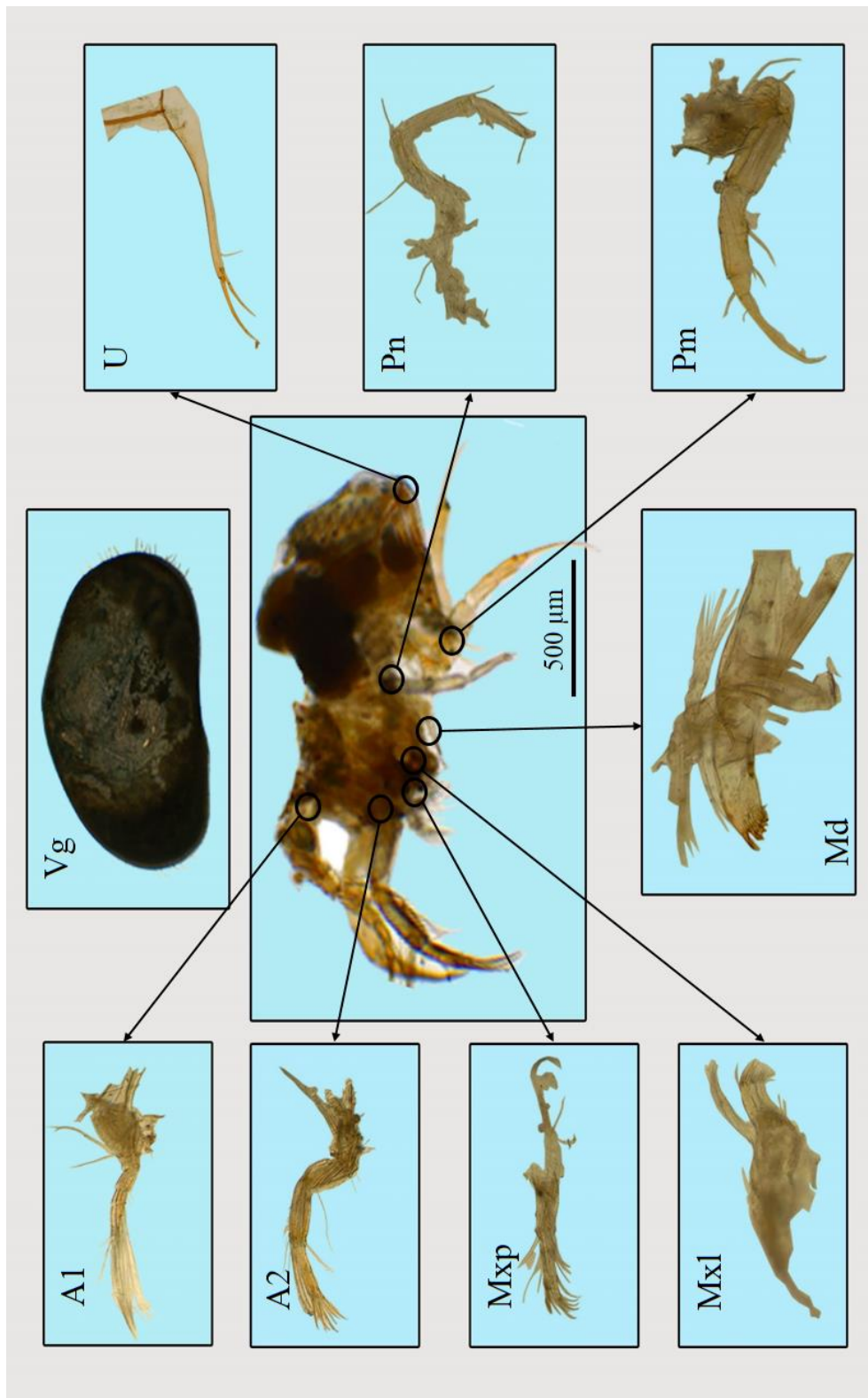


Figure 35. Ostracode disséqué, A1 : Antennule, A2 : Antennes, Mxp : *maxillipède*, Mx1 :
Maxillule, Vg : Valve gauche, Md : Mandibule, U : Uropode, Pn : Patte nettoyeuse, Pm :
Patte marcheuse. Source : M.A.A.

2.8. Préparation des coquilles pour observation sous microscope électronique à balayage

Les valves sélectionnées pour les photos au microscope électronique à balayage (MEB) ont été nettoyées dans une solution de KOH (7%) pendant 24h (Matzke-Karasz, 1995), mesurées (Fig. 36) puis déposées sur des palettes micropaléontologiques adhésives noires. Les photos ont été prises à l'aide d'un microscope électronique à balayage CamScan SEM DV 4, et LEO 1525 à l'institut zoologique de l'université de Hambourg en Allemagne. Les Individus étudiés ainsi que tous les échantillons récoltés ont été conservés dans une collection du laboratoire Bioressources marines, université Badji Mokhtar-Annaba, Algérie, selon les règles internationales de la nomenclature zoologique (Kraus, 2000).



Figure 36. Mesures effectuées sur une coquille d'ostracode.

2.9. Analyse statistique

Afin d'examiner la relation entre la distribution des ostracodes et les paramètres physico-chimiques des sites dans lesquels ils ont été prélevés (pH, salinité et température), une analyse canonique des correspondances (ACC) a été réalisée (Ter Braak & Verdonschot, 1995), en utilisant la version du programme R (4.0.3), avec les packages Vegan et Labdsv. Pour éviter la distorsion des analyses, les espèces signalées dans un seul site ne sont pas pris en compte, et seules 17 espèces ont donc été retenues pour l'analyse (Ter Braak & Barendregt, 1986). La significativité des axes canoniques et des paramètres physico-chimiques a été évaluée par des tests de permutation de Monte Carlo (999 permutations).

3. Résultats

Au total, 25 espèces d'ostracodes, appartenant à 18 genres et quatre familles (Cyprididae, Ilyocyprididae, Darwinulidae et Cytherideidae) ont été identifiées. La famille des Cyprididae représente 76% des espèces trouvées, suivie par les Ilyocyprididae (16%), la famille Darwinulidae et Cytherideidae sont représentées par une seule espèce chacune (Tab. 3, Fig. 37, 38, 39).

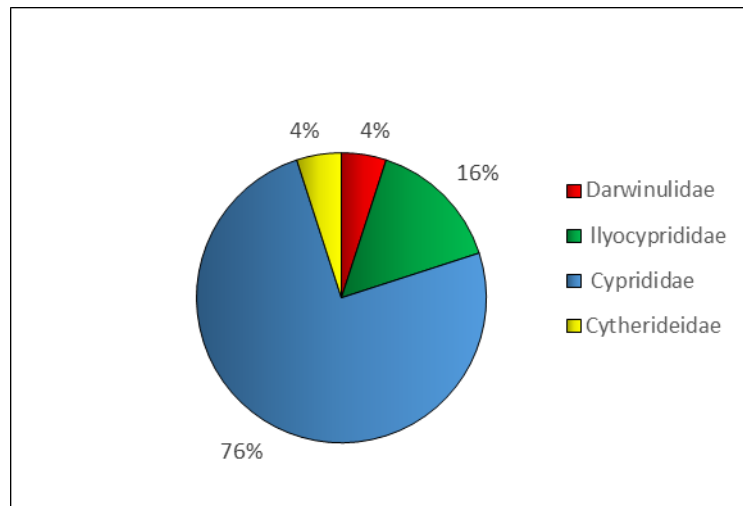


Figure 37. Diagramme en secteurs montrant le pourcentage des familles retrouvées dans cette étude.

3.1. Liste des ostracodes du Sahara et des Hauts Plateaux

Le tableau 3 présente la liste des 25 espèces d'ostracodes identifiées dans cette étude, en indiquant leurs familles et sous-familles, ainsi que la liste des sites dans lesquels elles ont été échantillonnées.

Tableau 3. Liste taxonomique des ostracodes trouvés dans cette étude.

Classification systématique des espèces
Famille Cytherideidae Sars, 1925
Sous-famille Cytherideinae Sars, 1925
Genre <i>Cyprideis</i> Jones, 1857
<i>Cyprideis torosa</i> (Jones, 1850)
Famille Darwinulidae Brady & Norman, 1889
Genre <i>Darwinula</i> Brady & Robertson, 1885
<i>Darwinula stevensoni</i> (Brady & Robertson, 1870)
Famille Ilyocyprididae Kaufmann, 1900
Sous-famille Ilyocypridinae Kaufmann, 1900
Genre <i>Ilyocypris</i> Brady & Norman, 1889
<i>Ilyocypris gibba</i> (Ramdohr, 1808)
<i>Ilyocypris decipiens</i> (Masi, 1905)
<i>Ilyocypris getica</i> (Masi, 1906)
<i>Ilyocypris bradyi</i> (Sars, 1890)
Famille Cyprididae Baird, 1845
Sous-famille Eucypridinae Bronstein, 1947
Genre <i>Candelacypris</i> Baltanás, 2001
<i>Candelacypris aragonica</i> (Brehm & Margalef, 1949)
Sous-famille Oncocypridinae De Deckker, 1979
Genre <i>Oncocypris</i> G.W. Müller, 1898
<i>Oncocypris muelleri</i> (Daday, 1910)
Sous-famille Cyprettinae Hartmann, 1971
Genre <i>Cypretta</i> Vávra, 1895
<i>Cypretta cf. seurati</i> (Gauthier, 1929)
Sous-famille Eucypridinae Bronshtein, 1947
Genre <i>Arctocypris</i> (Petrovski, Scharf & Keyser, 2016)
<i>Arctocypris mareotica</i> (Fischer, 1855)
Genre <i>Eucypris</i> Vávra, 1891
<i>Eucypris virens</i> (Jurine, 1820)
Genre <i>Tonnacypris</i> Diebel & Pietrzeniuk, 1975
<i>Tonnacypris lutaria</i> (Koch, 1838)
Genre <i>Trajancypris</i> Martens, 1989
<i>Trajancypris clavata</i> (Baird, 1838)
<i>Trajancypris laevis</i> (G.W. Müller)
Sous-famille Herpetocypridinae Kaufmann, 1900
Genre <i>Herpetocypris</i> Brady & Norman, 1889
<i>Herpetocypris brevicaudata</i> (Kaufmann, 1900)
Genre <i>Isocypris</i> G.W. Müller, 1908
<i>Isocypris beauchampi</i> (Paris, 1920)
Genre <i>Stenocypris</i> Sars, 1889
<i>Stenocypris major</i> (Baird, 1859)
Sous-famille Cyprinotinae Bronshtein, 1947
Genre <i>Heterocypris</i> Claus, 1892
<i>Heterocypris incongruens</i> (Ramdohr, 1808)
<i>Heterocypris barbara</i> (Gauthier & Brehm, 1928)
<i>Heterocypris salina</i> (Brady, 1868)

Sous-famille Cypridopsinae Kaufmann, 1900
Genre <i>Cypridopsis</i> Brady, 1867
<i>Cypridopsis vidua</i> (O.F. Müller, 1776)
<i>Cypridopsis hartwigi</i> (G.W. Müller, 1900)
Genre <i>Plesiocypridopsis</i> Rome, 1965
<i>Plesiocypridopsis newtoni</i> (Brady & Robertson, 1870)
Genre <i>Sarscypridopsis</i> McKenzie, 1977
<i>Sarscypridopsis aculeata</i> (Costa, 1847)
Genre <i>Potamocypris</i> Brady, 1870
<i>Potamocypris arcuata</i> (Sars, 1903)

Darwinula stevensoni est nouvellement signalée en Algérie, *Oncocypris muelleri* est un nouveau signalement pour l'Afrique du Nord, *Trajancypris laevis* est un premier signalement en Afrique, et *Candelacypris aragonica* est un nouveau signalement pour toute l'Afrique, et le deuxième signalement dans le monde après la péninsule ibérique, la localité type de cette espèce.

Le genre le plus représenté est *Ilyocypris* avec quatre espèces, suivi par le genre *Heterocypris* avec trois espèces. L'espèce la plus observée est *H. incongruens*, avec 24 signalements, suivie par *I. gibba* (19 signalements). L'autre espèce relativement fréquente est *P. arcuata* (11 signalements). *C. torosa* et *E. virens* ont été signalées 9 fois. D'autre part, *C. hartwigi*, *I. beauchampi*, *I. decipiens*, *C. cf. seurati* et *T. laevis* n'ont été observées qu'une seule fois (Fig. 55A).

Plus le nombre d'espèces coéxistantes dans un même site est élevé, plus le nombre de sites est faible (Fig. 55B). La coexistence d'espèces congénères a été observée pour deux genres *Heterocypris* et *Ilyocypris*. *H. incongruens* et *H. barbara* ont été observées dans les sites 17, 19 et 41, et *I. decipiens*, *I. getica* et *I. gibba* ont été trouvés ensemble dans le site 53, ce qui représente le plus grand nombre d'espèces appartenant au même genre enregistrées dans un seul site.

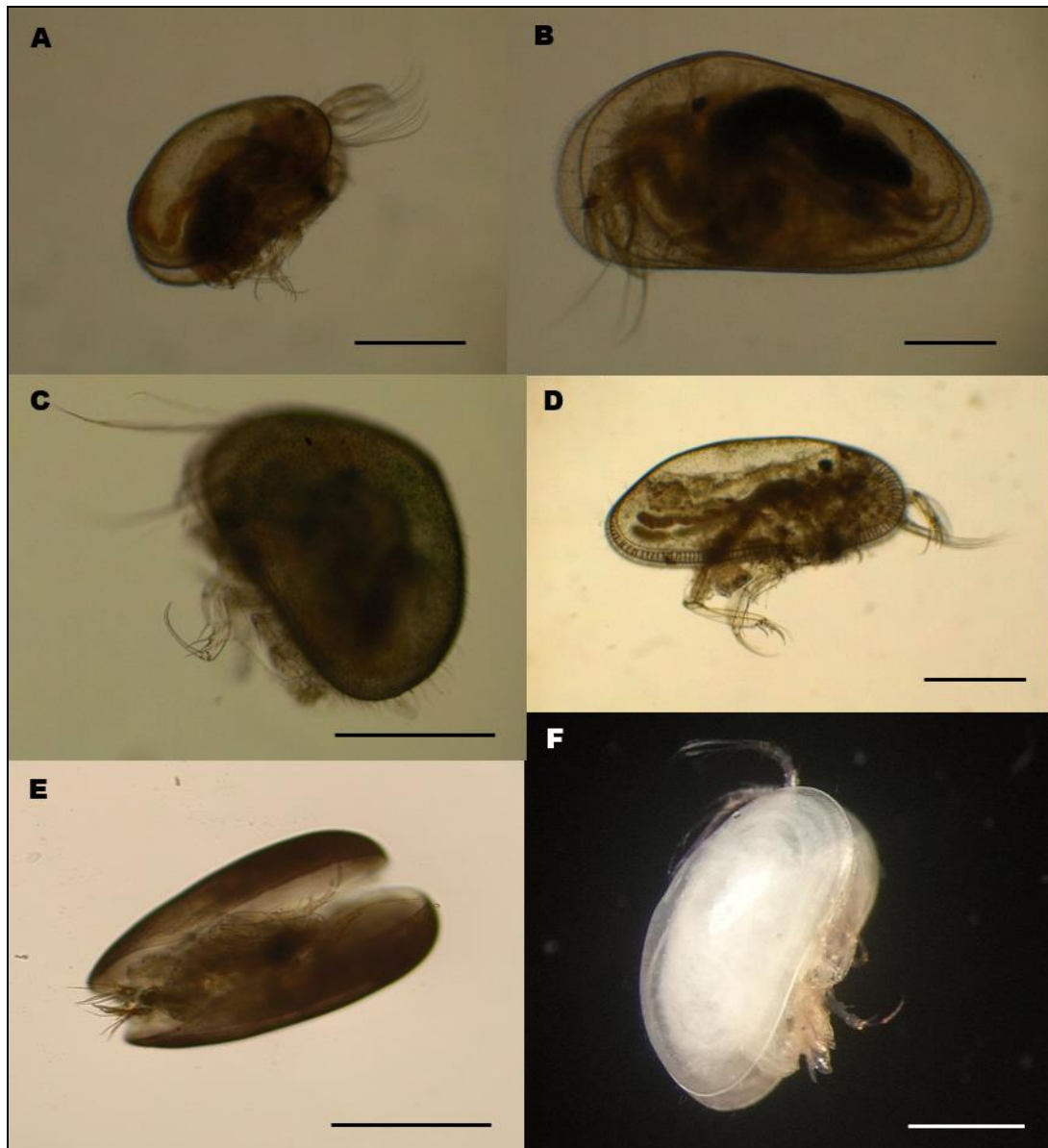


Figure 38. Photos d'ostracodes sous microscope. A. *H. incongruens*, B. *T. clavata*, C. *P. newtoni*, C. *S. major*, E. *D. stevensoni*, F. *C. aragonica*. (Images: M.A.A). Echelles : 0,5 mm.

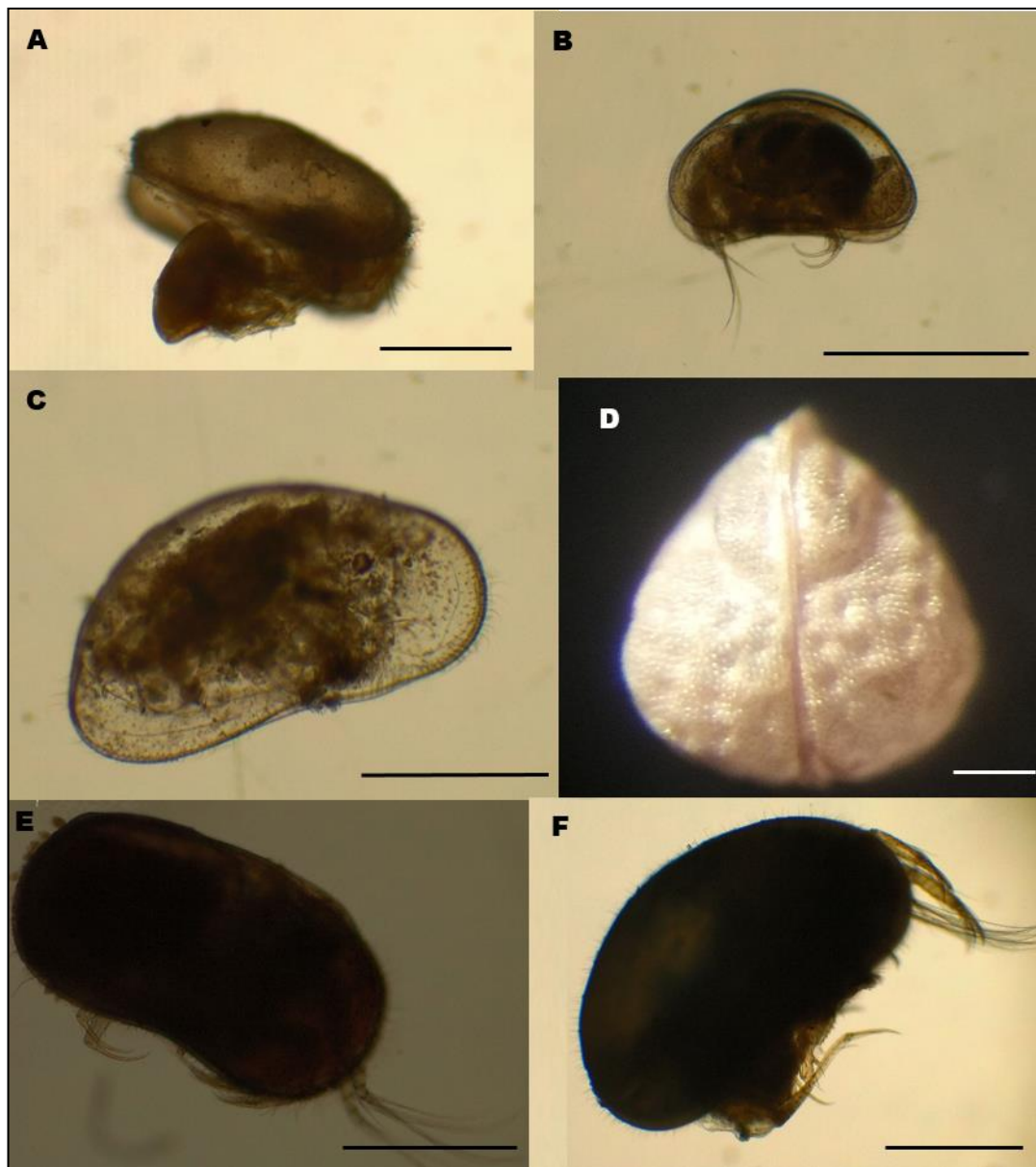


Figure 39. Photos d'ostracodes sous microscope. A. *C. torosa*, B. *P. arcuata*, C. *T. lutaria*, D. *O. muelleri*, E. *I. gibba*, F. *E. virens*. (Images : M.A.A). Echelles : A-C, E, F : 0,5 mm, D : 0,2mm.

3.2. Nouvelles espèces pour la science

Deux espèces nouvelles pour la science appartenant au genre *Psychrodromus* ont été échantillonnées dans une mare sur le cours d'eau en amont de la source de Youkous, à Hammamet, Wilaya de Tébessa (Site 64 dans le tableau 2, Fig. 40), il s'agit de *Psychrodromus* sp 1. et *Psychrodromus* sp 2 (Fig. 41, 42), ces espèces sont en cours de description et ne figurent pas dans la checklist. Etymologiquement, les nominations vont se référer à l'Algérie, pays de la localité type et la source de Youkous, localité type respectivement pour ces deux espèces.



Figure 40. Mare de Youkous, Hammamet, Tébessa. (Image : M.A.A).

Les deux nouvelles espèces appartiennent à la sous-famille des Herpetocypridinae (Kaufmann, 1900), qui se distingue anatomiquement par l'attache uropodale qui porte un triangle distal. La marge postérieure de l'uropode est garnie de plusieurs groupes de petites épines et se termine par une soie postérieure modifiée en une griffe qui se tient près de la griffe terminale postérieure, ce qui est une caractéristique diagnostique du genre *psychrodromus* (Danielopol & McKenzie, 1977). La carapace du genre est de taille moyenne, allongée en forme de rein, sa lisière est généralement peu développée, sauf sur la marge ventrale (Meisch, 2000).



Figure 41. Photo de *Psychrodromus* sp 1. A. Individu complet, B. Triangle distal de l'uropode, C. Soie postérieure modifiée en griffe, D. Petites épines sur la marge postérieure du ramus uropodale. (Images : M.A.A). Echelles : A : 1 mm, B-D : 100 μ m.

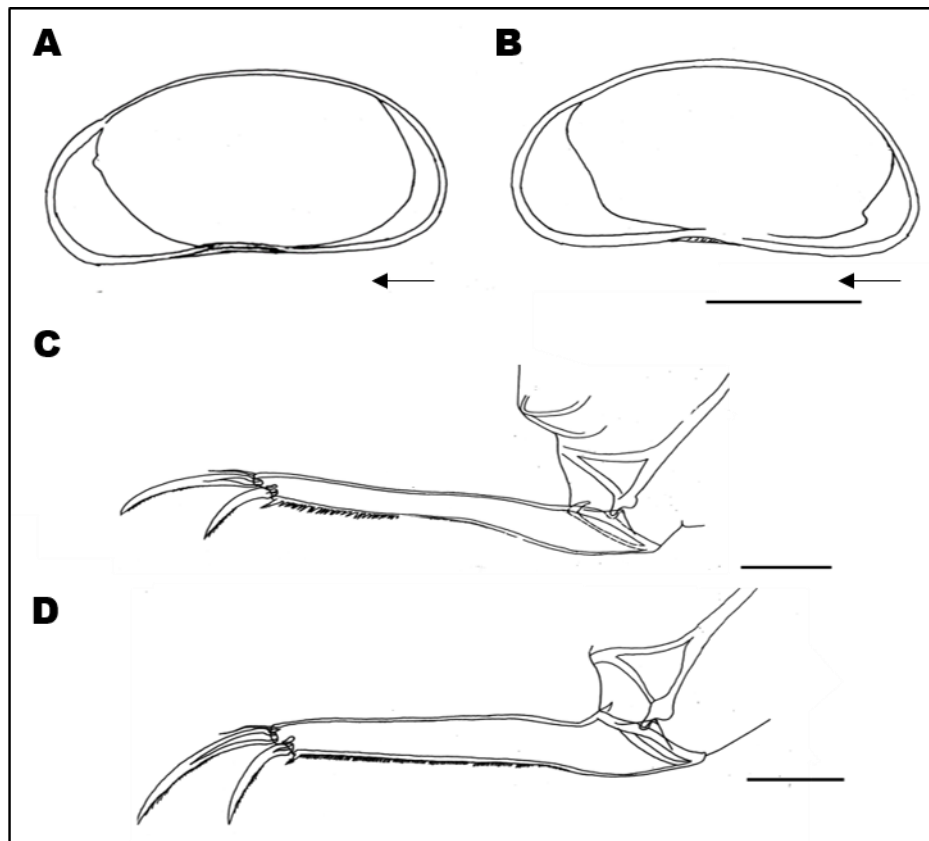


Figure 42. Dessins à la chambre claire. A. Valve droite, vue interne de *Psychrodromus* sp 1, B. Valve droite, vue interne de *Psychrodromus* sp 2. C. Uropode de *Psychrodromus* sp 2, D. Uropode de *Psychrodromus* sp 2. (Dessins : Scharf. B). Echelles : A, B : 0,5 mm, C, D : 100 μm .

3.3. Planches des photos MEB

Les photos MEB de 23 espèces d'ostracodes ont été regroupées par genre dans des planches (Figs 43-53). Les clichés ont été préalablement détourés avec le logiciel Photoshop CS6. Les abréviations utilisées dans les planches sont : VG : valve gauche, VD : valve droite, V. ext : vue extérieure, V. int : vue intérieure.

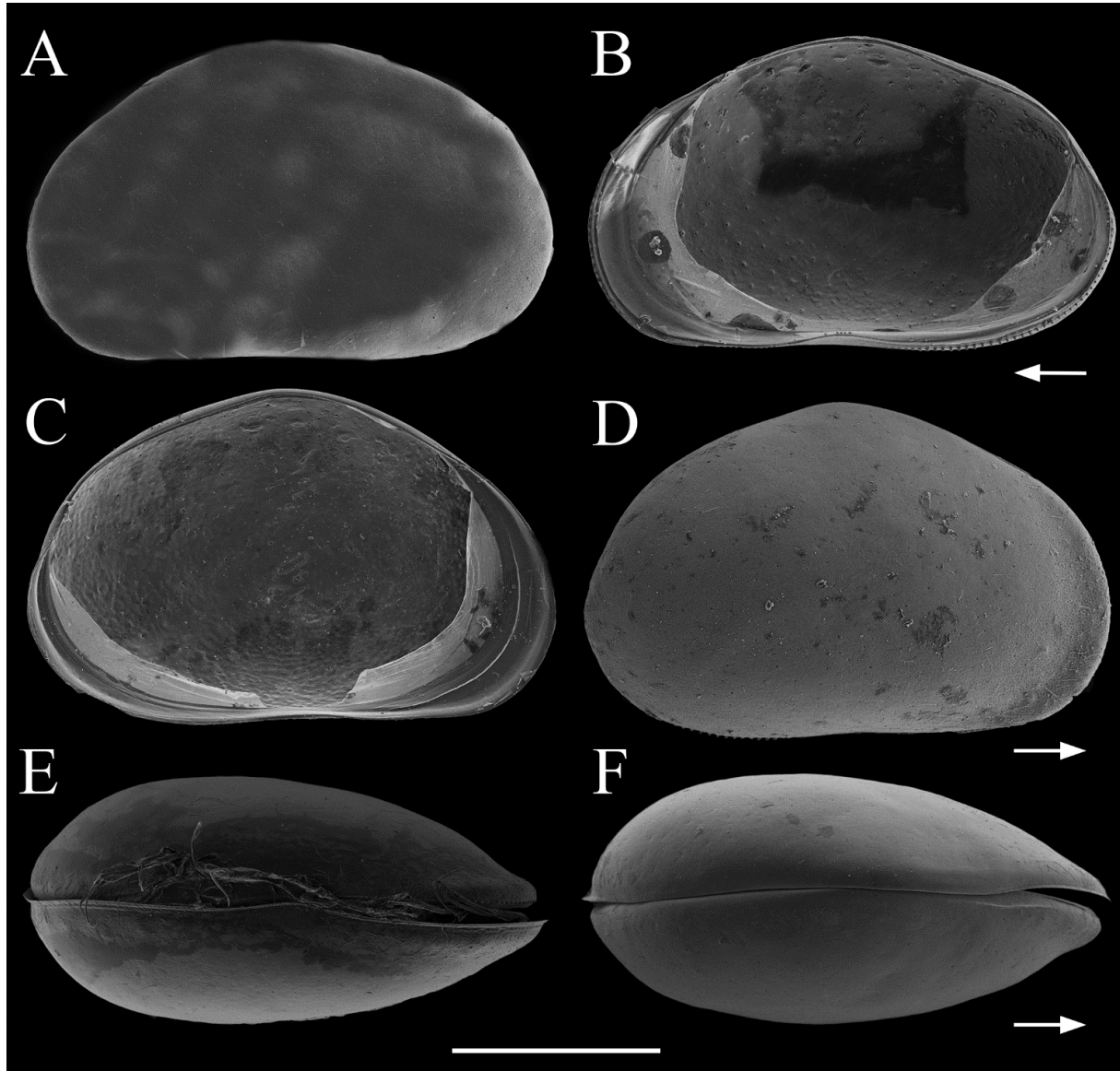


Figure 43. *Heterocypris salina*. Femelles adultes (A-F). **A** : VG, V. ext. **B** : VD, V. int, même individu que dans A. **C** : VG, V. int. **D** : VD, V. ext, même individu que dans C. **E** carapace, vue ventrale. **F** : carapace, vue dorsale. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0,5 mm.

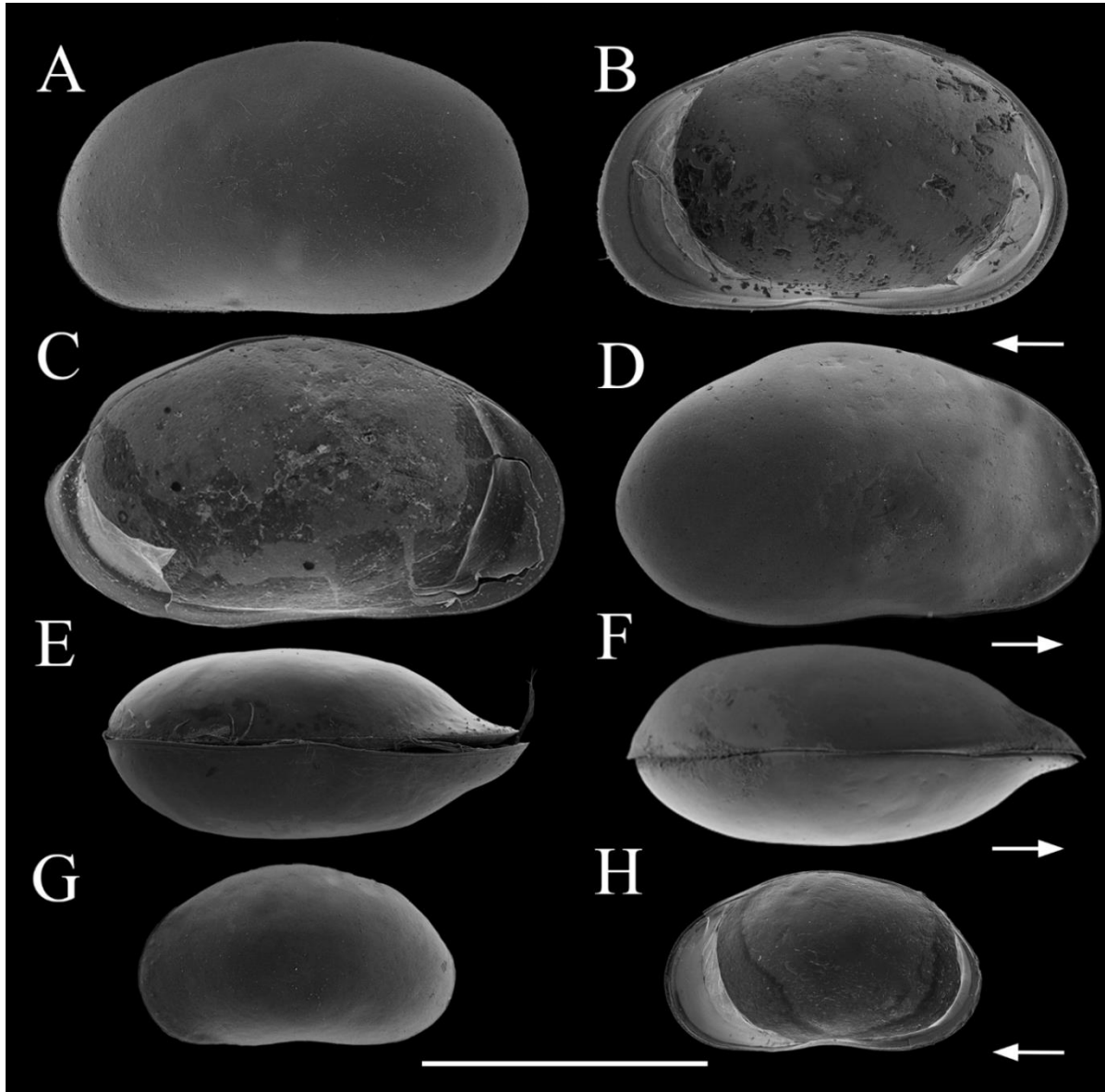


Figure 44. *Heterocypris incongruens*. Femelle adulte (A, B). **A** : VG, V. ext. **B** : VD, V. int, même individu que dans A. *Heterocypris barbara*. Femelles adultes (C-F) et juvéniles (G, H). **C** : VG, V. int. **D** : VD, V. ext, même individu que dans C. **E** : carapace, vue ventrale. **F** : carapace, vue dorsale. **G** : VG, V. ext. **H** : VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.

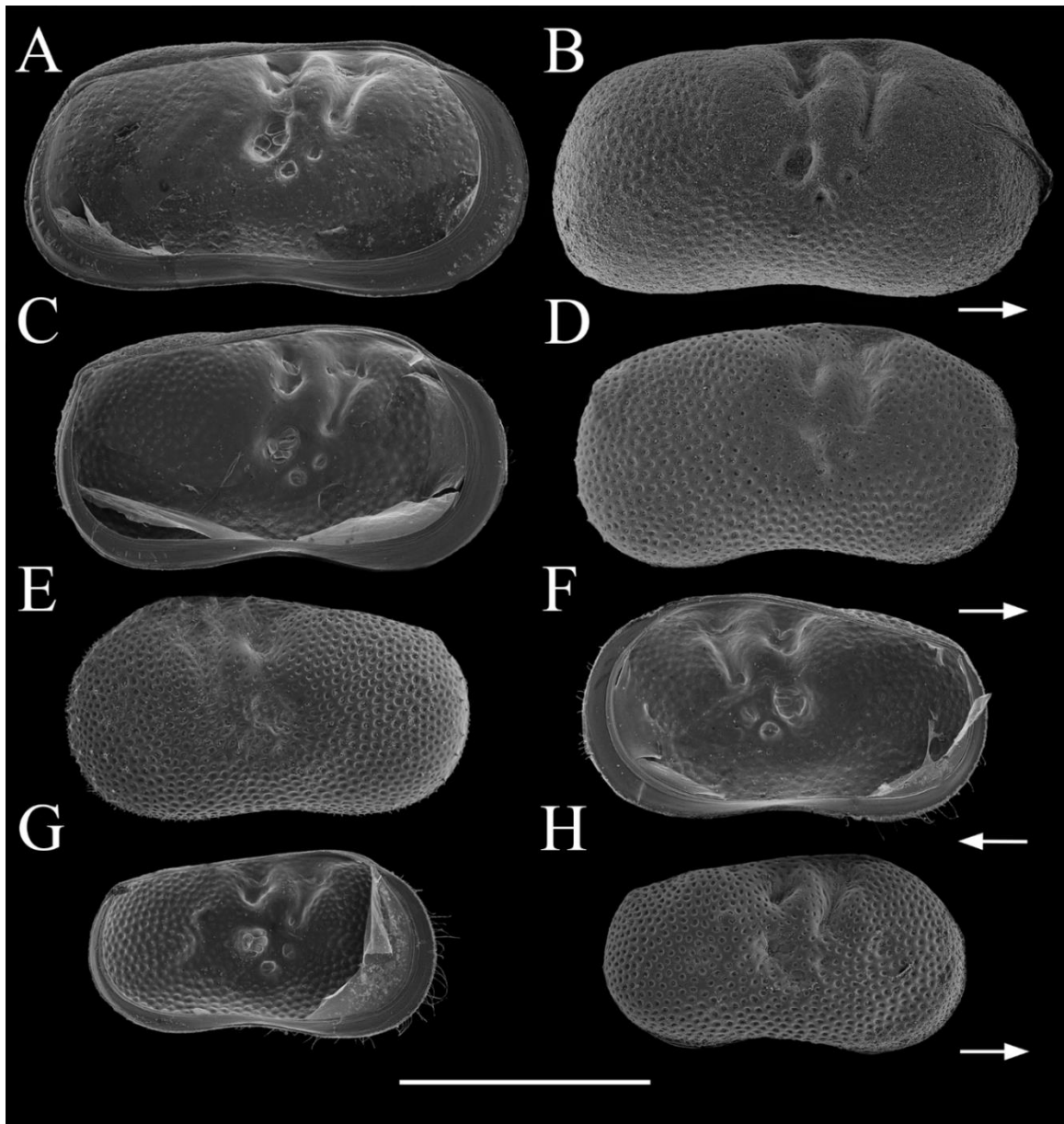


Figure 45. *Ilyocypris getica*. Femelle adulte (A, B) et mâle (C, D). **A** : VG, V. int. **B** : VD, V. ext, même individu que dans A. **C** : VG, V. int. **D** : VD, V. ext, même individu que dans C. *Ilyocypris gibba*. Femelles adultes (E-H). **E** : VG, V. ext. **F** : VD, V. int, même individu que dans E. **G** : VG, V. int. **H** : VD, V. ext, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0,5 mm.

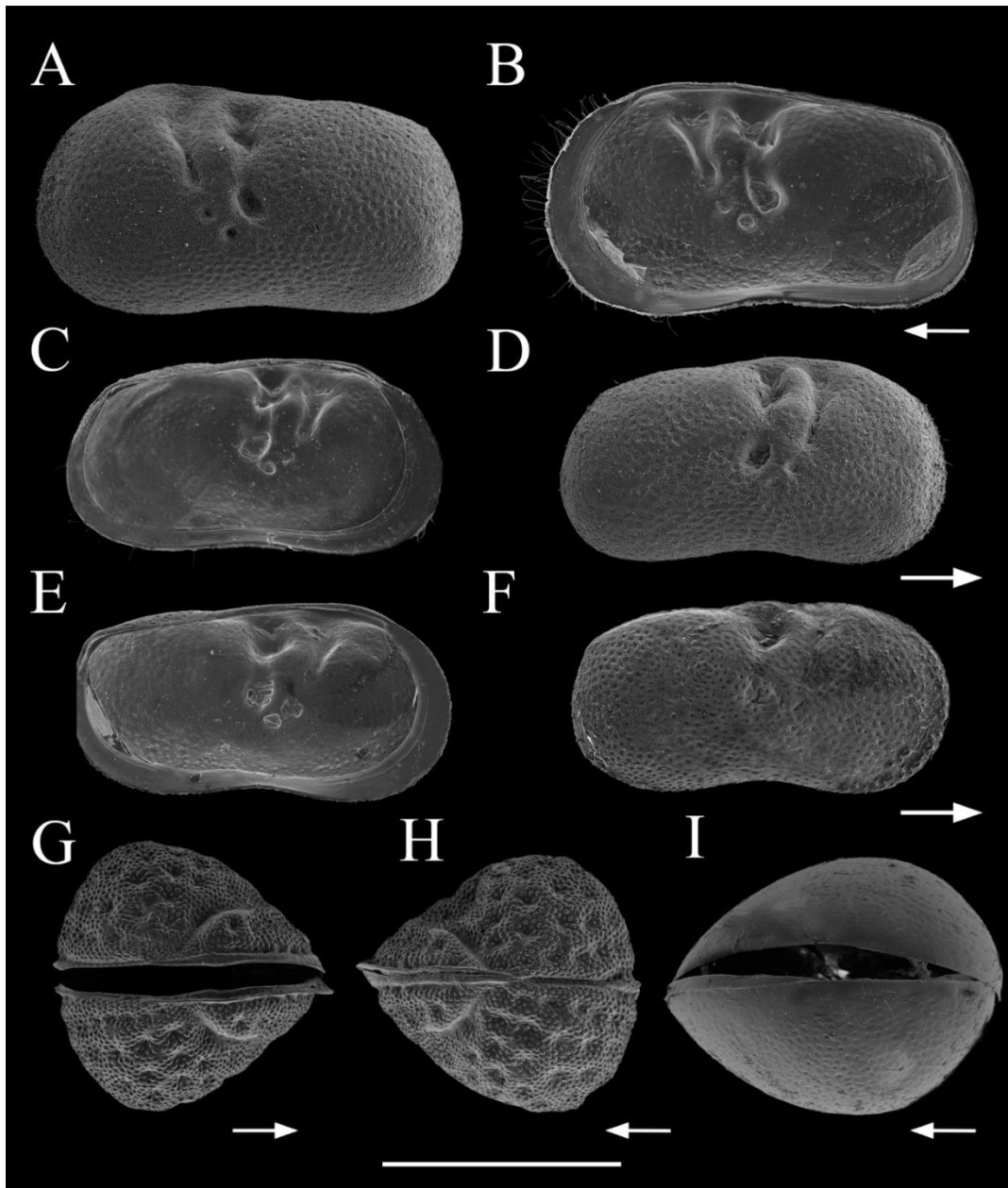


Figure 46. *Ilyocypris decipiens*. Femelle adulte (A, B) et mâle (C, D). **A** : VG, V. ext. **B** : VD, V. int, même individu que dans A. **C** : VG, V. int. **D** : VD, V. ext, même individu que dans C. *Ilyocypris bradyi* Femelle adulte (E, F). **E** : VG, V. int. **F** : VD, V. ext, même individu que dans E. *Oncocypris muelleri*. Adulte (G, H). **G** : carapace, vue dorsale. **H** : carapace, vue dorsale. *Cypretta cf. seurati* adult (I). **I** : carapace, vue ventrale. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0,5 mm.

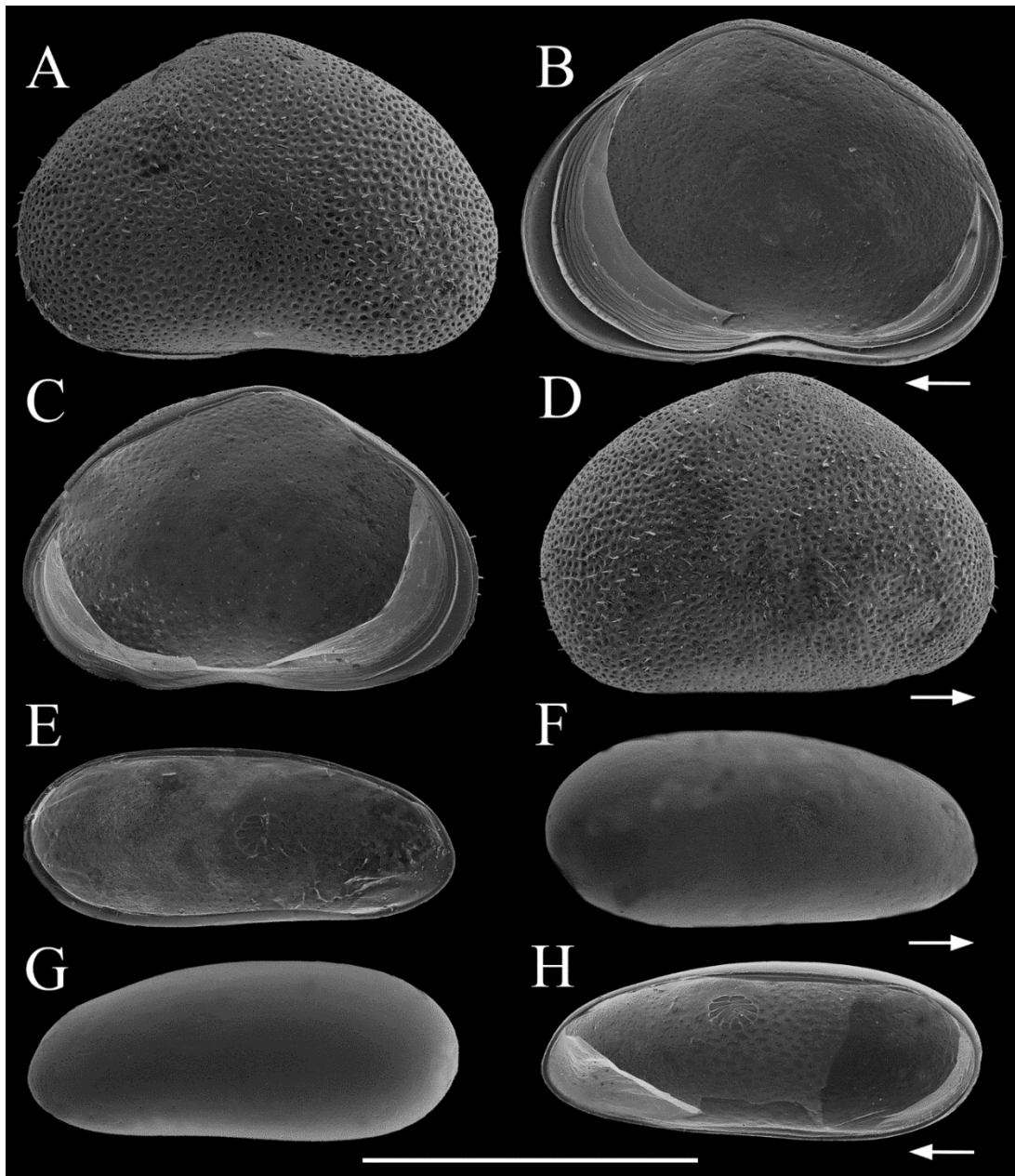


Figure 47. *Sarscypridopsis aculeata*. Femelles adultes (A-D). **A** : VG, V. ext. **B** : VD, V. int, même individu que dans A. **C** : VG, V. int. **D** : VD, V. ext, même individu que dans C. *Darwinula stevensoni*. Femelles adultes (E-H). **E** : VG, V. int. **F** : VD, V. ext, même individu que dans E. **G** : VG, V. ext. **H** : VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0,5 mm.

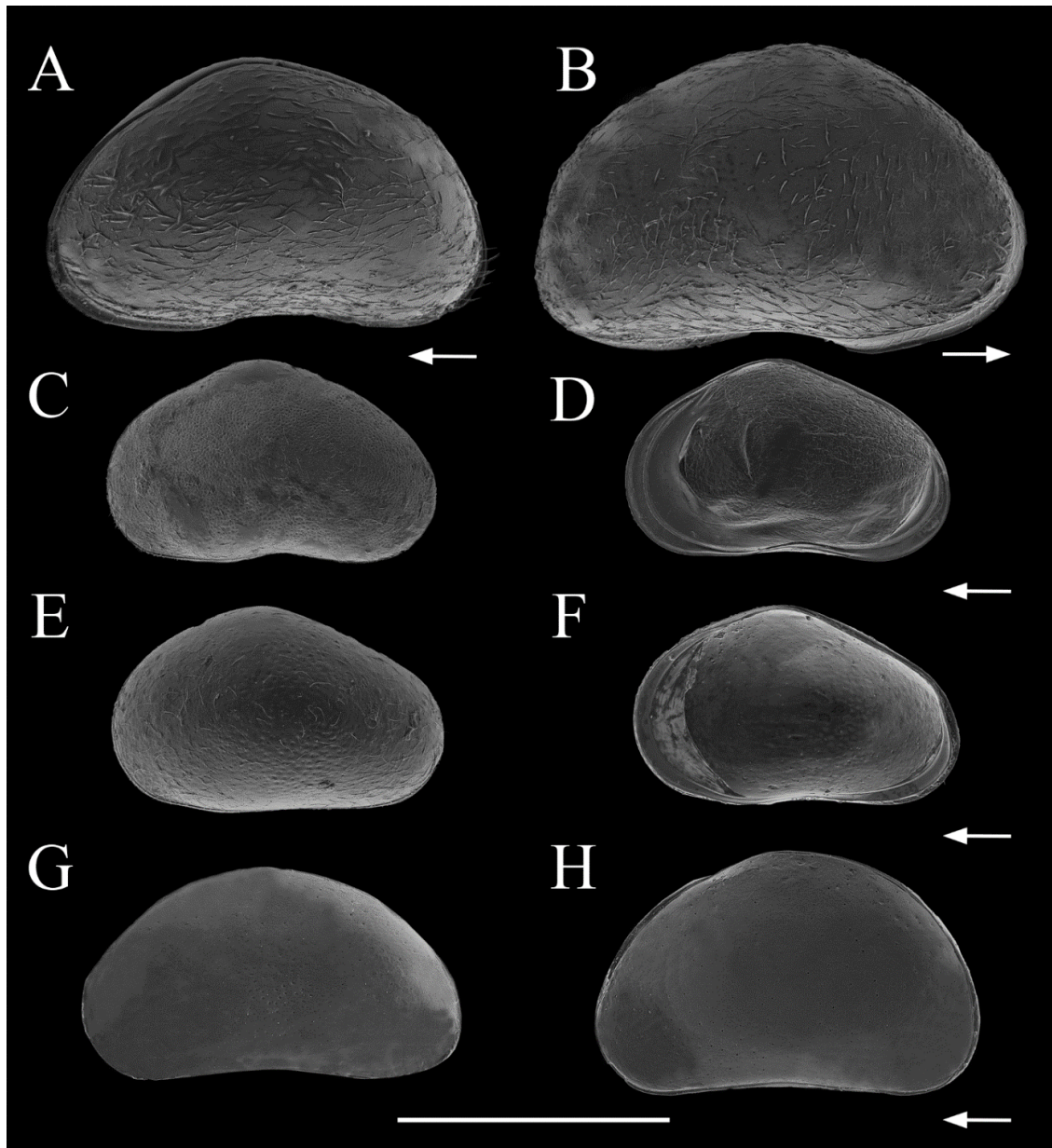


Figure 48. *Plesiocypridopsis newtoni*. Mâle adulte (A) et femelles (B-D) **A** : Vue de la carapace gauche. **B** : Vue de la carapace droite. **C** : VG, V. ext. **D** : VD, V. int, même individu que dans C. *Cypridopsis vidua*. Femelle adulte (E, F). **E** : VG, V. ext. **F** : VD, V. int, même individu que dans E. *Potamocypris arcuata*. Femelle adulte (G, H) **G** : VG, V. ext. **H** : VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0,5 mm.

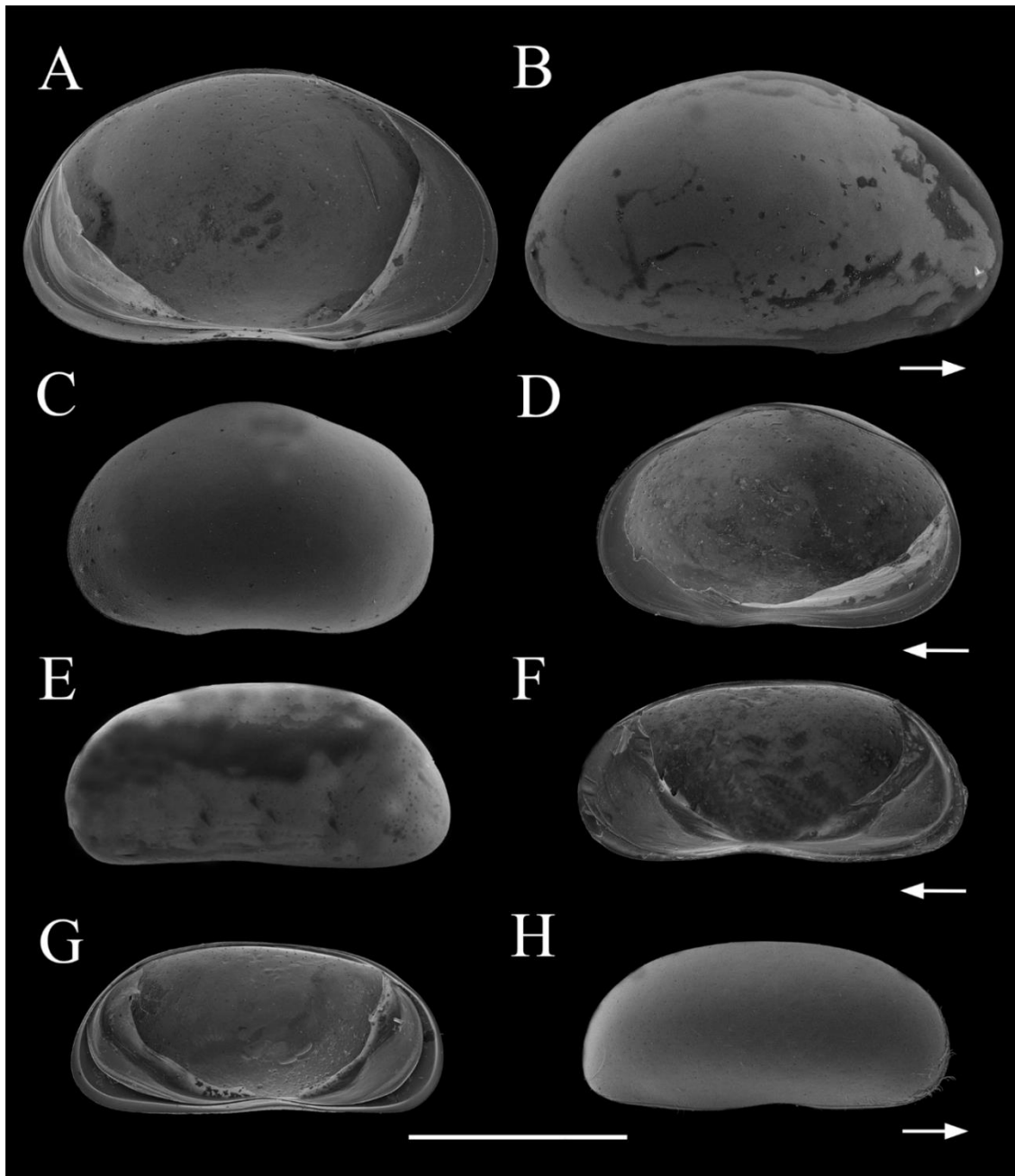


Figure 49. *Eucypris virens*. Femelles adultes (A-D). **A** : VG, V. int. **B** : VD, V. ext. **C** : VG, V. ext. **D** : VD, V. int, même individu que dans C. *Herpetocypris brevicaudata*. Femelles adultes (E-H). **E** : VG, V. ext. **F** : VD, V. int, même individu que dans E. **G** : VG, V. int. **H** : VD, V. ext, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.

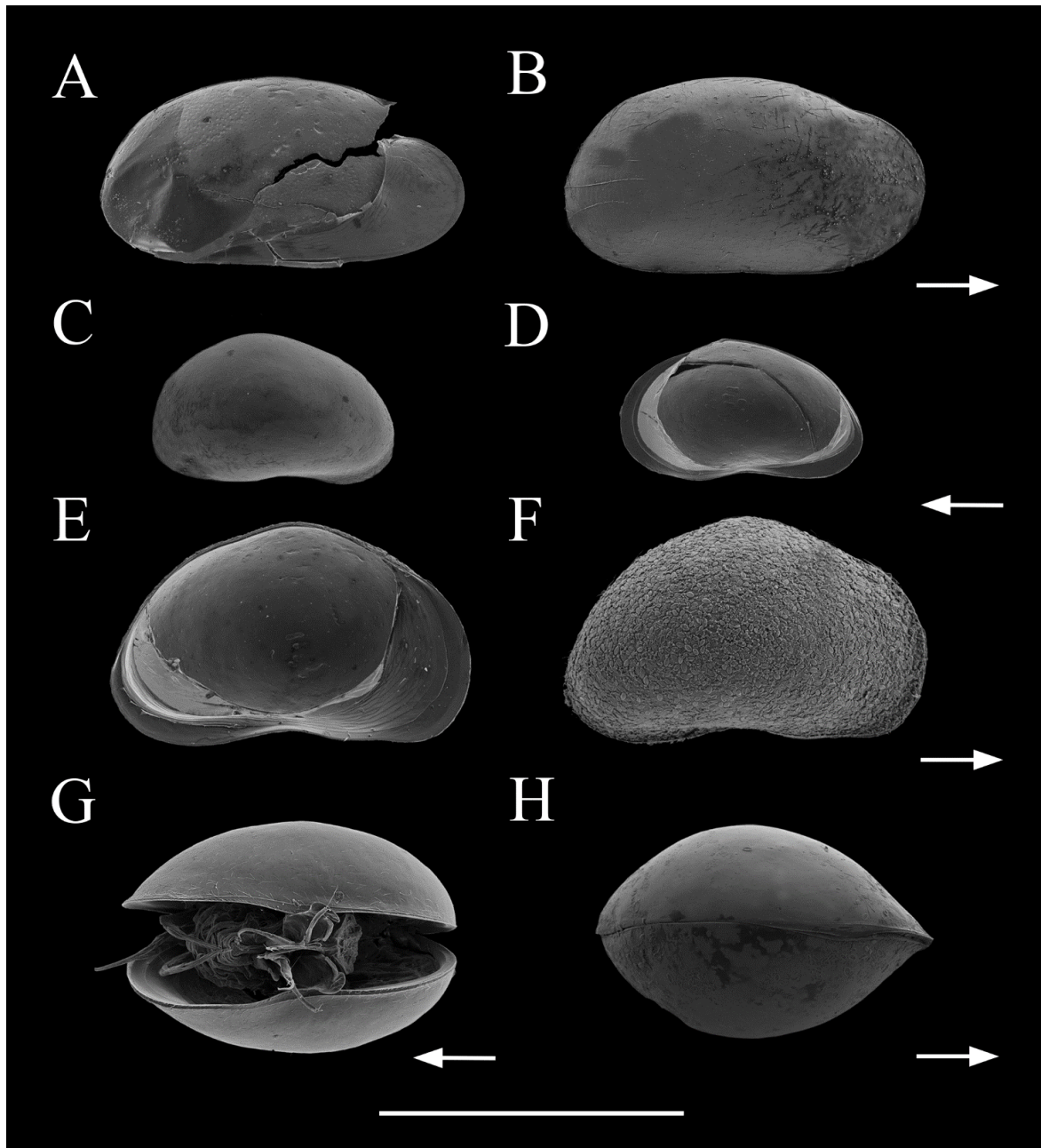


Figure 50. *Isocypris beauchampi*. Femelle adulte (A, B). **A** : VG, V. int. **B** : VD, V. ext, même individu que dans A. *Arctocypris mareotica*. Juvéniles (C, D, H), Femelle adulte (E, F), et mâle adulte (G). **C** : VG, V. ext. **D** : VD, V. int, même individu que dans C. **E** : VG, V. int. **F** : VD, V. ext, même individu que dans E. **G** : carapace, vue ventrale. **H** : carapace, vue dorsale. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.

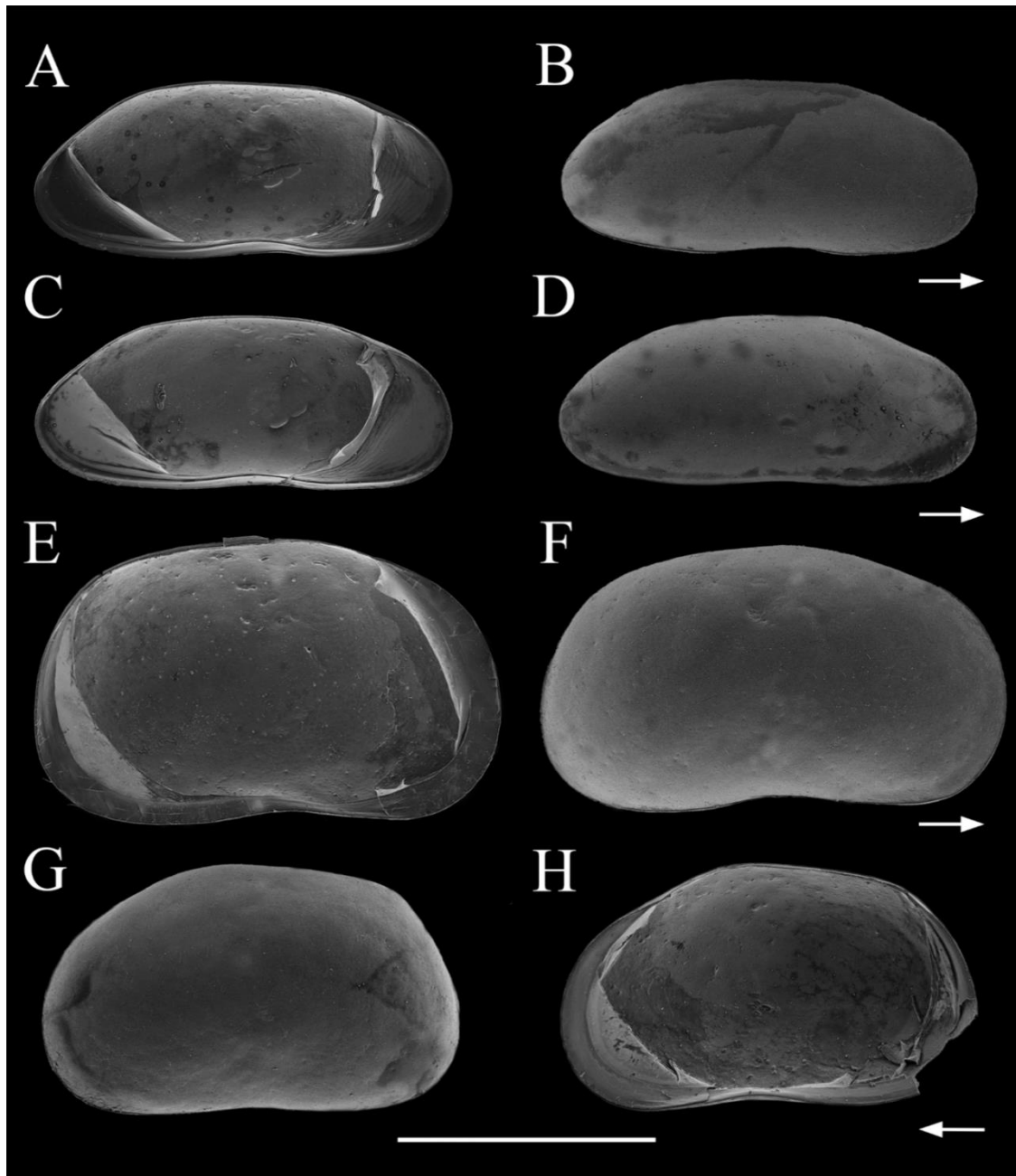


Figure 51. *Stenocypris major*. Femelles adultes (A-D) **A** : VG, V. int. **B** : VD, V. ext, même individu que dans A. **C** : VG, V. int. **D** : VD, V. ext, même individu que dans C. *Candelacypris aragonica*. Mâles adultes (E-H). **E** : VG, V. nt. **F** : VD, V. xt, même individu que dans E. **G** : VG, V. ext. **H** : VD, V. int, même individu que dans G. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.

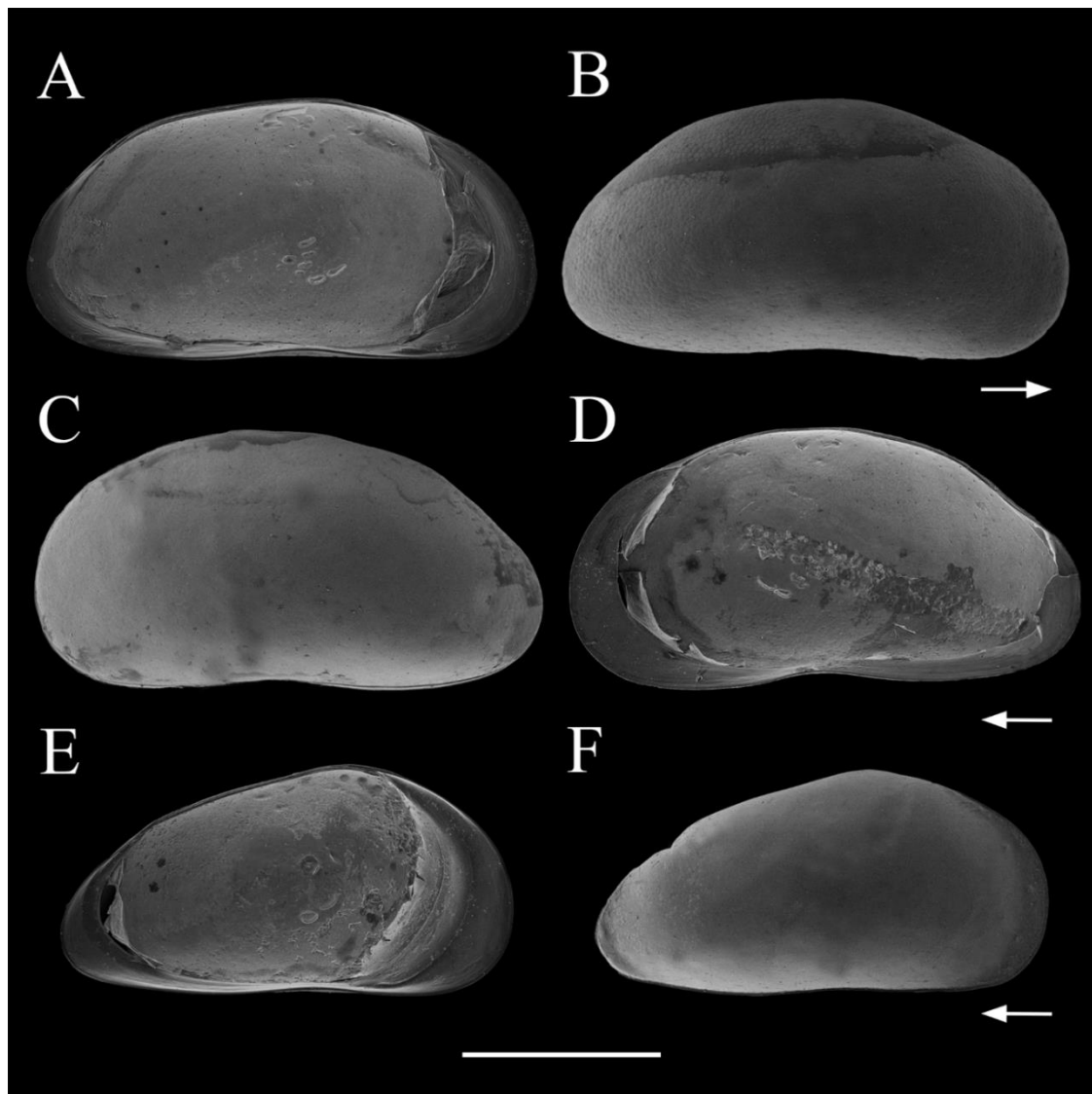


Figure 52. *Tonnacypris lutaria*. Femelle adulte (A, B). **A** : VG, V. int. **B** : VD, V. ext, même individu que dans A. *Trajancypris clavata*. Femelles adultes (C-D), et juvéniles (E, F). **C** : VG, V. ext. **D** : VD, V. int, même individu que dans C. **E** : VG, V. int. **F** : VD, V. ext, même individu que dans E. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 1 mm.

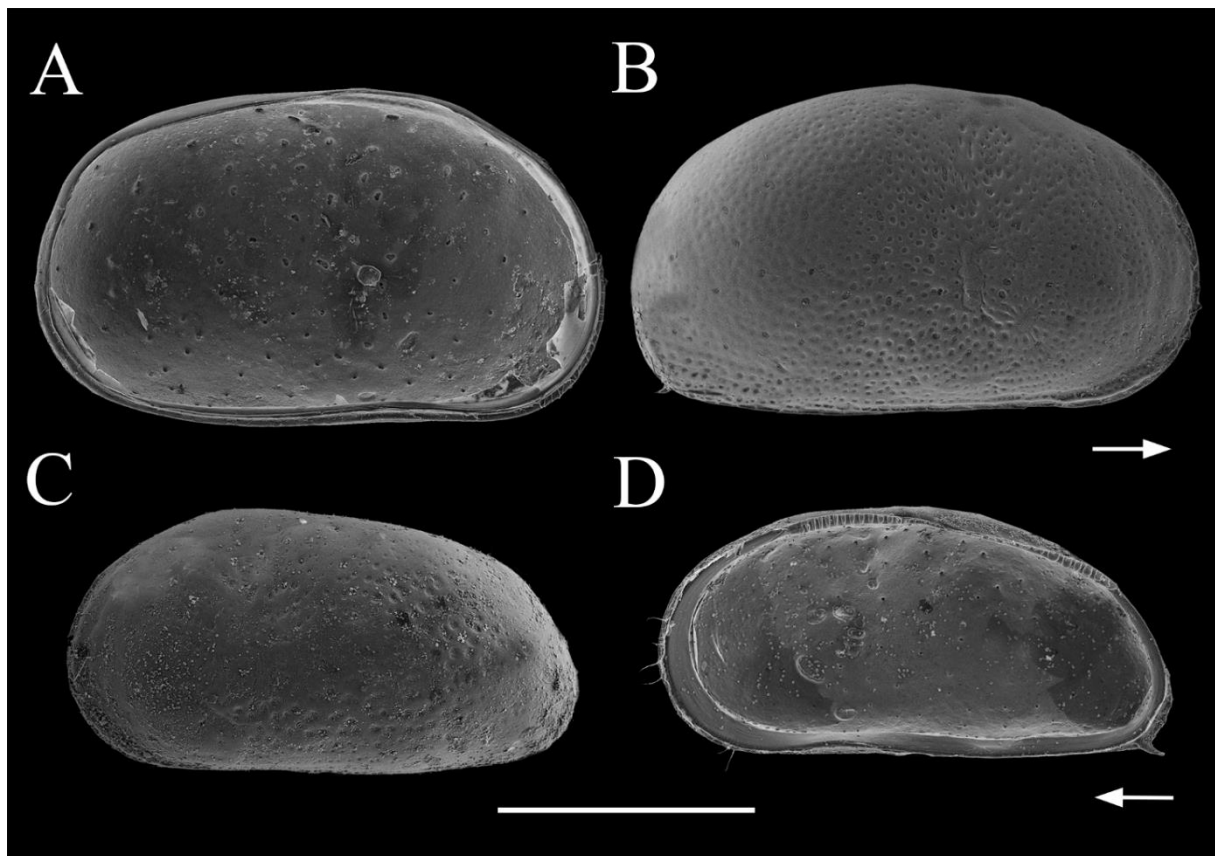


Figure 53. *Cyprideis torosa*. Mâle adulte (A, B) et femelle (C, D). **A** : VG, V. int. **B** : VD, V. ext, même individu que dans A. **C** : VG, V. ext. **D** : VD, V. int, même individu que dans C. Les flèches indiquent l'extrémité antérieure des animaux. Echelle : 0,5 mm.

3.4. Distribution des ostracodes et paramètres physico-chimiques des sites

Les environnements prospectés couvrent une large gamme de salinité de l'eau, allant de l'eau douce (0,1 PSU) à l'eau saline-hypersaline (jusqu'à 43,8 PSU), 39% des sites ont une eau douce (salinité <0,5 PSU). La température diurne de l'eau se situait globalement entre 10,6 °C et 30,6 °C lors de notre visite. Les sites étudiés sont neutres à alcalins, à l'exception du site 21, qui est légèrement acide (pH 6,7), tandis que 64 % des sites ont un pH compris entre 7,5 et 9. La valeur maximale du pH était de 11,5 mesurée dans un plan d'eau artificiel (Site 9 dans le tableau 2).

L'altitude des sites étudiés est comprise entre -9 m mesurée à Oued El Houch au nord du Sahara et 2012 m d'altitude mesurée dans la Guelta d'Afillal au Sahara Central (Tab. 4, Fig. 54). 42% des sites échantillonnés se situent en dessous de 400 m d'altitude et 34 % sont situés entre 801 et 1 200 m d'altitude. Cet intervalle d'altitude abrite la plus grande diversité spécifique (18 espèces). *P. arcuata*, *I. gibba* et *H. brevicaudata* ont été observées à des altitudes dépassant 1600 m d'altitude.

Tableau 4. Liste des espèces trouvées à intervalle de 400 m d'altitude. *Ctor*–*Cyprideis torosa*, *Dste*–*Darwinula stevensoni*, *Igib*–*Ilyocypris gibba*, *Iget*–*Ilyocypris getica*, *Omue*–*Oncocypris muelleri*, *Amar*–*Arctocypris mareotica*, *Evir*–*Eucypris virens*, *Tlut*–*Tonnacypris lutaria* ; *Tcla*–*Trajancypris clavata*, *Hbre*–*Herpetocypris brevicaudata*, *Smaj*–*Stenocypris major*, *Hinc*–*Heterocypris incongruens*, *Hbar*–*Heterocypris barbara*, *Hsal*–*Heterocypris salina*, *Cvid*–*Cypridopsis vidua*, *Char*–*Cypridopsis hartwigi* *Pnew*–*Plesiocypridopsis newtoni*, *Parc*–*Potamocypris arcuata*.

Altitudes	Espèces
(-9)-400	<i>Igi</i> , <i>Iget</i> , <i>Tcla</i> , <i>Hinc</i> , <i>Hbar</i> , <i>Hsal</i> , <i>Ctor</i> , <i>Dste</i> , <i>Smaj</i> , <i>Evir</i> , <i>Amar</i> , <i>Pnew</i> , <i>Sacu</i> , <i>Cvid</i>
401-800	<i>Igib</i> , <i>Hinc</i> , <i>Char</i>
801-1200	<i>Parc</i> , <i>Pnew</i> , <i>Hsal</i> , <i>Tcla</i> , <i>Hbar</i> , <i>Ibra</i> , <i>Igib</i> , <i>Iget</i> , <i>Hinc</i> , <i>Cara</i> , <i>Hbre</i> , <i>Sacu</i> , <i>Ibea</i> , <i>Smaj</i> , <i>Evir</i> , <i>Cvid</i> , <i>Tlut</i> , <i>Cseu</i>
1201-1600	<i>Parc</i> , <i>Hinc</i> , <i>Evir</i> , <i>Smaj</i> , <i>Igib</i> , <i>Iget</i> , <i>Idec</i> , <i>Omul</i> , <i>Pnew</i>
>1600	<i>Parc</i> , <i>Igib</i> , <i>Hbre</i>

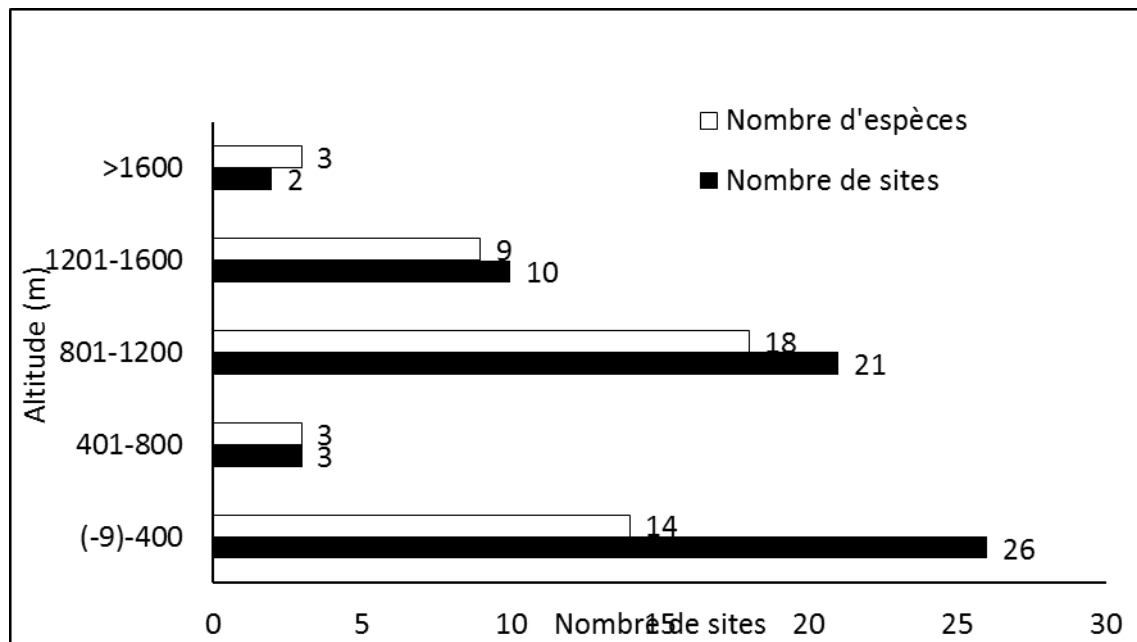


Figure 54. Histogramme montrant le nombre de sites et le nombre d'espèces à intervalle de 400 m d'altitude.

Environ 56% des espèces identifiées dans cette étude ont une distribution exclusivement paléarctique (Écozone correspondant au continent Eurasién et Afrique du Nord), 42% des espèces ont une distribution paléarctique et afrotropicale (*C. cf. seurati*, *C. torosa*, *C. vidua*, *D. stvensoni*, *E. virens*, *H. incongruens*, *P. newtoni*, *S. aculeata* et *S. major*, et une seule espèce seulement, *Oncocypris muelleri*, a une distribution exclusivement afrotropicale (Meisch, *et al.*, 2019).

Le tableau 5 liste les 25 espèces d'ostracodes identifiées dans cette étude, ainsi que leur distribution dans leur Wilayas et régions géographiques.

Tableau 5. Distribution des ostracodes.

N°	Nom	Localité	Espèces
Hauts Plateaux			
1	Tiout	Nâama	<i>T. clavata</i> <i>I. bradyi</i> , <i>H. salina</i> , <i>P. newtoni</i> , <i>P. arcuata</i>
2	Ain Ouarka	Nâama	<i>I. gibba</i>
3	Ain Malha	Nâama	<i>I. gibba</i> , <i>T. lutaria</i> , <i>H. brevicaudata</i> , <i>S. major</i> , <i>H. incongruens</i> , <i>P. arcuata</i>
4	Ouglat Senden	Nâama	<i>H. brevicaudata</i> , <i>H. incongruens</i> , <i>P. newtoni</i>
5	Nâama	Nâama	<i>H. salina</i>
6	Roudassa	Nâama	<i>H. incongruens</i> , <i>P. arcuata</i>
7	Ain Sidi khelifa	El Bayadh	<i>H. incongruens</i> , <i>P. newtoni</i> , <i>P. arcuata</i>
8	El Bayadh	El Bayadh	<i>E. virens</i> , <i>H. incongruens</i>
9	Boukhoubza	El Bayadh	<i>P. arcuata</i>
10	Sidi Ouadhah	Tiaret	<i>I. bradyi</i> , <i>H. brevicaudata</i> , <i>I. beauchampi</i> , <i>H. incongruens</i> , <i>S. aculeata</i>
11	Ain djnen	Tiaret	<i>E. virens</i> , <i>H. brevicaudata</i> , <i>H. incongruens</i> , <i>P. newtoni</i>
12	Chaouchaoua	Tiaret	<i>I. getica</i> , <i>E. virens</i> , <i>T. lutaria</i> , <i>C. vidua</i> , <i>P. arcuata</i>
13	Tissemsilt I	Tissemsilt	<i>E. virens</i> , <i>T. clavata</i> , <i>H. incongruens</i>
14	Tissemsilt II	Tissemsilt	<i>H. incongruens</i> ,
15	Cheliff	Ain Defla	<i>C. aragonica</i> , <i>E. virens</i> , <i>T. clavata</i> , <i>H. incongruens</i>
16	Tasroune	Djelfa	<i>H. barbara</i>
17	Stall	Djelfa	<i>E. virens</i> , <i>T. clavata</i> , <i>H. incongruens</i> , <i>H. barbara</i> , <i>P. arcuata</i>
18	El Hodna I	M'sila	<i>I. gibba</i> , <i>T. clavata</i> , <i>H. incongruens</i>
19	El Hodna II	M'sila	<i>I. gibba</i> , <i>H. incongruens</i> , <i>H. barbara</i>
20	Baniou	M'sila	<i>I. getica</i> , <i>H. incongruens</i>
23	Hamiet	Sétif	<i>C. aragonica</i>
63	Tébessa	Tébessa	<i>T. laevis</i>
64	Youkous	Tébessa	<i>Psychrodromus</i> sp1 et sp2
Sahara Septentrional			
21	Manbaa El Ghozlan I	Biskra	<i>C. torosa</i> , <i>D. stvensoni</i> , <i>I. gibba</i> , <i>S. major</i> , <i>H. incongruens</i>
22	Manbaa El Ghozlan II	Biskra	<i>C. torosa</i> , <i>D. stvensoni</i>
24	Barika	Batna	<i>E. virens</i> , <i>T. clavata</i> , <i>C. hartwigi</i>
25	Foum El Ghorza I	Biskra	<i>I. gibba</i>
26	Foum El Ghorza II	Biskra	<i>H. incongruens</i>
27	Foum El Ghorza III	Biskra	<i>H. incongruens</i> , <i>I. gibba</i> , <i>E. virens</i>
28	El Houch	Biskra	<i>I. gibba</i>
29	Sidi Khetta	El M'ghair	<i>C. torosa</i> , <i>A. mareotica</i>
30	Khatafet Larayes	El M'ghair	<i>C. torosa</i>

31	Khenana	El M'ghair	<i>C. torosa</i>
32	Megarine	Touggourt	<i>C. torosa</i>
33	Tamacine	Touggourt	<i>C. torosa, P. newtoni</i>
34	Ayata	El M'ghair	<i>H. salina, S. aculeata</i>
35	lalla zahra	El M'ghair	<i>C. torosa</i>
36	Boumlih	Biskra	<i>H. incongruens</i>
37	Difel	Biskra	<i>I. gibba, H. incongruens</i>
38	Sidi Zarzour	Biskra	<i>E. virens</i>
39	Hassi Ben Abdallah I	Ouargla	<i>H. salina, C. vidua</i>
40	Hassi Ben Abdallah II	Ouargla	<i>C. torosa</i>
41	Hassi Ben Abdallah III	Ouargla	<i>H. incongruens, H. barbara</i>
42	Oum Raneb	Ouargla	<i>H. incongruens</i>
43	Ain Baida I	Ouargla	<i>A. mareotica</i>
44	Ain Baida II	Ouargla	<i>A. mareotica</i>

Sahara Central

45	Takhamalt	Illizi	<i>I. gibba,</i>
46	Tintourha	Illizi	<i>H. incongruens</i>
47	Fadnoune	Illizi	<i>S. major</i>
48	Ifni	Illizi	<i>S. major</i>
49	Tasset	Djanet	<i>I. gibba, P. arcuata</i>
50	Dider	Djanet	<i>I. gibba, P. newtoni, P. arcuata</i>
51	Issendilen	Djanet	<i>C. cf. seurati, S. major</i>
52	Aglih Ikrar	Djanet	<i>I. gibba, O. muelleri</i>
53	Agzel	Djanet	<i>I. gibba, I. decipiens, I. getica</i>
54	Tintaoussiste	Djanet	<i>H. incongruens</i>
55	Beybey	Djanet	<i>S. major</i>
56	Imaleoulaouene	Tamanrasset	<i>I. gibba, P. arcuata</i>
57	Afillal	Tamanrasset	<i>I. gibba, H. brevicaudata</i>
58	Taghahaouhaouet	Tamanrasset	<i>I. gibba</i>
59	Izrifaouine	Tamanrasset	<i>I. gibba</i>
60	Tinis	Tamanrasset	<i>H. salina, P. newtoni</i>
61	Inezebib	Tamanrasset	<i>P. newtoni, P. arcuata</i>
62	Tamanrasset	Tamanrasset	<i>H. incongruens</i>

Près de la moitié (43,5%) des sites n'abritent qu'une seule espèce (27 sites), et la plus grande richesse en espèces (6 espèces) a été trouvée dans le site de Ain Malha, une source située dans la Wilaya de Naâma (Hauts Plateaux de l'Ouest, Site 3 dans le Tableau 2). Ce site abrite *H. brevicaudata*, *T. lutaria*, *D. stevensoni*, *H. incongruens*, *I. gibba* et *P. arcuata*. Globalement, la moyenne du nombre d'espèces par site était de 1,9, elle est de 2,9 dans les Hauts Plateaux, dans le Sahara Septentrional elle est de 1,6, et pour le Sahara Central 1,6 également. Les sites avec la moyenne d'espèces la plus élevée sont les Oueds avec 3,2 taxon par site en moyenne, suivie des Gueltas avec 2,2, les Sebkhass/Chotts avec 1,9, les milieux lentiques avec 1,3, et enfin les Bhours avec 1,2.

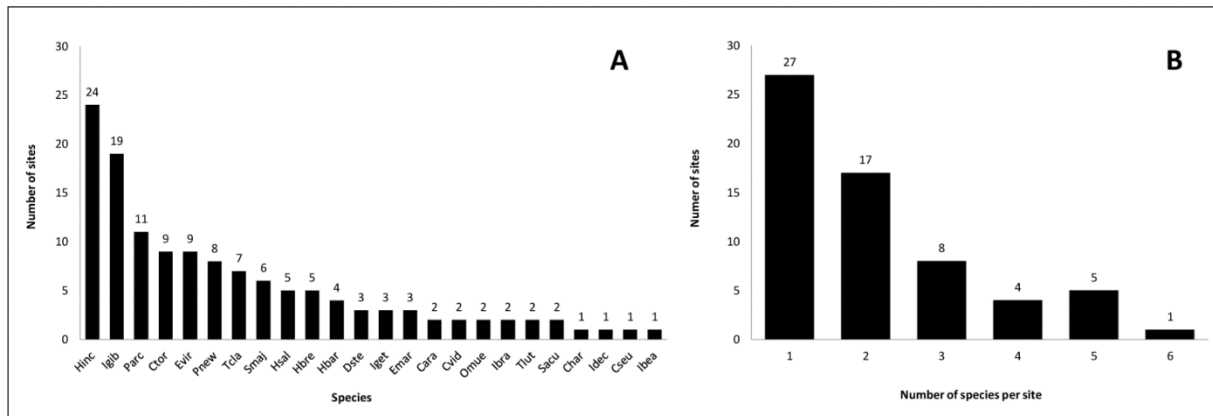


Figure 55. A. Histogramme montrant l'occurrence des ostracodes. B. Histogramme montrant la co-occurrence des ostracodes. (Abréviations voir Tab. 4).

La figure 56 donne une vue d'ensemble sur les pourcentages des types de milieux prospectés. Les milieux lenticques regroupent les mares et les plans d'eaux artificiels.

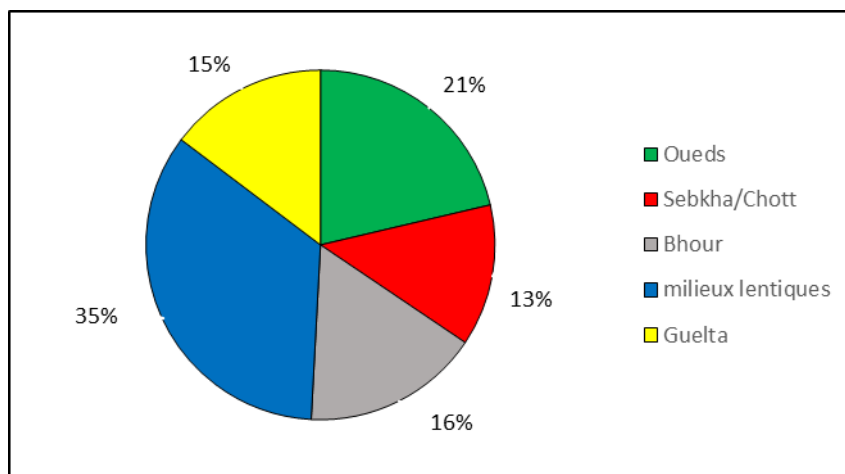


Figure 56. Diagramme en secteurs montrant le pourcentage des types de milieux prospectés.

3.5. Analyse canonique des correspondances (ACC)

Les deux premiers axes du diagramme de l'ACC expliquent 92,97% de la variance cumulée de la relation entre les espèces et les paramètres physico-chimiques des sites (Le premier axe représente 59,51%, le deuxième axe représente 33,46%) (Fig. 57, Tab. 6). Les corrélations espèces-paramètres sont de 0,81 pour l'axe 1 et de 0,64 pour l'axe 2. Le test de permutation de Monte Carlo montre que tous les axes sont significatifs ($P < 0,0001$). Deux variables étaient significatives : le pH (test de permutation : $F = 0,572$, $P = 0,038$), la salinité (test de permutation : $F = 1,514$, $P < 0,0001$) et la température ne l'était pas (test de permutation : $F = 0,531$, $P = 0,06$). Dans cette étude, 23,9 % de la variabilité totale a été capturée dans l'ACC. La régression pondérée peut capter environ 24 % de la variabilité totale (Tab. 7).

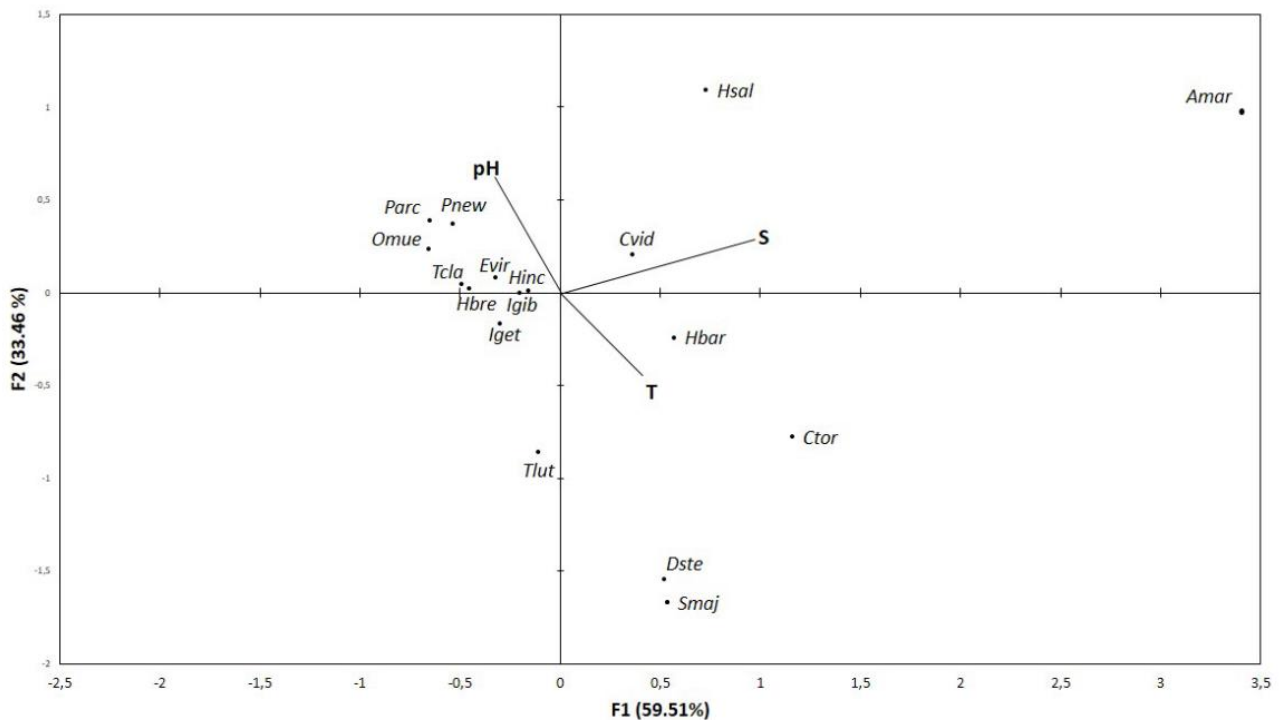


Figure 57. Coordination ACC des espèces d'ostracodes et paramètres physico-chimiques.

S—salinité, T—température. (Abréviations voir Tab. 4).

Les espèces situées près de l'origine des axes (*H. incongruens*, *E. virens* et *I. gibba*) ont un haut niveau de tolérance aux variables de leurs biotopes et cela pourrait signifier que leur présence est faiblement liée aux paramètres physico-chimique étudiés. Un groupe d'espèces (*A. mareotica*, *C. torosa* et *H. salina*) est ordonné sur les valeurs les plus élevées du premier axe, principalement liées à des salinités élevées. *P. arcuata*, *P. newtoni* et *O. muelleri* forment

un groupe et sont associés à un pH élevé, avec *H. salina*, tandis que *D. stevensoni*, *C. torosa* et *S. major* sont principalement associés à des valeurs de pH faibles et à des températures plus élevées, bien que cette variable ne soit pas significative dans l'ordination de l'ACC et doit donc être considérée avec précaution. La richesse spécifique la plus élevée du côté négatif du premier axe suggère que les sites à faible salinité ont une faune d'ostracodes plus riche.

Tableau 6. Ordination des espèces et des variables sur les deux premiers axes du diagramme ACC.

	Axe 1	Axe 2
Valeur propre	0,59	0,33
Inertie contrainte (%)	59,51	33,46
Cumulé %	59,51	92,97
Inertie totale (%)	9,00	5,06
Cumulé (%)	9,00	14,06

Tableau 7. Partitionnement du Chi-carré mis à l'échelle.

	Inertie	Proportion
Total	6,51	1
Contrainte	1,56	0,24
Non contrainte	4,95	0,76

4. Discussion

Cette étude enrichit les connaissances écologiques disponibles sur les ostracodes du Sahara et des Hauts Plateaux. Le signalement de quatre nouvelles espèces pour l'Algérie a permis d'élargir leurs aires de distribution connues et de mettre à jour la liste des ostracodes en Algérie. Cette étude a également permis la création de la première collection d'ostracodes en Algérie comprenant celle de Ghaouaci *et al.*, (2017) puisque la collection de Gauthier a été partiellement perdue. Gauthier a prospecté de vastes zones du pays pendant plus de deux décennies, il a également identifié des ostracodes échantillonnés par d'autres chercheurs, ce qui lui a permis d'établir une liste substantielle d'espèces. Ghaouaci *et al.*, (2017) se sont concentrés sur la partie nord du pays et plus particulièrement sur la région nord-est, car cette zone est la plus humide et la plus riche en zones humides. Dans cette région, le lac Oubeira abrite un hotspot de biodiversité. Néanmoins, nous notons l'omission de huit espèces par ces auteurs dans leur liste d'ostracodes, nous citons *Stenocypris major* (Gauthier, 1928b), *Cyprretta cf. seurati* (Gauthier, 1929b), *Candonocypris bicornis* (Gauthier, 1929b), *Potamocypris steueri* (Gauthier, 1937), *Strandesia vinciguerrae* (Martens, 1984), *Leucocythere algeriensis* (Danielopol *et al.*, 1990), *Herpetocypris intermedia* (Gonzalez Mozo *et al.*, 1996), *Herpetocypris brevicaudata* et *Cypris phaseolus*. Parmi ces espèces omises, *S. major*, *C. cf. seurati* et *H. brevicaudata* ont été retrouvées lors de l'inventaire actuel et représentent le deuxième signalement depuis leur première découverte au siècle dernier.

Ces observations, en plus des nouvelles espèces trouvées pendant ce travail, augmentent la liste précédente d'ostracodes de 49 à 63 espèces en Algérie, appartenant à 32 genres et 6 familles, ce qui représente une augmentation de 28 %. Ce nombre d'espèce est supérieur à celui enregistré dans les pays voisins comme la Tunisie avec 48 espèces (Marrone *et al.*, 2020), et le Maroc avec 27 espèces (Dakki *et al.*, 2009), à noter que l'auteur de la liste du Maroc a commis l'erreur de rajouter deux synonymes de deux espèces (*Cyprinotus barbarus* et *Cyprinotus salinus*), ce qui ramènerait en réalité la liste des ostracodes du Maroc à 25 espèces.

La liste réalisée dans ce travail n'est toutefois pas exhaustive, et pourrait probablement augmenter dans le futur, et ce en raison des vastes étendues du pays qui n'ont pas encore été prospectées (notamment le Sud-ouest du pays : Saoura). De plus, l'échantillonnage ponctuel ne reflète pas fidèlement la faune présente sur le site qui doit être visité plusieurs fois dans l'année, afin de couvrir toutes les saisons, sachant qu'il existe chez les ostracodes des formes d'été et des formes d'hiver selon la saison dans laquelle éclosent les œufs.

D'après cette dernière liste d'espèces et tenant compte de la conclusion de Gauthier (1928a), il n'existe pas de faune aquatique saharienne distincte, ayant une unité ou un caractère spécifique ; en effet, la plupart des espèces ont une large répartition géographique. Nos résultats semblent confirmer que la faune nord-africaine, y compris celle du désert du Sahara, est très similaire à celle de l'Europe et de l'Asie, comme l'a conclu De Deckker (1981), car il n'y a pas de modèle régional particulier dans la distribution de la faune aquatique saharienne.

Les 25 espèces trouvées dans cette étude au Sahara et dans les Hauts Plateaux représentent 41% de la faune d'ostracodes précédemment enregistrée en Algérie. Ce nombre reste relativement important considérant le fort ensoleillement et l'évaporation rapide subie par les plans d'eau des régions arides et semi-arides. Leurs eaux y sont peu renouvelées ou brassées car elles bénéficient d'un régime pluvial particulier, alternant des périodes de longues sécheresses et de crues soudaine et brutales ; les paramètres environnementaux varient donc considérablement et sont le siège de fermentations actives, de ce fait, les sites sont souvent très pauvres en oxygène, et n'offrent que des conditions peu favorables au maintien des organismes vivants (Gauthier, 1928a). Ce type d'environnements dont l'hydropériode et la salinité sont fluctuants, représentent des habitats stressants qui réduisent de facto la richesse et la diversité des ostracodes (Geddes *et al.*, 1981 ; Williams, 1998 ; Valls *et al.*, 2016), les espèces qui y vivent sont essentiellement constituées d'un ensemble particulier d'ostracodes adapté aux changements stressants de la salinité et d'autres facteurs abiotiques (Margalef, 1983 ; Barnes, 1994). Néanmoins, De Deckker & Forester (1988) suggèrent qu'au contraire, l'abondance des ostracodes pourrait augmenter avec l'augmentation de la salinité, mais que la communauté serait alors constituée d'un assemblage monospécifique.

Les résultats de notre étude corroborent la littérature (De Los Rios & Amarouayache, 2016) et montre que les milieux salés et hypersalés que sont les Chotts et les Sebkhass (8 sites) n'abritent que 7 espèces euryhalines, rustiques et ubiquistes, capables de résister à des conditions aussi extrêmes allant jusqu'à 43,8 PSU (*A. mareotica*, *H. incongruens*, *H. salina*, *H. barbara*, *C. aragonica*, *T. clavata* et *I. gibba*), et sur les 8 sites, 6 n'abritaient qu'une seule espèce à la fois. La tolérance aux eaux salées et hypersalées des Ostracodes s'est développée tôt car le plus ancien ancêtre des ostracodes été exclusivement marins, cette tolérance se retrouve de nos jours chez les espèces occupant les lacs salés dans les environnements désertiques (Williams, *et al.*, 2015). D'autant plus que dans certains habitats salés, les ostracodes constituent probablement le sommet des chaînes trophiques (Heip, 1976).

Les Bhours prospectés dans cette étude et qui sont également salés, abritait eux aussi des espèces euryhalines, tel que *C. torosa* qui a été observée seule dans 5 Bhours, mais qui été présente dans 7 Bhours sur les 10 au total.

Chaque espèce a des exigences environnementales différentes et réagit aux facteurs environnementaux changeants (Külköylüoğlu, 2004 ; 2005 ; Ruiz *et al.*, 2013). Afin d'étudier le rôle des paramètres physico-chimiques dans la distribution des ostracodes, une analyse canonique des correspondances ACC a été réalisée. Il s'agit d'une analyse statistique fiable (Birks *et al.*, 1990 ; Ter Braak, 1987), fréquemment utilisée pour étudier les assemblages d'ostracodes (par exemple, Rossetti *et al.*, 2004 ; Mischke, *et al.*, 2014 ; Külköylüoğlu, *et al.*, 2017 ; 2020 ; 2022). Selon Pieri *et al.*, (2009), une large gamme de valeurs de la variance est expliquée par les deux premiers axes canoniques et différents facteurs influencent ces valeurs, comme le nombre d'espèces et les variables considérées, la fréquence des absences d'espèces dans la matrice d'entrée et l'amplitude des gradients environnementaux. Dans le présent travail, l'ACC nous a permis d'évaluer les relations entre la présence des espèces et les facteurs abiotiques de l'environnement dans lequel elles vivent. Des espèces comme *H. incongruens*, *I. gibba* et *E. virens* sont cosmopolites et ont de grandes tolérances écologiques (Meisch, 2000). Elles sont donc les plus proches du centre du diagramme et ne sont pas corrélées aux variations de leurs biotopes. D'autres espèces montrent une préférence écologique et leur présence est contrôlée à un facteur spécifique, comme *A. mareotica*, qui est considérée comme une espèce hautement halotolérante (Anufrieva *et al.*, 2019), cette classification écologique est confirmée par sa position dans le diagramme, positivement corrélée à la salinité. *H. salina* est également associée à des conditions hautement salines (Külköylüoğlu, 2013 ; Gusakov, *et al.*, 2021). En revanche, *D. stevensoni* semble être corrélée aux températures élevées, bien qu'elle n'ait été observée que sur trois sites dans cette étude, elle est considérée comme une espèce thermoeuryplastique (Meisch, 2000), de même que *C. torosa*, qui préfère également les températures élevées (Rieradevall & Roca, 1995). *P. arcuata* et *O. muelleri* sont corrélés à un pH élevé (voir discussion ci-dessous).

4.1. Autoécologie des ostracodes

***Cyprideis torosa* (Jones, 1850)**

La taille des femelles varie de 0,9 à 1,1 mm, L'individu utilisé pour les photographies MEB mesure environ 1 mm, la taille des mâles varie de 1,0 à 1,2 mm. L'individu utilisé pour les photographies MEB mesure environ 0,9 mm. Couleur brun jaunâtre à brun foncé. C'est une espèce d'origine marine à large distribution (Aladin, 1993 ; Karanovic, 2012), vivant sur le substrat sableux ou vaseux des eaux saumâtres dans différents types de plans d'eau

principalement proches des côtes, comme les estuaires ou les marais salants (Horne & Boomer, 2000 ; Pieri *et al.*, 2009), mais aussi dans les eaux salines intérieures (Scharf *et al.*, 2016b). Elle peut supporter des salinités extrêmes, jusqu'à 60 PSU (Wagner, 1964). Cependant, elle peut également vivre en eau douce, où les spécimens développent des nodules sur leur coquille, alors que les individus vivant en eau salée ont une carapace lisse (Keyser & Aladin, 2004 ; Keyser 2005 ; Pint *et al.*, 2012). Les individus étudiés dans ce travail ont une carapace lisse et ont été observés majoritairement dans les Bhours du Sahara Septentrional à fond sablonneux et vaseux, à des salinités allant de 4,4 à 22,7 PSU et à un pH de 6,8-8,2, des valeurs proches de celles rapportées par Scharf & Hollwedel (2010) et Scharf *et al.*, (2016b). Cette espèce vivait également dans des températures allant jusqu'à 25°C (Tab. 2) et semble être corrélée aux températures élevées (Fig. 57), ce qui est confirmé par la littérature (Heip, 1976 ; Frenzel, *et al.*, 2012 ; Mischke, *et al.*, 2014). Notons que *C. torosa* a été rapporté par Gauthier (1928) dans la Sebkhha de Ain Ouarka, d'où cette espèce n'a pas été retrouvé lors cette étude, contrairement au Bhar de Tamacine où des individus ont été observés dans ce travail, en plus des travaux de Gauthier (1928) et de Gouassmia (2016). Son observation seule dans 5 Bhours pourrait suggérer que cette espèce évite la compétition avec d'autres ostracodes (Perçin-Paçal, *et al.*, 2017).

***Ilyocypris gibba* (Ramdohr, 1808)**

La taille des mâles varie de 0,70 à 0,80 mm, le mâle utilisé pour les photographies MEB mesurait 0,71 mm. Couleur blanc grisâtre à brun clair. C'est la deuxième espèce la plus fréquente dans cette étude, c'est une espèce cosmopolite (Külköylüoğlu, 2004), et elle a une large distribution géographique et occupe différents types de plans d'eau terrestres, elle vie sur un substrat finement boueux ou sableux dans les petits plans d'eau légèrement salées permanents et peu profonds, mais aussi dans des mares temporaires, des sources, et des ruisseaux (Meisch, 2000). En raison de sa grande amplitude écologique vis-à-vis de la température de l'eau, *I. gibba* est considéré comme polythermophile ou eurythermophile (Hartmann & Hiller, 1977 ; Roca & Baltanás, 1993). Dans cette étude, cette espèce a été échantillonnée dans une large gamme de salinités (0,1-22,5 PSU), pH (6,7-10,5) et température (10,6-25,6 °C). Cette espèce a été échantillonnée ailleurs à un pH de 8,3-8,4 et à une température de 12,9-20,8 °C (Külköylüoğlu, 2004 ; 2013).

***Ilyocypris decipiens* (Masi, 1905)**

La taille des femelles et des mâles varient de 0,87 à 1,15 mm. Les carapaces des deux sexes sont généralement mentionnées comme étant de même longueur. Couleur brunâtre à brun foncé. Cette espèce vit dans les étangs, les zones littorales des lacs, et dans les mares

temporaires. Elle peut supporter une légère augmentation de la salinité allant jusqu'à 2,2 ‰ (Hiller, 1972). *I. decipiens* n'a été trouvé qu'une seule fois dans cette étude ; dans la Guelta d'Agzel à une salinité de 0,1 PSU. Il s'agit de son deuxième signalement en Afrique du Nord après celui rapporté par Ghaouaci *et al.*, (2017).

***Ilyocypris getica* (Masi, 1906)**

La taille des femelles varie de 1 à 1,25 mm. L'individu utilisé pour les photographies MEB mesurait environ 0,9 mm. L'espèce semble préférer les mares temporaires, les plans d'eau peu profonds, tels que les étangs et les fossés, et les cours d'eau à faible débit (Meisch, 2000). Dans cette étude, *I. getica* a été collectée dans une Guelta, une mare et un Oued.

***Ilyocypris bradyi* (Sars, 1890)**

La taille des femelles varie de 0,80 à 1,00 mm. La femelle utilisée pour les photographies MEB mesurait environ 0,8 mm. Couleur jaune pâle à brun rougeâtre clair. Cette espèce préfère les sources, les étangs, les marécages, les lacs, ainsi que les eaux lentes des rivières. A l'Est de l'Espagne, *I. bradyi* a été signalée dans trois rivières par Mezquita *et al.*, (1999a). En Algérie cette espèce fut trouvée par Gauthier (1928) entre autre dans des Oueds à Sétif et Tlemcen, dans cette étude, elle a été trouvée dans les Oueds de Tiout et Sidi Ouadah, respectivement à Naâma et Tiaret, ce qui confirme sa préférence pour les milieux lotiques. C'est son deuxième signalement en Algérie.

***Cypretta seurati* (Gauthier, 1929)**

La taille des femelles varie entre 0.54-0.67 mm (Meisch *et al.*, 2007), 0,68 à 0,70 mm dans le Sahara algérien selon Gauthier (1929). La femelle utilisée pour les photographies MEB mesurait 0,6 mm. Couleur brun foncé uniforme. Vivant dans les zones chaudes des régions tempérées (Meisch *et al.*, 2007). *C. seurati* a été observée dans des rizières, des bassins rocheux côtiers d'eau douce et dans les zones littorales de lacs (Okubo, 1973 ; Smith & Kamiya, 2006, Smith *et al.*, 2011). Elle a été décrite la première fois par Gauthier (1929) dans une Guelta du Sahara Central. Dans cette étude elle a été observé dans un seul site, une Guelta du Tassili N'Ajjer, ce qui en fait le deuxième signalement en Algérie.

***Arctocypris mareotica* (Fischer, 1855)**

La taille de cette espèce varie généralement de 0.98 à 1.01 mm (Rasouli *et al.*, 2014). Les individus utilisés pour les photographies MEB variaient entre 1 et 1,9 mm. Cette espèce est considérée comme polyhalophile (Fuhrmann, 2012), que l'on trouve couramment dans des plages de salinité de 12-80 ppt jusqu'à 110 ppt (Löffler, 1961 ; Baltanás *et al.*, 1990 ; Santamaria *et al.*, 1992 ; Mezquita *et al.*, 2005). Dans cette étude, cette espèce a été observée

dans des Chotts et un lac salé, dans une salinité de 20,3-43,8 PSU, et un pH de 8,1-8,6. Et c'est son deuxième signalement pour l'Algérie.

***Eucypris virens* (Jurine, 1820)**

La taille des femelles varie de 1,4 à 2,4 mm. Les individus utilisés pour les photographies MEB variaient entre 1,68 et 2,12 mm. Couleur vert jaunâtre, brun jaunâtre ou vert sale, souvent avec une goutte jaunâtre dans la région des yeux. C'est une espèce d'eau douce cosmopolite avec une grande tolérance écologique (Rasouli *et al.*, 2014). C'est l'ostracode le plus abondant dans le nord de l'Algérie (Ghaouaci *et al.*, 2017). Elle vit dans les mares herbeuses, temporaires et permanentes (Meisch, 2000 ; Külköylüoğlu, 2004). *E. virens* colonise les eaux douces et modérément salées (De Deckker, 1981 ; Mezquita *et al.*, 1999a). Dans cette étude, elle a été collectée à une salinité allant jusqu'à 15 PSU et à un pH de 8,1-10,3. La reproduction de cette espèce peut être sexuée ou asexuée (Butlin *et al.*, 1998 ; Bode *et al.*, 2010), les lignées parthénogénétiques sont situées en Europe, en Afrique du Nord, en Amérique du Nord et en Asie paléarctique (Meisch, 2000), tandis que des populations avec des mâles sont connues dans la zone circum-méditerranéenne (Baltanás, 1994). La coexistence de ces deux lignées forme des populations mixtes (Schön *et al.*, 2000 ; Rossi *et al.*, 2008). Des mâles ont été trouvés dans cette étude. L'apparition de populations sexuelles est influencée par l'indice d'aridité, la chimie de l'eau et l'élévation du site (Schmit *et al.*, 2013). Fait important à signaler, il existe des morpho-espèces mal définies pour *E. virens* (Meisch, 2000), due à la plasticité phénotypique (forme et taille) élevée observée dans ses valve (Baltanás *et al.*, 2002). Bode *et al.*, (2010) ont indiqué l'existence d'un complexe d'espèce de plus de 40 taxons cryptiques, suggérant une révision du statut d'espèce unique d'*E. virens*. Koenders *et al.*, (2017) ont démontré que la génétique des espèces du complexe *E. virens* ne peut être reconnue morphologiquement par la forme de la valve. C'est pour ces raisons, que ce complexe a été considéré comme étant une seule espèce dans ce travail.

***Tonnacypris lutaria* (Koch, 1838)**

La taille des femelles varie de 2,1 à 2,7 mm, et jusqu'à 3,2 mm en Afrique du Nord. Les individus utilisés pour les photographies MEB variaient de 2,43 à 2,49 mm. Couleur jaune pâle à vert sale, avec un motif vert bleuâtre variable. Cette espèce habite typiquement les mares herbeuses saisonnières en plein champ, elle a été observée lors de cette étude dans la mare de Chaouchaoua dans les plaines céréalières de la région de Tiaret.

***Trajancypris clavata* (Baird, 1838)**

La taille des femelles varie de 1,9 à 2,7 mm (généralement 2,1-2,3 mm). L'individu utilisé pour les photographies MEB mesurait environ 2,2 mm. Couleur vert à brun verdâtre sale.

Connue pour vivre dans de petits plans d'eau, peu profonds et temporaires où, malgré leur bonne capacité de nage, les animaux vivent généralement dans la boue du fond. Cette espèce a été signalée à plusieurs reprises dans des bassins artificiels (Martens, 1989), ce qui est également le cas dans cette étude où *T. clavata* a été trouvé dans le site de Roudassa qui est un bassin d'irrigation. Notons qu'elle a aussi été échantillonnée dans les Oueds de Chellif et Tiout et dans le Chott d'El Hodna, qui au vu des informations bibliographiques disponibles sur cette espèce, démontre sa plasticité écologique et ses capacités d'adaptations.

***Herpetocypris brevicaudata* (Kaufmann, 1900)**

La taille des femelles varie entre 1,3 et 2,2 mm. Les individus utilisés pour les photographies MEB variaient de 1,55 à 1,69 mm. De couleur vert clair presque uniforme à vert bleuâtre ou brunâtre. Cette espèce vit dans les sources, les ruisseaux à écoulement lent et les fossés des zones littorales des lacs. Dans l'est de l'Espagne, elle a été l'espèce la plus répandue dans les sources et les rivières (Mezquita *et al.*, 1999a, b). En Algérie *H. brevicaudata* a été collectée dans des biotopes similaires à la littérature telle que dans une source et dans un Oued.

***Isocypris beauchampi* (Paris, 1920)**

La taille des femelles varie de 1,1 à 1,7 mm. L'individu utilisé pour les photographies MEB mesurait 1,21 mm. Couleur translucide, avec une légère teinte brun clair. Cette espèce préfère les ruisseaux et canaux à écoulement lent, les étangs, et les zones littorales des lacs et des rizières. Dans cette étude, elle a été trouvée qu'une seule fois ; dans la rivière de Sidi Ouadah à Tiaret, c'est son deuxième signalement en Afrique du Nord après celui de Ghaouaci *et al.*, (2017).

***Stenocypris major* (Baird, 1859)**

La taille des femelles varie de 1,76 à 2,01 mm (Meisch *et al.*, 2007), L'individu utilisé pour les photographies MEB mesurait 1,58 mm. Couleur vert clair à ocre jaunâtre et semi transparente. Cette espèce cosmopolite (Meisch *et al.*, 2019), vit dans les rizières, rampant sur le fond ou creusant dans la boue (Okubo, 1975). Elle a été collectée dans une île au Sud de la Chine, dans une flaque d'eau tapissée de feuilles mortes à une température de 24°C et une salinité de 0,04 ‰ (Ma & Yu, 2020). Dans cette étude elle a été observée dans des mares et des Gueltas à des salinités de 0,1 à 7 PSU, un pH de 6,7 à 9,8 et une température diurne variant de 12,8 à 25,6 ° C. Des lacunes taxonomiques existent dans le genre *Stenocypris* en raison d'une description insuffisante de plusieurs espèces (Moonchaisook & Savatnalinton, 2020). Il s'agit ici du deuxième signalement de cette espèce en Algérie, après celui de Gauthier (1928a).

***Heterocypris incongruens* (Ramdohr, 1808)**

La taille des femelles varie généralement de 1,4 à 1,6 mm. L'individu utilisé pour les photographies MEB mesurait 1,56 mm. Couleur jaunâtre à brun rougeâtre, parfois jaune verdâtre ou brun. C'est une espèce cosmopolite (Miličić, *et al.*, 2015), on la trouve dans différents milieux d'eau douce et saumâtre, elle colonise fortement les étangs eutrophes et peut tolérer une faible teneur en oxygène (Meisch, 2000). Sa fréquence d'observation était de 18% dans le nord de l'Algérie (Ghaouaci *et al.*, 2017), à Parme, en Italie, sa fréquence était de 16% (Rossetti *et al.*, 2006). Dans cette étude, c'est l'espèce la plus fréquente, et a été observée dans 39% des sites prospectés, c'est aussi l'espèce la plus commune dans le Sahara Central (Gauthier, 1931). Ce taux d'occurrence élevé peut être expliqué par le fait que la plupart des populations se reproduisent de manière parthénogentique, et que cette espèce a une large tolérance écologique (Külköylüoğlu, 2013). Dans cette étude, elle a été collectée dans une large gamme de température de l'eau (12,3-30,1 °C), de salinité (0,3-15 PSU) et de pH (6,7-10,7). Ailleurs, elle a été collecté à des températures comprises entre 6 et 29 °C (Roca & Baltanás, 1993 ; Külköylüoğlu, 2005), à un pH de 7,4-9,9 et à une salinité allant jusqu'à 50 PSU (Uçak *et al.*, 2014). Le deuxième facteur contribuant à sa fréquence élevée est le grand nombre de sites prospectés compatibles avec ses préférences écologiques ; de nombreux plans d'eau du Sahara ont un substrat boueux et ne contiennent pas de macrophytes, ces conditions se rapprochent de son habitat préférentiel (Meisch, 2000). Ses œufs sont résistants à la dessiccation et à la sécheresse (Angell & Hancock, 1989 ; Rossi *et al.*, 2011) et sont donc facilement dispersés. Dans cette étude, c'était également l'espèce la plus prévalente dans les élevages selon la méthode de Sars.

***Heterocypris barbara* (Gauthier & Brehm, 1928)**

La taille des femelles varie de 1,4 à 1,6 mm. Les individus utilisés pour les photographies MEB varient de 1,48 à 1,75 mm. Vivant dans les petits plans d'eau et les lacs temporaires et permanents. Cette espèce a une variation taxonomique : *inermis*, connue pour vivre dans les eaux intérieures salées. Baltanás *et al.*, (1990) et Santa maria *et al.*, (1992) rapportent sa présence dans des lacs en Espagne dont la teneur en sel oscille autour de 3 PSU. Dans ce travail *H. barbara* fut collectée entre autre dans le Chott d'El Hodna à une salinité de 2,9 PSU.

***Heterocypris salina* (Brady, 1868)**

La taille des femelles varie de 0,8 à 1,3 mm. Les individus utilisés pour les photographies MEB variaient de 1,16 à 1,37 mm. Couleur jaunâtre pâle avec un motif brun foncé bien visible. **Cette espèce vit** dans les petits plans d'eau légèrement salés ou d'eau douce, sur les

côtes ou à l'intérieur des terres, où elle cohabite souvent avec d'autres ostracodes halophiles, tels que *S. aculeata*. L'espèce peut être considérée comme un indicateur fiable des conditions légèrement salées à condition qu'elle soit associée à d'autres organismes halophiles. Ganning (1967, 1971) a étudié en laboratoire les conditions de vie de l'espèce, et a conclu qu'une température de 15 °C combinée à une salinité de 5-10 PSU lui offraient des conditions optimales. Gauthier a collecté cette espèce dans la Sebkha de Ain Ouarka et le Bhar de Tamacine, sites dans lesquelles elle n'a pas été trouvée dans cette étude, contrairement au Chott de Naâma où *H. salina* a été observée dans une salinité dépassant les 40 PSU, elle a également été trouvée au lac Ayata cohabitant avec *S. aculeata*.

***Cypridopsis vidua* (O.F. Muller, 1776)**

La taille des femelles varie de 0,4 à 0,7 mm. La femelle utilisée pour les photographies MEB mesurait 0,53 mm. Couleur jaunâtre avec 4 bandes transversales vert clair à vert foncé. *C. vidua* est un nageur très actif, vivant dans un large éventail d'habitats, allant des petits plans d'eau permanents avec une végétation riche, aux rivières lentes. Ils sont particulièrement abondants dans les peuplements denses de plantes aquatiques (Roca & Danielopol, 1991 ; Scharf & Viehberg, 2014). Dans ce travail elle a été trouvée dans la mare de Chaouchaoua au substrat herbeux, elle a également été observée dans le Bhar de Hassi Ben Abdallah dont le substrat est sableux à vaseux, Scharf & Brunke (2013) ont noté une affinité de cette espèce avec un substrat fin. *C. vidua* a été trouvée vivant dans le rectum d'une grenouille Lowndes (1930), et survivant même au passage dans les entrailles des poissons et des canards (Proctor, 1964 ; Vinyard, 1979).

***Cypridopsis hartwigi* (G. W. Muller, 1900)**

La taille des femelles varie de 0,70 à 0,85 mm (généralement 0,75-0,85 mm). Couleur jaune brunâtre à brun olive. Cette espèce vit dans de petits plans d'eaux temporaires et permanents et dans les rizières. Stephanides (1948) l'a observée principalement dans des mares peu profondes avec d'abondantes algues filamenteuses. Deschiens *et al.*, (1953 ; 1954) signalent que *C. hartwigi* s'attaque aux ciliés, aux rotifères, aux larves d'insectes et aux mollusques ; plus remarquable encore, un petit nombre de ces ostracodes peuvent tuer des *Bullinus contortus* ou *Planorbis glabratus*, des escargots aquatiques, qui sont tous deux vecteurs du parasite causant la bilharziose. Cette espèce n'a été observée qu'une seule fois dans cette étude, dans une mare à Barika (Wilaya de Batna) d'où elle a été élevée selon la méthode de Sars. Cette observation en fait le deuxième signalement pour l'Algérie.

***Plesiocypridopsis newtoni* (Brady & Robertson, 1870)**

La taille des femelles varie de 0,50 à 0,96 mm. La femelle utilisée pour les photographies MEB mesurait 0,87 mm. Les mâles sont légèrement plus petits et mesurent de 0,60 à 0,75 mm, le mâle utilisé pour les photographies MEB mesurait 0,75 mm. Couleur vert jaunâtre, vert clair à vert foncé ou vert sale. Vivant dans les petits plans d'eau stagnants permanents, tels que les étangs (à poissons), les fossés et les bassins artificiels. On la trouve également dans la zone littorale peu profonde des lacs, dans les rivières lentes, les rizières, et les puits. *P. newtoni* préfère les conditions saumâtres, étant souvent trouvé dans les plans d'eau côtiers influencés par l'eau de mer. Meisch & Broodbakker (1993) rapportent son observation aux îles Canaries jusqu'à une salinité de 25 PSU. Dans cette étude cette espèce a été collectée dans 8 sites, et entre autre dans le Bhar de Tamacine dans la wilaya de Ouargla à une salinité de 8,8 PSU, et ce qui en fait un deuxième signalement pour cette espèce en Algérie. Fait remarquable, Pietrzeniuk (1977) a réussi à cultiver l'espèce pendant plus d'une décennie dans un pot de confiture, et ce sans rajouter de nourriture, les animaux ayant sans doute survécu en se nourrissant d'algues microscopiques poussant dans le contenant, démontrant ainsi la grande capacité des ostracodes à survivre dans les conditions les plus défavorables.

***Sarscypridopsis aculeata* (Costa, 1847)**

La taille des femelles varie de 0,60 à 0,85 mm. Les individus utilisés pour les photographies MEB variaient de 0,68 à 0,70 mm. De couleur vert clair à vert foncé ou bleuâtre. **C'est une espèce cosmopolite qui vie dans** de petits plan d'eau douce à légèrement saumâtres permanents ou temporaires, où elle produit souvent de grandes populations. Cette espèce cohabite souvent avec *H. salina* qui montre une préférence similaire pour des conditions légèrement salées. En Allemagne, Heuss (1966) a collecté ces deux espèces dans une rivière à une salinité de 7,1 PSU, dans cette étude *S. aculeata* a été collecté avec *H. salina* dans le site de Ayata à une salinité de 7,9 PSU. En conditions de laboratoire, et pour étudier leurs taux de survie, Ganning (1971) a constaté qu'à 40 PSU de salinité, les animaux mouraient rapidement, alors que dans ce travail *S. aculeata* a été trouvé vivant dans la Sebkhâ de Naâma à 42,5 PSU.

***Potamocypris arcuata* (Sars, 1903)**

La taille des femelles varie entre 0,50 et 0,81 mm. . La femelle utilisée pour les photographies MEB mesurait 0,64 mm. Couleur transparente à vert jaunâtre. C'est très probablement une forme d'eau douce pure selon Meisch (2000), elle préfère les petits habitats (Pieri *et al.*, 2020). Dans cette étude, elle a été collectée dans des eaux légèrement salées (jusqu'à 3,3 PSU). Hollwedel & Scharf (1988) ont trouvé cette espèce dans un étang avec une

salinité allant jusqu'à 1,4 PSU. Kùlköylüođlu (2013) a considéré que les données écologiques n'étaient pas suffisantes pour cette espèce, et il a enregistré des températures entre 17,6-28 °C pour cette espèce. *P. arcuata* était la troisième espèce la plus fréquente dans cette étude, elle a été signalée dans un intervalle de température de 10,6-25,6 °C et à un pH élevé (8-11,5), alors que Van Der Meeren *et al.*, (2010) l'ont trouvé dans l'ouest de la Mongolie dans un pH de 8,2-9,3.

4.2. Nouveaux signalements pour l'Algérie

***Candelacypris aragonica* (Brehm & Margalef, 1949)**

Cette espèce a été trouvée pour la première fois dans la péninsule ibérique. Les populations sexuées vivent dans les lacs salés temporaires peu profonds des steppes semi-arides espagnoles, ressemblant à des Sebkhas (Brehm & Margalef, 1949 ; Castillo-Escrivà, 2017). Elle ne coexiste avec aucune autre espèce dans son habitat d'origine et vit dans des salinités variant entre 10 et 100 PSU (Baltanás *et al.*, 1990). Des expériences en laboratoire ont montré que cette espèce tolère des salinités élevées, mais est sensible aux fortes températures. Les spécificités ioniques de son environnement l'ont isolé géographiquement (Santamaria *et al.*, 1992), mais des observations provenant d'une autre région d'Espagne indiqueraient que *C. aragonica* a eu une évolution écologique différente, lui permettant de coloniser un autre environnement et d'y cohabiter avec d'autres espèces d'ostracodes (Mezquita, 1998). Roca *et al.*, (2000) ont suggéré la réalisation d'échantillonnages en Afrique du Nord pour déterminer si *C. aragonica* serait endémique de la péninsule ibérique.

Dans cette étude, plusieurs mâles et femelles adultes ont été échantillonnés dans les Hautes Plaines, dans l'Oued Cheliff et la Sebkha de Hamiet à une salinité de 7,1 PSU et une température de 15,8 °C (Site 23 dans le Tableau 2). Il s'agit du deuxième signalement pour cette espèce après la péninsule ibérique. Sa présence dans la Sebkha située dans les Hauts Plateaux (1200 m d'altitude) dans un climat semi-aride semble être en adéquation avec ses exigences environnementales. Cette Sebkha abrite plus de 70 espèces d'oiseaux, dont six sont considérées comme des migrateurs reliant l'Europe à l'Afrique du Nord via l'Espagne (S.E.O 1985 ; Baaziz *et al.*, 2011), ces oiseaux peuvent être le vecteur d'introduction de cette espèce, comme relaté dans la littérature ; où de nombreux exemples d'ostracodes ou d'œufs au repos sont transportés passivement par des oiseaux migrateurs (Green & Figuerola, 2005 ; Frisch *et al.*, 2007). Un autre vecteur probable est le vent (Vanschoenwinkel *et al.*, 2008). La découverte de quelques individus dans l'Oued de Cheliff (Site 15 dans le Tableau 2) était inattendue puisqu'il s'agit d'un biotope lotique permanent, à l'opposé des préférences écologiques connues de l'espèce. Une hypothèse possible est que sa présence est due au

lessivage des bassins salins adjacents à l'Oued, hypothèse à étayer avec d'autres échantillonnage à l'avenir.

***Darwinula stevensoni* (Brady & Robertson, 1870)**

La taille des femelles varie généralement entre 0,68 et 0,72 mm. Les individus utilisés pour les photographies MEB varient entre 0,60 et 0,63 mm. De couleur blanchâtre, avec une tache violette bleuâtre foncée sur le dos. C'est une espèce cosmopolite (Meisch, 2000), elle a été collectée dans deux bassins d'irrigation et dans une source (profondeur d'eau de 10 cm). Le substrat des trois sites est composé de sable et de cailloux avec très peu de végétation. Cette espèce peut vivre à des profondeurs relativement importantes (Okubo, 2001). *S. stevensoni* a été rapporté auparavant au Maroc et en Libye (Martens, 1984 ; Dakki *et al.*, 2009), et en Tunisie vivant dans des eaux stagnantes et courantes avec des fonds sablonneux, à une salinité allant de 0,8 à 1,5 PSU et une température de 18,3 °C à 24,2 °C (Zaibi *et al.*, 2013). Dans cette étude, *D. stevensoni* a été collecté à des salinités de 3 à 7 PSU et à des températures d'eau comprises entre 24 et 25,6 °C. Le pH mesuré dans cette étude se situe dans la plage de tolérance connue de cette espèce, qui va des eaux acides (pH 6,0) aux eaux très alcalines (pH 9,8) (De Deckker, 1981 ; Kùlköylüođlu, 1999 ; Rossetti *et al.*, 2004). Cette espèce est absente des travaux effectués par Gauthier au début du 20^{ème} siècle, bien que le site où elle a été observée (Ain Malha, Site 3 dans le Tableau 2) figure dans ses recherches (Gauthier, 1928a).

***Oncocypris muelleri* (Daday, 1910)**

C'est la seule espèce afrotropicale trouvée dans cette étude, c'est un premier signalement pour l'Algérie et l'Afrique du Nord. Elle a été observée dans deux Gueltas au Tassili N'Ajjer à une altitude dépassant 1000 m d'altitude (sites 52 et 53 du tableau 2). L'eau de ces milieux est alcaline (pH 8-10,5). Ces conditions sont similaires à celles où elle a été trouvée au Kenya (Rumes *et al.*, 2016), dans des lacs froids de haute altitude et dans des eaux dont le pH varie de 6,9 à 10. Elle a été collectée dans le Sahara tchadien dans des étangs semi-permanents (Gauthier, 1939), et dans les régions subsahariennes où elle colonisait des étangs et des lacs temporaires (Fryer, 1956, 1957 ; Green *et al.*, 1974).

***Trajancypris laevis* (G.W. Müller, 1900)**

La taille des femelles varie de 1,9 à 2,3 mm. Couleur vert à brun verdâtre. *T. laevis* vit dans les mares et les puits (Meisch, 2000). Peu d'informations écologiques sont disponibles sur cette espèce (Martens, 1989). Elle a été observée dans une source à 1674 m d'altitude (Kùlköylüođlu, 2012). Selon (Uçak, 2012), qui a collecté *T. laevis* dans des auges, et des lacs, cette espèce préfère les eaux chaudes et bien oxygénées des hautes altitudes, quant à sa distribution, connue en Europe en Allemagne et en Hongrie, elle pourrait avoir une aire

géographique plus étendue (Meisch, 2000). Dans cette étude, *T. laevis* a été élevée selon la méthode de Sars, à partir d'un échantillon de terre collecté dans une mare asséchée près de la ville de Tébessa. Ce signalement est le premier en Algérie et en Afrique et étend l'aire de répartition connue de cette espèce.

4.3. Nouvelles espèces pour la science

***Psychrodromus* sp 1. et *P.* sp 2**

Le genre *Psychrodromus* comprend 6 espèces (Meisch *et al.*, 2019), toutes de distribution paléarctique ; en Europe et Asie mineure (Karanovic, 2012). La découverte de ces deux nouvelles espèces de *Psychrodromus* est le deuxième signalement du genre en Afrique, après l'identification d'une nouvelle espèce pour la science en Tunisie *Psychrodromus tunisicus* (Zaibi *et al.*, 2013). Cette nouvelle espèce de Tunisie a également été trouvée dans une mare en aval d'une source d'eau, le site se situe à 140 km de la mare de Youkous, sur la même latitude 35° Nord. Ceci montre que la région est un hotspot de biodiversité du genre, représentant 50% de ses espèces. De plus, n'existant que dans cette région, elles sont toutes endémiques et doivent être protégées. La découverte de ces nouvelles espèces appartenant au même genre dans le même type d'écosystèmes démontre les préférences du genre *Psychrodromus* pour les eaux de source fraîches et bien oxygénées.

Chapitre III.

**Spinicaudates : premier signalement
d'Eulimnadia rogersi Rabet et
Guallerne in Rabet *et al.*, 2015 en
Algérie**

1. Introduction

Les spinicaudates, aussi appelés : crevettes-palourdes, sont un sous-ordre de crustacés branchiopodes, avec 150 espèces répertoriées, c'est le plus grand groupe de crustacés bivalves d'eau douce, juste derrière les Cladocères (Brendonck *et al.*, 2008 ; Rogers, 2009). Ils se caractérisent par une carapace bivalve unie par un muscle adducteur, et portant des stries de croissance. Ils sont de couleur très variable pouvant être verte, jaune, orange ou brun selon les espèces (Dumont & Negrea, 2002). Les spinicaudates sont inféodés aux écosystèmes aquatiques temporaires d'eaux douces ou d'eaux salées ou hyper-salées, ils sont répartis dans toutes les régions du globe ; des régions circumpolaires aux régions désertiques (Brendonck *et al.*, 2008 ; Rogers, 2009 ; Martin *et al.*, 2014). Pour survivre dans ces différents types de biotopes, ils produisent des œufs de repos qui résistent à la saison sèche et se dispersent passivement par le vent et les animaux, ce qui leur permet de coloniser de nouveaux bassins (Rogers, 2014). Les spinicaudates se caractérisent par un taux très élevé d'endémisme, représentant 47% des 747 espèces vivantes documentées (Rogers, 2020). Dans ce groupe, seule la famille des Limnadiidae (Burmeister, 1843) existait et englobait toutes les espèces (Baird, 1849). Désormais, ce groupe est partagé en 3 familles ; Cyzicidae, Leptestheriidae et Limnadiidae (Timms, 2020), cette dernière famille comprend 9 genres ; *Limnadia*, *Limnadopsis*, *Paralimnadia*, *Imnadia*, *Metalimnadia*, *Gondwanalimnadia*, *Calalimnadia*, *Austrolimnadia* et *Eulimnadia* (Packard, 1874) qui est le plus riche en espèces et le plus largement distribué Rogers (2020). Cet auteur a compilé une liste de 46 espèces valides d'*Eulimnadia*. Originaire du continent américain (Bellec & Rabet, 2016), les capacités de dispersion étendues de ce genre lui ont permis de parcourir de longues distances, même transocéaniques (Schwentner *et al.*, 2020). Il est désormais présent dans les régions tropicales et tempérées, où les pluies surviennent pendant la saison chaude (Daday, 1926 ; Bond, 1934 ; Thiéry, 1996 ; Rabet *et al.*, 2014 ; Rabet, 2015 ; Timms, 2016).

Les études sur les spinicaudates d'Algérie sont rares par rapport à d'autres groupes de crustacés (Ghaouaci, 2018 ; Beladjal & Amarouyache, 2023 ; Menail *et al.*, 2023). Six espèces, réparties dans 3 familles distinctes : Cyzicidae, Eocyzicidae et Leptestheriidae, ont été signalées dans la littérature (Chergui *et al.*, 2023). La culture d'échantillons de sédiments collectés lors de la campagne d'étude des ostracodes dans des Gueltas sablonneuse asséchées du Sahara Central (Tassili n'Ajjer et Hoggar) a permis d'identifier le premier représentant des Limnadiidae en Algérie. Une description du corps et des œufs de repos, ainsi qu'une analyse génétique de COI, ont permis l'identification *Eulimnadia rogersi*, Rabet et Gallerne (2015)

Spinicaudates : premier signalement d'*Eulimnadia rogersi*

Rabet et Guallerne in Rabet *et al.*, 2015 en Algérie

initialement décrite en Mauritanie par Rabet *et al.*, (2015). Cette découverte enrichit la liste des grands branchiopodes d'Algérie et étend la zone de distribution connue de cette espèce saharienne.

2. Généralités sur les spinicaudates

2.1. Systématique des spinicaudates

Les crustacés branchiopodes sont une classe du sous-embranchement Crustacea. Ils sont subdivisés en trois ordres : Anostraca, Notostraca et Diplostraca. Ce dernier ordre est une combinaison de ce qu'était auparavant connu comme les Conchostracés (Martin & Davis, 2001). Il existe 747 taxons entre espèces, genres et familles, dont 215 seulement sont valides, 4 familles et 16 genres (Rogers, 2020).

Embranchement : Arthropoda, Gravenhorst, 1843

Sous- embranchement : Crustacea, Brünnich, 1772

Classe : Branchiopoda, Latreille, 1817

Sous-classe : Phyllopoda, Preuss, 1951

Super-ordre : Diplostraca, Gerstaecker, 1866

Ordre : Spinicaudata, Linder, 1945

2.2. Anatomie générale des spinicaudates

La taille des spinicaudates varie de 4 à 30 mm (Bellec & Rabet, 2016) La carapace, comprimée latéralement, renferme un corps court et segmenté avec un telson très robuste à son extrémité (Fig. 58). La tête dépourvue de casque céphalique, est composée de cinq somites, elle est orientée ventralement, avec une carène latérale. La face est bien développée et peut arborer des encoches ou des denticules. Les yeux sont sessiles et très rapprochés. Le labrum est grand et flexible. La tête dispose de deux longues antennes birameuses natatrice qui dépassent de la carapace, chaque branche des antennes est composée d'une 15^{ne} de segments, les proximaux et les distaux. Elle dispose également d'une paire d'antennules longues et mobiles, qui peuvent être mono ou bisegmentées. Ils ont une paire de mâchoires robustes pour la mastication, les maxillaires dont la longueur et la morphologie varient d'une espèce à une autre, sont petites et armées de denticules, les maxilles elles, sont réduites à de petits lobes individuels, pourvues de soies distales (Alonso, 1996).

Le tronc présente un nombre variable de segments, allant jusqu'à 32 segments au maximum (Fryer, 1987). Tous les segments sont pourvus d'appendices (thoracopodes) et nombre d'entre eux sont armés dorsalement par des denticules. Les thoracopodes sont foliacés, allongés et dirigés ventralement. Ils se composent de six endopodes, exopodites, épipodite respiratoire et protopodite. La première endite est de forme triangulaire et agit comme une gnatobase (elle fait fonction de mâchoire). Les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} endites ont une fonction de filtration, la 5^{ème} endite est pourvue d'un palpe allongé, la 6^{ème} endite (endopodite) est allongée distalement. L'exopodite est bien développé et son lobe proximal est quelque peu réduit. L'épipodite est toujours présente.

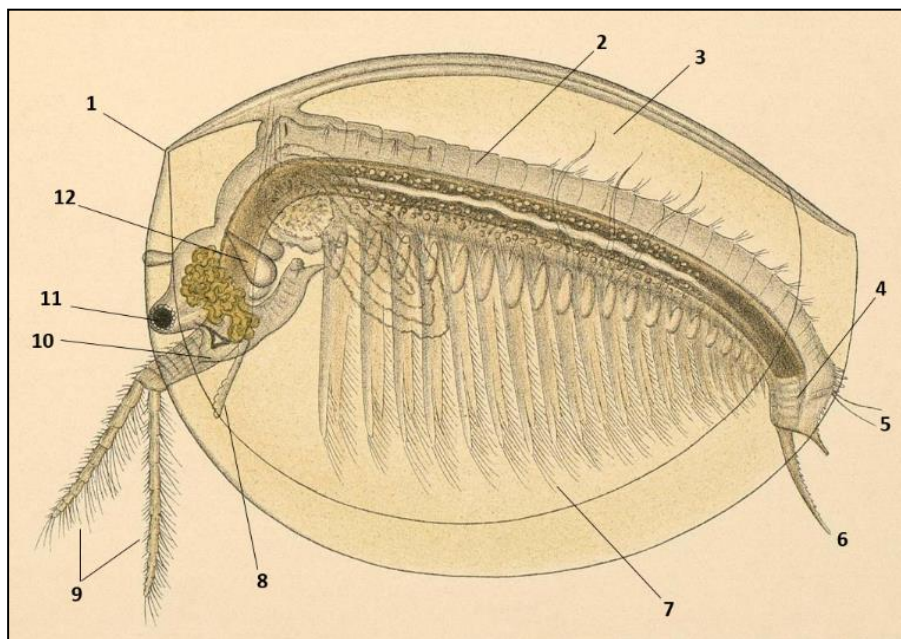


Figure 58. Schéma du corps d'un spinicaudate. 1. Umbo, 2. Les ségments, 3. La carapace, 4. Le telson, 5. Les soies, 6. Le cercopode, 7. Les thoracopodes, 8. Une antenulle, 9. Les antennes, 10. Le rostre, 11. L'œil, 12. La mandibule. (Source : Google modifié).

Le tronc se termine par un telson très robuste et comprimé latéralement. La marge dorsale du telson se termine généralement par une série de denticules de différentes tailles et possède deux longues soies sensorielles. La partie terminale du telson se termine par deux cercopodes (épines furcales) en forme de griffes.

2.2.1. La carapace

La carapace des spinicaudates est articulée par un muscle adducteur au niveau d'un renflement dorsal appelé Umbo, qui est la partie la plus ancienne de la coquille. La surface de chaque valve est pourvue de lignes de croissance, qui se forment tout au long de la vie de l'animal (la coquille ne se perd pas avec les mues). La coquille est reliée au corps de l'animal par la partie dorsale de la tête. Les spinicaudates sont généralement de couleur jaunâtre, orange ou brun rougeâtre.

2.2.2. Le dimorphisme sexuel

En plus de la structure de la tête et la présence d'œufs chez les femelles adultes, le dimorphisme sexuel s'observe également dans la structure des thoracopodes : chez les mâles adultes, Les deux premiers thoracopodes ont une structure préhensile en forme de pince. Chez les femelles, les 9^{ème} et 10^{ème} thoracopodes (et parfois jusqu'au quinzième) ont des filaments dorsaux où les œufs s'agglutinent.

2.2.3. Les œufs

Les œufs ont une forme sphérique de couleur jaunâtre ou orange, protégé par une membrane. Les œufs donnent des larves de nauplii à l'éclosion, caractérisée par un labrum développé et des antennules très réduites. Les nauplius se développent en métanauplius, et la coquille n'apparaît qu'après trois ou quatre mues.

2.3. Le cycle de vie et modes de reproduction

Le cycle de vie commence avec des œufs portés sous la carapace, attachés aux exopodes de la femelle, avant de se déposer dans le sédiment. Après l'éclosion, il y a cinq à sept stades larvaires (naupliaires), avant la métamorphose en bivalve juvénile. Les nauplii sont caractérisés extérieurement par un aspect général aplati dorso-ventralement, avec des membres peu développées, et non fonctionnels et la carapace ne recouvre que les paires antérieures des membres.

La reproduction chez les spinicaudates est normalement bisexuée, elle présente néanmoins une large gamme ; la dioécie, l'androdioécie et la parthénogenèse (Sassaman, 1995 ; Weeks *et al.*, 2009). D'après Brantner *et al.*, (2013), et après la découverte de gamètes mâles fonctionnels produits dans une région de la gonade située dans l'arrière de la tête, la parthénogenèse serait plutôt de l'hermaphrodisme. Dans les populations dioïques, le mâle et la

femelle sont attachés au centre pendant l'accouplement, avec les corps perpendiculaires les uns aux autres.

Excepté dans la parthénogenèse, les œufs sont durables et résistants à la dessiccation, de ce fait il n'y a pas de chevauchement dans les générations (Weeks *et al.*, 2008, 2014).

2.4. Nourriture et prédation

La majorité des spinicaudates sont des espèces triptonophages (se nourrissent de matières en suspension). Ils font partie du régime alimentaire de nombreux groupes d'animaux, tels que les hémiptères aquatiques, les larves d'amphibiens, les oiseaux et les notostracés (Knoll, 1995 ; Pérez-Bote *et al.*, 2004). L'abondance de prédateurs augmente avec l'augmentation du niveau d'eau dans la mare, de sorte que les spinicaudates ont tendance à diminuer à mesure que le temps s'écoule depuis la crue initiale (Hann, 1996). Cette baisse peut néanmoins répondre à la dynamique du cycle de crue lui-même (Pérez-Bote *et al.*, 2004).

2.5. Origine et distribution

Les spinicaudates sont apparues au Dévonien inférieur (Tasch, 1969), il y a environ 400 millions d'années. Ils habitent généralement des eaux douces et temporaires dans lesquelles il n'y a pas de prédateurs et plus exceptionnellement dans des lacs salés (Timms & Richter, 2002). La plupart vivent dans des mares peu profondes, souvent boueuses. Ils se nourrissent en filtrant les algues et les particules détritiques, dans les eaux boueuses ils ingèrent des particules d'argile, profitant de la matière organique qui s'y adsorbe (Alonso, 1996).

A l'exception de l'Antarctique, les spinicaudates ont une distribution mondiale, mais dispersée. Les différentes espèces de ce groupe sont adaptées pour vivre dans les régions arides et semi-arides du globe, dans des eaux temporaires de divers types ; tel que des mares désertiques après une crue, des étangs et des rizières.

2.6. Intérêt scientifique

D'un point de vue scientifique, la particularité des branchiopodes en général et spécifiquement les spinicaudates tient dans la combinaison entre la plasticité morphologique et la stase évolutive (absence de changement) (Martin, 1992). Avec l'ordre des Notostraca, les spinicaudates font partie des organismes les plus anciens vivants sur terre. Ils sont inféodés à de petits plans d'eau temporaires dans lesquels les prédateurs sont rares, ces milieux sont comparables aux plans d'eaux primitifs de la planète avant l'apparition des poissons. Les spinicaudates sont le taxon clé dans la compréhension de la phylogénie et de l'évolution des branchiopodes, basée à la fois sur des critères morphologique et moléculaire (Martin &

Spinicaudates : premier signalement d'*Eulimnadia rogersi*

Rabet et Guallerne in Rabet *et al.*, 2015 en Algérie

Davies, 2001). Ils ne sont pas connus pour avoir une importance économique pertinente. Les spinicaudates se distinguent également par leur trace fossile diversifiée et continue, notamment de la carapace seule (Tasch, 1969).

2.7. Taxonomie de la famille des Limnadiidae et du genre Eulimnadia

La taxonomie des spinicaudates est tumultueuse. Leur classification se base à la fois sur leur morphologie (Fryer, 1987; Olesen, 1998) et leur génétique (Spears & Abele, 2000 ; Braband *et al.*, 2002). Ce groupe se partage en 4 familles qui sont les Leptestheriidae, les Cyzicidae, les Australimnadia et les Limnadiidae (Rogers, 2020), cette dernière est la plus riche avec neuf genres : *Estheriiniidae*, *Limnadia*, *Imnadia*, *Limnadopsis*, *Limnadopsium*, *Paraimnadia*, *Metalimnadia* et *Eulimnadia* (Rogers, 2020).

Le genre *Eulimnadia* (Packard, 1874) comprend 59 espèces décrites (Rogers, 2020), dont 46 valides. C'est le seul genre à avoir une distribution mondiale, excepté l'Antarctique. D'une taille variant de 0,5 à 1 cm de longueur, les espèces du genre vivent dans des eaux temporaires, souvent avec un cycle de vie relativement court, elles survivent aux périodes sèches grâce aux œufs de résistance, qui ont des formes spécifiques aux espèces (Belk, 1989 ; Rabet, 2010).

Le diagnostic du genre *Eulimnadia* suit Rogers, 2020. Les populations sont majoritairement composées de mâles et d'hermaphrodites. Le rostre est variable, émoussé à aigu, long ou court. L'angle entre le rostre et le front est de 80° à 100°. L'encoche occipitale et la condyle occipitale sont absentes. L'organe frontal pédonculé a une longueur d'environ 1,55 fois la distance entre l'organe et le tubercule oculaire. Le bord dorsal de la carapace est lisse, sans carènes, la ligne de charnière est arquée, rarement sinuée. La surface de la carapace entre les lignes de croissance est lisse. L'ombilic est absent (Fig. 58).

La carapace est occasionnellement pigmentée. L'angle de la cicatrice musculaire varie de 0° à 90° par rapport à la normale. Chaque endopode des claspers porte un organe suctorial apical. L'endite peut être largement transversale ou porter un champ apical dense de courtes soies, ou quelques longues soies ou épines. Les segments thoraciques sont lisses ou présentent une crête dorsopostérieure bordée de piquants ou de soies. Les œufs se fixent aux exopodes prolongés des thoracopodes. Le telson présente une projection spiniforme souscercopodale, dirigée postérieurement sur l'angle ventropostérieur, en avant de la base du cercopode. Le bord postérieur du telson est garni de rangées de 6 à 22 épines. Le filament caudal prend naissance entre les rangées de piquants au deuxième, troisième, quatrième, cinquième ou septième piquant à partir de la confluence. Le filament caudal est porté sur une protubérance

Spinicaudates : premier signalement d'*Eulimnadia rogersi*

Rabet et Guallerne in Rabet *et al.*, 2015 en Algérie

saillante. Les cercopodes sont arqués, parfois sinueux. Le cercopode présente une rangée longitudinale médiane de soies sur 75 à 80 % de la longueur proximale. Les soies sont plumeuses et longues. La rangée de soies se termine par une seule épine.

Le cercopode possède un cirre dorsal subapical, s'étendant de 5 à 30 % de la longueur du cercopode. Les œufs mesurent de 170 à 250 µm de diamètre. Leur forme est sphérique à subsphérique ou cylindrique à subcylindrique, avec une extrémité plus grande que l'autre. Les œufs présentent de grandes dépressions polygonales rectilignes séparées par des crêtes, parfois avec des épines lamellaires ou setiformes au niveau des confluences des lignes de crête polygonales (Belk, 1989 ; Martin, 1989 ; Martin & Belk, 1989 ; Rabet *et al.*, 2010).

3. Matériel et méthodes

3.1. Description des sites d'échantillonnage

Les deux sites où la nouvelle espèce d'*Eulimnadia* a été signalée sont situés dans le Sahara Central, le Hoggar et le Tassili n'Ajjer (Fig. 59).

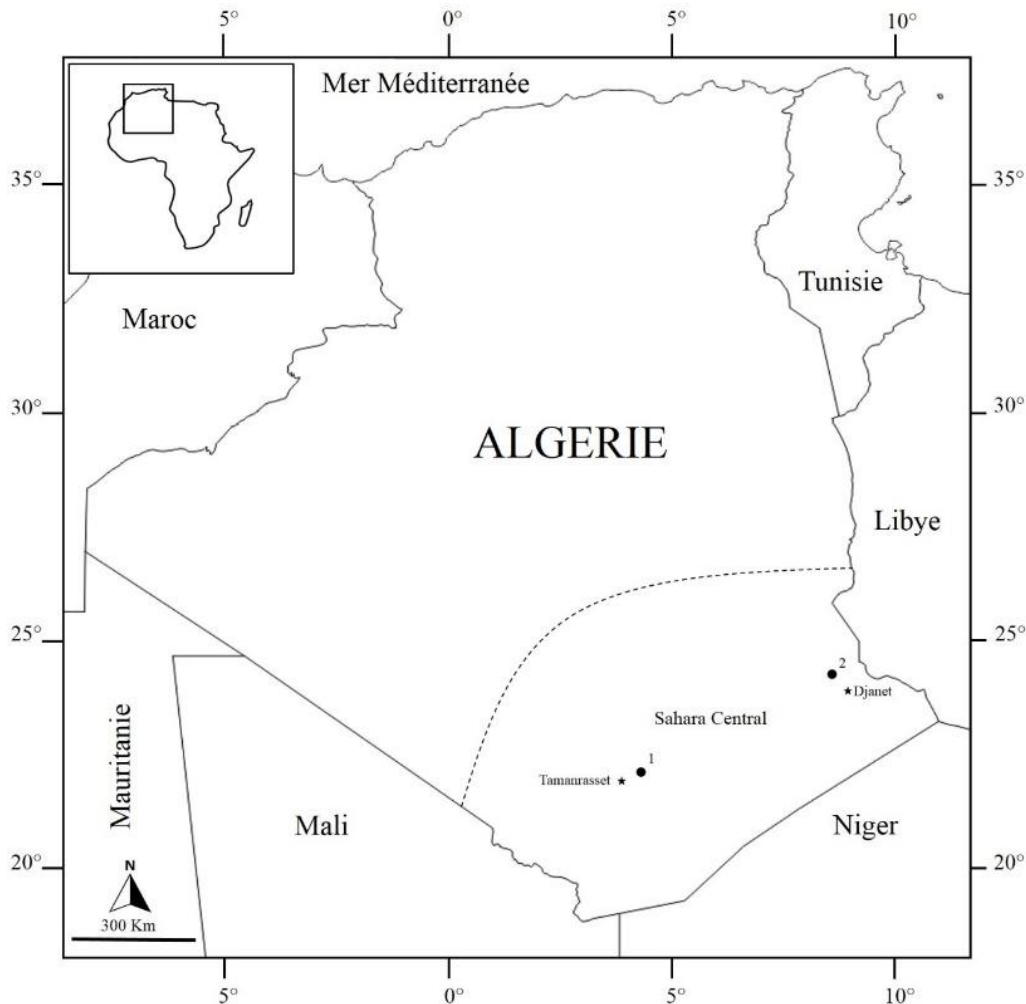


Figure 59. Carte d'Algérie montrant les sites d'échantillonnage d'*Eulimnadia rogersi*, 1. Guelta d'Assekrem, 2. Guelta de Tigharghart.

Le premier site est une Guelta asséchée d'environ 20 m² et 50 cm de profondeur (Fig. 60A), située dans les montagnes du Hoggar, à Assekrem, à une altitude de 2095 m (23°11.810'N 5°42.739'E). Son substrat est constitué de sable fin, parsemé de quelques touffes de plantes, et le milieu environnant est recouvert de roches basaltiques.

Le deuxième site est situé à Tigharghart dans le Tassili n'Ajjer, à 300 km au nord-est du premier site (24°23'29.22"N 9°27'19.68"E). Il s'agit d'un grand bassin asséché et plat, dépourvu de végétation et ressemblant à une Sebkha. Il est situé à une altitude de 980 m (Fig. 60B).

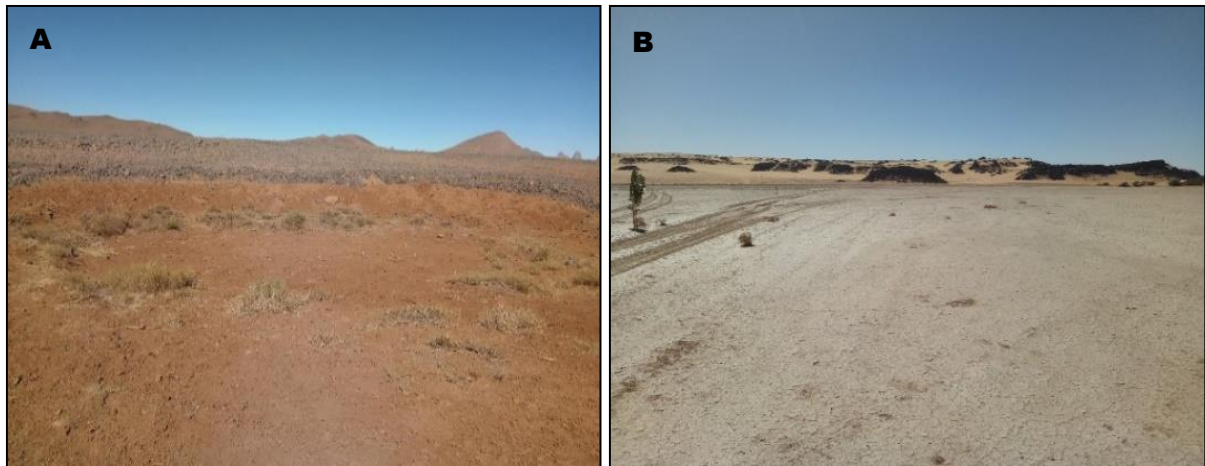


Figure 60. Photos des sites d'échantillonnage d'*Eulimnadia rogersi*, A. Guelta d'Assekrem, B. Guelta de Tigharghart. (Images : M.A.A).

3.2. Echantillonnage et méthode d'élevage

Les échantillons du substrat des deux sites ont été collectés en raclant la couche supérieure du sol à différents endroits, puis stockés dans un sac en plastique hermétique. Le sol a été incubé dans un conteneur de 20 L rempli d'eau distillée, protégé contre toute contamination externe. L'élevage a été réalisé selon une photopériode naturel, en plein air et à une température ambiante de 25° à 30°C. Aucune nourriture ni oxygène n'ont été ajoutés, et les animaux ont été nourris avec des algues et des bactéries se développant à partir du sédiment. Les animaux ont été élevés jusqu'à la maturité sexuelle (présence d'œufs dans la poche incubatrice) lorsque cela était possible. Le même protocole a été suivi afin d'obtenir des adultes d'*Eulimnadia rogersi* provenant de la localité type (voir Rabet *et al.*, 2015). Les spécimens ont été conservés dans les collections du Muséum national d'Histoire naturelle (Paris, France) et dans les collections du laboratoire de Bioressources Marines de l'Université Badji-Mokhtar, Annaba).

3.3. Analyse génétique

Les analyses moléculaires ont été effectuées au "Service de Systématique Moléculaire" (SSM) du MNHN à Paris. Quatre individus ont été prélevés pour être inclus dans les analyses moléculaires. Ils ont été identifiés à l'aide de clés de d'identification des espèces de Rabet *et al.*, (2015).

L'ADN génomique total a été extrait des appendices de l'individu du site de Illizi à l'aide du kit QIAamp DNA Micro (Qiagen) selon les protocoles du fabricant. Des séquences partielles du gène de l'ADNmt codant pour la sous-unité I de la cytochrome oxydase (ADNmt COI) ont été amplifiées par réaction de polymérisation en chaîne (PCR) à l'aide des amorces COI LCO1490 et HCO2198 décrites par Folmer *et al.*, (1994). La réaction de PCR a été réalisée sur un thermocycleur Bio-Rad C1000 Touch pour un volume total de 20 µl. Chaque réaction contenait la composition suivante : 12,44 µl (H₂O), 2 µl (tampon Taq 10x cor-alLoad), 1 µl de DMSO (DiMethyl Sulfoxide), 1 µl de BSA (Sérum Albumine Bovine), 0,8 µl de dNTPs (DésoxyNucléotide TriPhosphate), 0,32 µl de chaque amorces, 0,12 µl de Taq (ADN polymérase recombinante, Quiagen) et 2 µl de l'ADN. L'amplification a consisté en une étape de dénaturation initiale à 94°C pendant 5 minutes suivie de 40 cycles à 94°C pendant 30 s, 50°C pendant 30 s, et 72°C pendant 90 s, suivie d'une extension finale à 72°C pendant 8 min. Trois µl d'amplicons ont été séparés par électrophorèse dans un gel d'agarose à 2% dans un tampon TAE (Tris-Acétate EDTA : Tris 40 mM, acide acétique 20 mM, EDTA 1 mM) coloré à l'éthidium bromure à 100 V pendant 20 min et visualisés avec un transilluminateur UV. La taille des amplicons a été estimée par comparaison avec l'échelle de poids moléculaire 1 Kb Plus DNA Ladder (Invitrogen by Life Technologies). Les produits de PCR, qui présentaient une bande unique et claire de la longueur attendue correcte, ont été envoyés pour séquençage selon la méthode de Sanger *et al.* (1977) au service de séquençage "Eurofins" de la société MWG Operon (Allemagne). Ils ont été séquencés dans les deux directions en utilisant les amorces avant et arrière (LCOI et HCOI) que nous avons fournies à la société. Les chromatogrammes ont été importés et édités avec Geneious 11.1.5 afin de produire une séquence consensus.

3.4. Sélection des séquences et alignement

Pour mener à bien cette analyse, nous avons réalisé une analyse préliminaire montrant que l'espèce *Eulimnadia rogersi* appartient au clade *Eulimnadia* du vieux monde tel que rapporté par Bellec & Rabet (2016) (données non présentées). Ensuite, nous avons extrait les séquences des différents membres du clade *Eulimnadia* du vieux monde et polarisé notre étude en sélectionnant *Eulimnadia cylindrova* Belk, 1989 (FJ499139), qui se trouve en dehors du clade. Les séquences nucléotidiques obtenues ont été alignées avec un alignement de séquences multiples en utilisant le programme Geneious 11.1.5 (Tab. 8). Les séquences identiques ont été écartées de l'alignement. La distance entre paires de séquences a été estimée en utilisant le programme Geneious 11.1.5 (Kumar *et al.*, 2018).

3.5. Analyse phylogénétique

Les modèles de substitution d'ADN les mieux adaptés ont été évalués pour chaque codon sans partition ou pour chaque position de codon en utilisant Partition Finder selon le Critère d'Information Bayésien (BIC) (Lanfear *et al.*, 2017).

Les relations phylogénétiques ont été estimées avec trois méthodes. La liaison de voisinage a été réalisé en utilisant le logiciel Geneious Tree Builder avec HKY Genetic Distance Model et avec 10000 réplifications bootstrap. L'inférence bayésienne de coalescence a été réalisée avec MrBayes 3.2.6 (Ronquist *et al.*, 2012) consistant en quatre chaînes et 30×10^6 générations, en exécutant les modèles GTR+I+G, F81+I, HKY+I+G pour chaque position de codon. Les 10 % premières générations ont été éliminées comme brûlées après évaluation de la convergence avec Tracer v1.6 (Rambaut *et al.*, 2013), et l'arbre de consensus de la règle de majorité a été calculé pour les générations restantes. La méthode du maximum de vraisemblance (ML) a été effectuée avec PhyML (Stamatakis 2014), en calculant les valeurs de support bootstrap avec 10000 réplifications. Les arbres phylogénétiques résultants ont été visualisés avec FigTree 1.4.3 (Rambaut 2006, 2019). La figure a été préparée avec Libre Office Draw.

Tableau 8. Numéros d'accèsion à GenBank, espèce correspondante, localités, références pour les populations d'*Eulimnadia* incluses dans l'étude.

Espèces	Localité	Numéro d'accèsion	Références
<i>Eulimnadia</i> sp.	Botswana (W320)	FJ499220	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> sp.	South Africa (W285)	FJ499202	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> sp.	Botswana (W261)	FJ499195	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> sp. A	Australia, Northern Territory (W316)	FJ499217	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> sp. A	Australia, Northern Territory (W294)	FJ499209	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> sp. A	Australia, Northern Territory (W293)	FJ499208	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> sp. B	Australia, Queensland (P.91989)	KP754185	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. B	Australia, Queensland (P.91990)	KP754186	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. C	Australia, Queensland (P.91969)	KP754153	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. C	P.91968	KP754152	Western Fence north of Titanic, Bloodwood
<i>Eulimnadia</i> sp. C	P.91967	KP754151	Carters Swamp A 0-2,5cm Ansatz 26.8.09 ♀D
<i>Eulimnadia</i> sp. C	Australia, Queensland (P.91965)	KP754149	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. D	Australia, Queensland (P.91971)	KP754155	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. D	P.91970	KP754154	Carters Swamp A 0-2,5cm Ansatz 26.8.09 ♀F
<i>Eulimnadia</i> sp. E	Australia, Queensland (P.91973)	KP754157	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. F	P.91994	KP754163	Western Fence north of Titanic, Bloodwood KP754164_KP754165 NSW
<i>Eulimnadia</i> sp. L	Australia, Queensland (P.91999)	KP754204	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. M	Australia, Queensland (P.91998)	KP754203	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. I	Australia, Queensland (P.91988)	KP754202	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. K	Australia, Queensland (P.91997)	KP754201	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. K	Australia, New South Wales (P.92942)	KP754198'	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. K	Australia, New South Wales (P.92957)	KP754194	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. O	Australia, New South Wales	KP754190	Schwentner <i>et al.</i> , 2015

	(P.92949)		
<i>Eulimnadia</i> sp. N	Australia, Queensland (P.91993)	KP754189	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. N	Australia, Queensland (P.91992)	KP754188	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. H	Australia, New South Wales (P.92960)	KP754184	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. H	Australia, New South Wales (P.92961)	KP754183	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. H	Australia, New South Wales (P.92952)	KP754182	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. H	Australia, New South Wales (P.92959)	KP754181	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. H	Australia, New South Wales (P.92955)	KP754180	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. H	P.91986	KP754178	Carters Swamp A 0-2,5cm Ansatz 26.8.09
<i>Eulimnadia</i> sp. H	P.91983	KP754175	Carters Swamp A 0-2,5cm Ansatz 26.8.09
<i>Eulimnadia</i> sp. H	P.91982	KP754174	Carters Swamp A 0-2,5cm Ansatz 26.8.09
<i>Eulimnadia</i> sp. G	Australia, New South Wales (P.92944)	KP754171	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. G	Australia, New South Wales (P.92954)	KP75167	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> sp. G	Australia, Queensland (P.91981)	KP754168	Schwentner <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> cylindrova (out- group)	Japan (NS80)	FJ499139'	Weeks <i>et al.</i> , 2009
<i>Eulimnadia</i> <i>rogersi</i> Algeria	Guelta de Tagharghart, Illizi, Algérie.	PP732656	Cette étude
E_roversi	Mauritania	MNHN-IU- 2013-17441	Rabet, <i>et al.</i> , 2015
<i>Eulimnadia</i> braueriana	Japan (ZMUC CRU-9949)	EF189667	Weeks <i>et al.</i> , 2009

3.6. Etude morphologique

Les adultes d'*Eulimnadia rogersi* des deux sites ont été disséqués, puis observés sous un stéréomicroscope Olympus SZX7 avec une caméra DP 20 ; un Leica MZ6 avec une caméra Canon PowerShot S50, et un microscope à fond composite (Olympus BX51 avec une caméra SC 50 ; Olympus CX41). Plusieurs images ont été prises et empilées à l'aide du logiciel COMBINE Z5 pour obtenir une image claire. La forme du rostre et de l'organe frontal a été déterminée. La longueur et la hauteur de la carapace ont été mesurées, et les lignes de croissance comptées. Les épines du Telson ont également été comptées. La description morphologique suit Rabet *et al.*, (2015), Timms (2016) et Rogers *et al.*, (2016).



Figure 61. Microscope et prise des photos des œufs (MNHN, Paris).

Les œufs ont été isolés sous la carapace des femelles, puis directement séchés et montés sur des supports de balayage sur un autocollant en carbone. Ils ont été recouverts d'une fine couche d'or-palladium en utilisant la pulvérisation Polaron SC7640. Des photographies (MEB) ont été réalisées à l'aide d'un MEB JEOL 6100 (Fig. 61). Afin de procéder à un examen interne de la coquille, les œufs ont été préalablement ouverts avec une fine aiguille en tungstène. Les dépressions à la surface des œufs ont été comptées selon Timms & Lindsay (2011).

4. Résultats

4.1. Etude phylogénétique

L'alignement final mesure 569 pb et comprends 40 séquences (Tab. 9). L'haplotype algérien et les paratypes d'*Eulimnadia rogersi* ne sont éloignés que de 0,2 % alors que la distance avec d'autres populations d'*Eulimnadia* du clade du vieux monde varie de 12,1 à 16,2 %. L'étude phylogénétique montre que les populations, déjà identifiées au niveau de l'espèce, forment des clades soutenus lorsque les individus représentent plusieurs haplotypes différents (*E. braueriana*, *Eulimnadia* sp. d'Afrique australe, et les espèces australiennes A, B, C, D, G, H, K, O) (Fig. 62). Les populations mauritanienne et algérienne forment également un clade fortement soutenu (probabilité postérieure 1, Bootstrap 100%). Les seuls clades profondément soutenus sont ceux combinant les espèces australiennes C avec D (73/94/0.90) et I avec K (76/80/0.99). Le regroupement de A avec B, ainsi que (C+D) et E, est uniquement soutenu par une analyse phénétique (avec des valeurs de bootstrap de 70 et 65 %, respectivement).

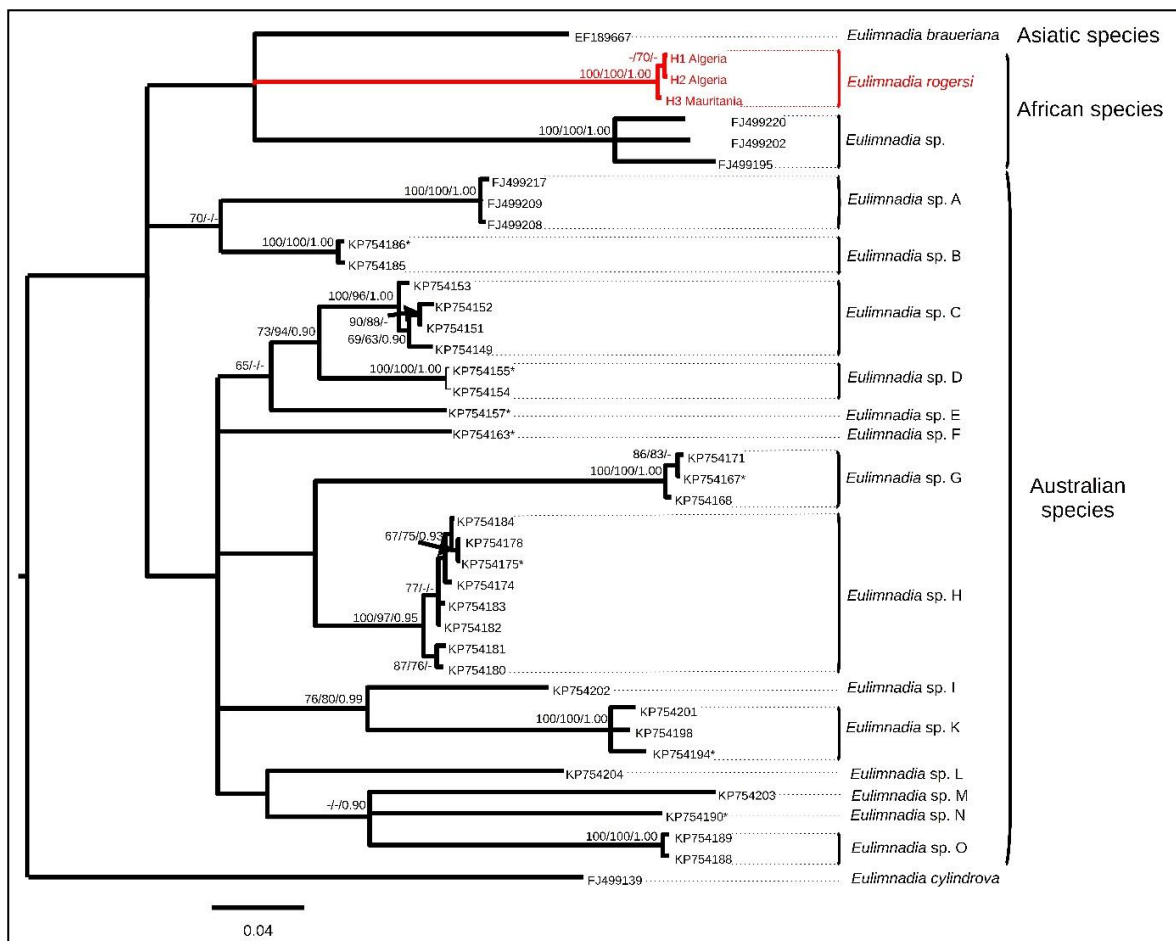


Figure 62. Arbre phylogénétique des espèces et populations d'*Eulimnadia* analysées.

Tableau 9. Valeurs par paires entre les espèces d'*Eulimnadia*. Le nombre d'haplotypes est indiqué entre parenthèses. La coloration grise dépend de la proximité génétique de la distance maximale (gris foncé pour moins de 5 %, gris clair pour plus de 5 % et blanc pour plus de 10 %).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 <i>Eulimnadia</i> sp. (3)	0.0-6.3																	
2 <i>Eulimnadia</i> sp. A (3)	13.9-16	0.0-0.5																
3 <i>Eulimnadia</i> sp. B (2)	12.5-13.9	10.4-10.5	0.0-0.4															
4 <i>Eulimnadia</i> sp. C (4)	13.7-15.1	13.2-14.2	9.8-11.2	0.0-1.8														
5 <i>Eulimnadia</i> sp. D (2)	13.3-14.1	14.3-14.6	10.5-10.9	6.7-7.3	0.0-0.3													
6 <i>Eulimnadia</i> sp. F (1)	14.2-15.5	14.1	12.7-13.0	12.0-12.3	10.8-10.9	0.0												
7 <i>Eulimnadia</i> sp. G (3)	14.1-15.1	15.1-15.8	14.2-14.6	12.8-13.9	14.0-14.2	13.5-13.7	0.0-0.7											
8 <i>Eulimnadia</i> sp. H (8)	13.7-14.6	11.8-12.5	11.2-11.8	9.8-11.2	11.8-12.5	10.9-11.2	11.4-12.3	0.0-1.7										
9 <i>Eulimnadia</i> sp. I (1)	16.0-17.2	13.0-13.4	13.0-13.4	12.3-13.0	12.7-12.8	13.9	14.8-15.5	13.1-13.7	0.0									
10 <i>Eulimnadia</i> sp. K (3)	14.9-17.4	14.8-15.6	14.2-15.3	12.0-12.8	13.3-13.5	14.2-14.4	14.4-15.1	13.0-14.6	11.8-12.1	0.0-2.5								
11 <i>Eulimnadia</i> sp. L (1)	15.3-16.7	13.9-14.1	13.0-13.4	12.8-13.9	13.3-13.4	13.0	14.4-14.9	11.6-12.5	13.4	13.4-13.9	0.0							
12 <i>Eulimnadia</i> sp. N (2)	15.5-16.3	14.6-14.8	12.3-13.0	12.8-13.4	12.2-12.6	12.7-13.0	14.2-14.8	12.3-12.8	14.9-15.3	13.7-14.4	14.9	0.0-0.4						
13 <i>Eulimnadia</i> sp. O (1)	15.6-16.3	13.4-13.5	12.5	13.7-14.1	15.2-15.3	14.4	13.5-13.7	13.5-14.7	15.5	15.3-16.2	14.2	12.0-12.3	0.0					
14 <i>Eulimnadia braueriana</i> (1)	14.6-15.1	15.6-15.8	12.8-13.2	14.4-15.3	13.4-13.5	13.5	14.6-14.9	11.8-12.7	15.8	15.5-16.0	14.9	14.4	15.1	0.0				
15 <i>Eulimnadia contraria</i> (1)	14.6-16	14.6-14.9	12.0-12.3	8.8-9.1	9.8	10.5	13.5-13.7	11.4-11.8	13.9	13.2-14.2	11.4	12.5	14.9	15.1	0.0			
16 <i>Eulimnadia taroomaensis</i> (1)	13-14.1	15.1-15.3	13.5-13.9	13.5-13.9	14.2-14.3	12.8	14.2-14.8	12.7-13.0	15.5	14.9-15.6	14.1	13.7-14.1	11.8	14.4	13.9	0.0		
17 <i>Eulimnadia rogersi</i> (2)	13.5-15.1	14.8-15.1	13.9-14.4	14.1-15.1	15.7-16.0	12.1-12.3	13.5-13.9	13.1-14.1	14.8-14.9	14.9-15.5	15.5-15.6	15.3-15.8	16.0-16.2	14.6-14.8	14.1-14.2	15.1-15.3	0.0-0.2	
18 <i>Eulimnadia cylindrova</i> (1)	15.6-16.9	16.3-16.5	14.9-15.3	14.4-15.1	14.7-14.8	14.6	17.9-18.5	14.9-15.3	18.3	15.5-15.8	16.0	16.0	16.0	15.8	14.9	15.1	15.8-16	0.0

4.2. Description morphologique des adultes

La tête porte un rostre largement triangulaire, pourvu d'un ocelle interne. L'organe frontal est pyriforme, juste postérieur aux yeux composés. L'encoche occipitale et le condyle sont absents.

La première antenne s'étendant à environ 1,5 antennomères du deuxième flagelle antennaire postérieur, annulé, portant des esthetacs sur bordure antérieure. Deuxième antenne

Spinicaudates : premier signalement d'*Eulimnadia rogersi*

Rabet et Guallerne in Rabet *et al.*, 2015 en Algérie

natatoire avec indistinct annulation du pédoncule et avec 7 antennomères sur les deux flagelles antérieurs et postérieurs. Les deux flagelles portent des soies plumeuses sur la bordure ventrale et épines sur la bordure dorsale (Fig. 63).

La carapace est de forme ovale, d'une longueur de 4,1 mm, et une hauteur de 2,5 mm. Elle est partiellement striée, surélevée sur la bordure dorsale, avec 13 lignes de croissance. Umbo (bosse) absente. Telson avec 10 épines pointues de taille variable. L'épine terminale est plus longue que les épines antérieures. Cercopodes à soies basales plumeuses et à nombreuses petites spinules.

Première spinule plus grosse que les spinules postérieures. Marge ventrale de telson avec une colonne vertébrale bien définie (Fig. 64)



Figure 63. *Eulimnadia rogersi* observée à la loupe binoculaire. (Image : M.A.A).

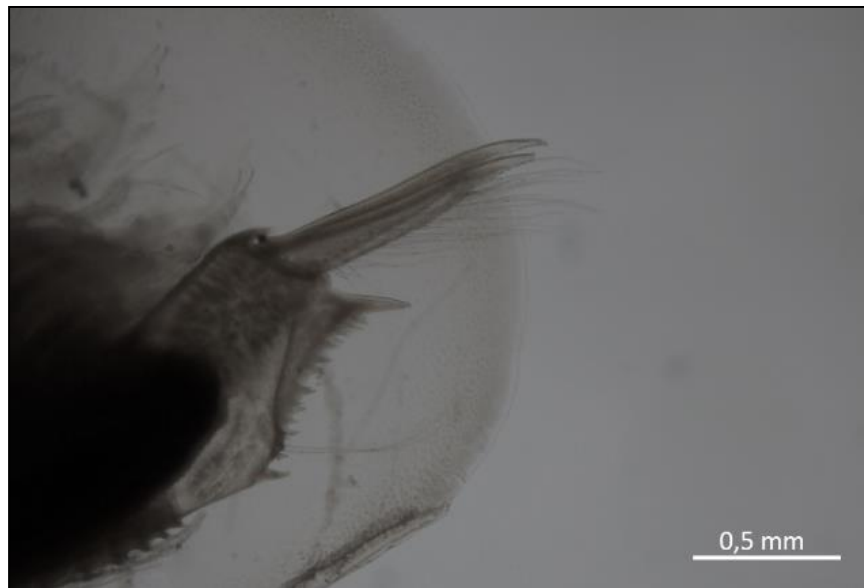


Figure 64. Détails morphologiques du telson. (Image : M.A.A).

4.3. Anatomie de l'œuf

L'œuf est de forme sphérique, parsemé de dépressions rectangulaires réparties aléatoirement sur toute sa surface (Fig. 65A). Le fond des dépressions est très étroit et linéaires, et les crêtes qui les séparent sont arrondies avec une surface lisse (Fig. 65B). Le nombre de dépressions 46-66 (moyenne $54,75 \pm 7,32$, $n = 8$). Le diamètre des œufs va de 137,7 à 158,2 μm (moyenne $150,64 \pm 7,15 \mu\text{m}$, $n = 8$).

L'épaisseur de la coquille de l'œuf au niveau des crêtes varie entre 16,7 et 23 μm (moyenne $20,63 \mu\text{m} \pm 1,69 \mu\text{m}$, $n = 10$), au niveau des dépressions elle varie entre 5,53 et 8,2 μm (moyenne $6,79 \mu\text{m} \pm 0,99 \mu\text{m}$, $n = 7$) (Fig. 65D).

La coquille est constituée d'une couche alvéolaire dense (Fig. 65C), sous les crêtes, les plus petites alvéoles varient de 0,34 à 1 μm (moyenne $0,68 \mu\text{m} \pm 0,19 \mu\text{m}$, $n = 15$), les plus grandes varient de 1,23 à 3,2 μm (moyenne $2,25 \mu\text{m} \pm 0,67 \mu\text{m}$, $n = 15$). Sous les dépressions, les plus petites alvéoles varient de 0,24 à 0,6 μm (moyenne $0,35 \mu\text{m} \pm 0,13 \mu\text{m}$, $n = 10$), les plus grandes varient de 0,67 à 1,55 μm (moyenne $1,1 \mu\text{m} \pm 0,31 \mu\text{m}$, $n = 10$).

Les piliers ont des épaisseurs différentes, sous les crêtes, leurs épaisseurs varient entre 0,1 et 0,6 μm (moyenne $0,24 \mu\text{m} \pm 0,08 \mu\text{m}$, $n = 14$). Sous les dépressions, leurs épaisseurs varient entre 0,1 et 0,52 μm (moyenne $0,19 \mu\text{m} \pm 0,07 \mu\text{m}$, $n = 11$).

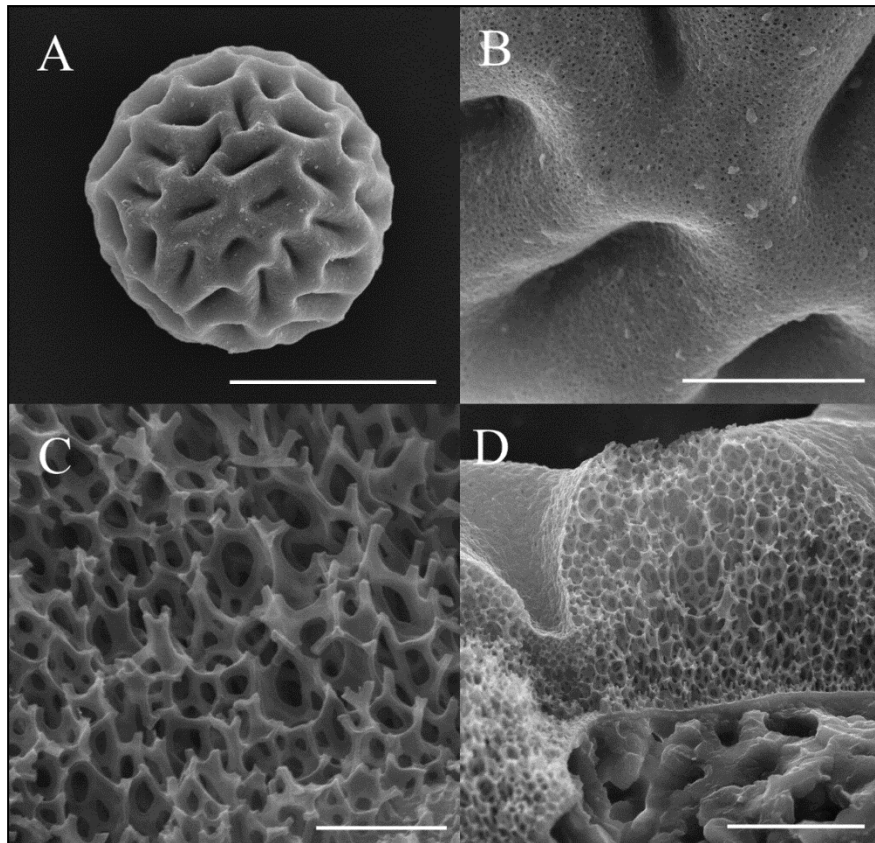


Figure 65. Œufs d'*Eulimnadia rogersi*. A : invagination de l'œuf, B : grossissement de la surface de l'œuf, C, D : structure interne du chorion de l'œuf. (Images : M.A.A). Echelles : A : 100µm, B : 20µm, C : 2.5µm, D : 10µm.

5. Discussion

5.1. Etude phylogénétique

Dans cette étude, il apparaît que le COI est suffisant pour délimiter les espèces mais n'est pas suffisamment informatif pour établir des relations entre les espèces, comme déjà montré par Schwentner *et al.*, (2015). En considérant une divergence génétique du gène COI inférieure à 5 % (Bellec & Rabet, 2016), alors que la divergence du COI entre la localité type et l'espèce algérienne qui est égale à seulement 0,2 %, l'espèce algérienne appartient à *Eulimnadia rogersi*. De plus, le fait que les populations algériennes et mauritaniennes constituent un clade solide comme les autres espèces identifiées (*E. braueriana*, *Eulimnadia* spp. d'Afrique australe, et les espèces australiennes A, B, C, D, G, H, K, O) suggère que la dispersion trans-océanique s'est produite chez certains taxons d'*Eulimnadia* (Schwentner *et al.*, 2020). Cette découverte représente le deuxième signalement de cette espèce après sa localité type en Mauritanie (Rogers, 2020).

5.2. Morphologie et systématique

Le spécimen d'*Eulimnadia rogersi* d'Algérie avait une longueur de 4,1 mm et une hauteur de 2,5 mm, ce qui est conforme aux mesures originales de cette espèce, donnant des valeurs approximatives allant de 4,5 à 6,55 mm de longueur et de 1,8 à 4,25 mm de hauteur (Rabet *et al.*, 2015).

La systématique des spinicaudates repose traditionnellement sur la description des caractéristiques morphologiques de l'animal. Cependant, la majorité de ces caractères semblent être variables, tels que les lignes de croissance (Massal, 1953, 1954 ; Roessler, 1990, 1995 ; Vidrine *et al.*, 1987) et la forme de la tête (Straskraba, 1965 ; Belk, 1989). Les variations morphologiques intraspécifiques et la grande plasticité des critères d'identification au sein du groupe ont conduit à des confusions dans l'identification des espèces (Rogers, 2020). En effet, peu de caractères morphologiques sont diagnostiques pour l'identification des espèces dans ce genre (Pereira & Garcia, 2001), mais les descriptions des œufs basées sur la microscopie électronique à balayage fournissent les caractères taxonomiques les plus fiables pour le genre (Rabet, 2010).

Toutes les espèces d'*Eulimnadia* signalées en Afrique du Nord et en Asie occidentale produisent des œufs de repos sphériques, contrairement à celles d'Afrique australe, d'Asie orientale et d'Amérique, où des espèces avec des formes d'œufs variables sont fréquemment observées (Belk, 1989 ; Martin & Belk, 1989 ; Rabet, 2010).

Néanmoins, les caractéristiques morphologiques externes des œufs ne permettent pas l'identification d'*E. rogersi* par rapport aux autres espèces d'*Eulimnadia* d'Afrique et de Chine (Rabet *et al.*, 2015 ; Shen & Huang, 2008). Par conséquent, l'identification doit être basée sur des observations internes de l'œuf, suivant une méthode concluante appliquée à un *Eulimnadia* d'Amérique du Sud. Cette méthode a permis l'identification des populations nord-africaines et d'Arabie (Rabet *et al.*, 2012). Les œufs rapportés dans cette étude ont une forme sphérique avec de petites dépressions étroites plus ou moins rectangulaires, une forme commune à d'autres espèces en Afrique et en Asie telles que *E. aethiopica*, *E. margaretae*, *E. adrarensis* (Rabet *et al.*, 2015) et *E. khoratensis* de Thaïlande (Rogers *et al.*, 2016). Cependant, la forme des crêtes séparant les dépressions est différente ; *E. adrarensis* a des crêtes irrégulières et tuberculaires, *E. aethiopica* a des crêtes relativement pointues et les crêtes de *E. margaretae* sont arrondies.

L'étude de la structure interne de l'œuf recommandée par Rabet *et al.*, (2012) a montré que les œufs de cette espèce ont en moyenne 54,75 dépressions à leur surface, une valeur proche de celle trouvée par Rabet *et al.*, (2015) (55,5 dépressions), qui reste supérieure à celle d'*E. margaretae*, *E. aethiopica* et *E. adrarensis*, qui est respectivement de 53, 37 et 48.

La localité algérienne du Hoggar est située à 300 km de la deuxième localité du Tassili N'Ajjer, et à 1700 km de la localité-type de l'Adrar de Mauritanie, ces trois régions sont situées entre 18° et 26° de latitude nord, et sont réparties le long du tropique du Cancer. Bien que ces régions aient un climat aride et désertique, elles abritent des Oueds et des Gueltas, des plans d'eau éphémères rarement inondés par les faibles précipitations qui surviennent généralement en été (Août) dans ces régions. Ces zones humides constituent un habitat naturel propice à diverses espèces de grands branchiopodes, telles que *Branchipus schaefferi*, *Streptocephalus rubricaudatus*, *Leptestheria mayeti*, *Eocycticus saharicus* (Seurat, 1930 ; Beladjal *et al.*, 1995, Rabet *et al.*, 2015 ; Chergui *et al.*, 2023). La présence de ces espèces à la fois dans l'Adrar de Mauritanie, le Tassili N'Ajjer et le Hoggar montre qu'elles y trouvent des biotopes similaires et des conditions compatibles avec leurs besoins ; ceci est également valable pour *E. rogersi* qui y trouve un milieu qui réponds à ses exigences écologiques.

Au Hoggar, la saison des pluies estivales coïncide avec des températures élevées (Leroux, 1991), et au Tassili, des pluies relativement abondantes surviennent en septembre (Barry, 1991), pour le plateau de l'Adrar Mauritanien, les pluies surviennent essentiellement en été durant les mois les plus chauds, influencées par la remontée de la mousson guinéenne (Biberson, 1969), ce qui est compatible avec les exigences écologiques de l'espèce. Le genre *Eulimnadia* est connu pour vivre là où la saison des pluies coïncide avec des températures chaudes.

6. Conclusion

Eulimnadia rogersi est la première espèce de la famille des Limnadiidae enregistrée en Algérie. Ce rapport s'ajoute à la liste déjà existante de 5 espèces, appartenant à trois genres de spinicaudata trouvés dans le pays, *Cyzicus tetracerus* (Ktynicki, 1830), *C. algericus* Daday, 1914, *Eocyclus saharicus* (Gauthier, 1937) *Leptestheria mayeti* (Simon, 1885) et *L. heterochaeta* (Daday, 1923). *E. rogersi* est la troisième espèce enregistrée dans l'extrême sud de l'Algérie après *L. mayeti* (Seurat, 1934) et *E. saharicus*, récemment trouvée au Tassili N'Ajjer par Chergui *et al.*, (2023). Ce nouveau signalement du désert du Sahara augmente la liste des grands branchiopodes en Algérie de 25 (Samraoui *et al.*, 2006 ; Boumendjel *et al.*, 2018 ; Beladjal & Amarouyache, 2023 ; Boumendjel *et al.*, 2023 ; Chergui *et al.*, 2023, 2024) à 26 espèces et devrait encourager de nouvelles enquêtes et promouvoir des études approfondies sur les crustacés des eaux continentales. La présence d'*E. rogersi* dans le Sahara Central semble confirmer les capacités de dispersion du genre *Eulimnadia* et étend sa zone de distribution connue sur le continent africain. De plus, des espèces indéterminées du genre ont été enregistrées plus au nord en Tunisie (Rabet *et al.*, 2015) et en Sardaigne, ce qui a été le premier signalement du genre en Europe (Marrone *et al.*, 2021). Ces découvertes soulèvent des questions sur les limites de la tolérance des espèces/genres à l'aridité et à la température, ainsi que sur la plus grande biodiversité du genre, si les espèces se révèlent être différentes.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives de recherche

Les crustacés représentent le groupe le plus important parmi la faune aquatique continentale, étant à la tête de la chaîne trophique, en particulier dans les milieux éphémères dépourvus de poissons. Ces milieux sont de véritables garde-mangers pour la faune aviaire et terrestre et sont menacés de disparition, à cause de la pression anthropique et le réchauffement global. La connaissance de leur biodiversité est primordiale afin d'envisager les procédures de protection. Cette étude est complémentaire aux investigations antérieures sur la faune carcinologique des milieux aquatiques d'Algérie et a permis de compléter les listes existantes. Elle s'intéresse particulièrement au compartiment benthique comprenant les ostracodes et les spinicaudates. Nous avons visé les régions arides et semi-arides qui ont été les moins étudiées auparavant comparées à la région humide.

L'étude taxonomique des ostracodes a permis la mise à jour de la liste précédente et ajouter de nouvelles données sur les conditions écologiques dans lesquelles les espèces vivent. L'analyse canonique des correspondances (ACC) a démontré l'existence d'une relation entre la répartition des ostracodes et les données physico-chimiques des sites de prélèvement (pH et salinité). Au total, 27 ostracodes d'eau douce appartenant à 4 familles différentes ont été trouvés dans le Sahara et les Hauts Plateaux, représentant 43% des ostracodes précédemment enregistrée pour l'Algérie. La famille des cyprididés dominant dans cette étude à 76%. Six espèces sont de nouveaux signalements, dont 2 nouvelles pour la science. Ce score représente plus du cinquième de la totalité des espèces identifiées dans cette étude. *Darwinula stevensoni* est un nouveau signalement pour l'Algérie, *Oncocypris muelleri* est un nouveau signalement pour l'Afrique du Nord, *Trajancypris laevis* et *Candelacypris aragonica* sont de nouveaux signalements pour toute l'Afrique et *Psychrodromus* sp 1. et *P.* sp 2. sont deux nouvelles espèces pour la science. Avec ces nouveaux relevés, le nombre précédent d'ostracodes d'eau douce algériens est passé de 49 à 63 espèces. Seule *O. muelleri*, parmi toutes ces espèces a une distribution afrotropicale et 42% ont une distribution partagée entre les deux écozones afrotropicale et paléarctique. La majorité des espèces ont été trouvées dans les Hauts Plateaux et l'espèce des eaux salées *Heterocypris incongruens* s'est avéré la plus fréquente dans la région étudiée (Hauts Plateaux et Sahara). En effet, les Hauts Plateaux sont connus pour leur sol salé, riche en calcaire et le caractère éphémère de ses milieux aquatiques, ce qui explique l'occurrence fréquente de cette espèce halophile et produisant des œufs de repos. Contrairement à toute attente, les oueds sont les milieux les plus riches en espèces alors que les ostracodes sont connus pour préférer les eaux stagnantes. Ces milieux lotiques étaient

asséchés lors de notre visite et les ostracodes ont été obtenus par la culture de leur sol contenant des œufs de repos. Ces derniers ont dû être charriés par les crues pour se concentrer dans ces milieux lotiques éphémères typiques de l'Afrique du nord. Cette caractéristique de concentration devrait être prise en compte lors d'études de la banque de cystes à des fins de conservation. Ce chapitre représente un catalogue intéressant, il fournit des photos des carapaces d'ostracodes facilitant l'identification des espèces. Des campagnes d'échantillonnages couvrant la partie sud-ouest du pays devraient être organisées afin de compléter la liste. Un échantillonnage plus étalé dans le temps et couvrant toutes les saisons devrait révéler d'autres espèces d'ostracodes vivant dans le même milieu, mais à des périodes différentes.

Les spinicaudates sont le groupe de crustacés bivalves le plus rare en Algérie avec 5 espèces seulement. Durant tout l'échantillonnage et dans toutes les cultures de terres lancées, une seule espèce a été obtenue. Il s'agit d'*Eulimnadia rogersi*, identifiée visuellement en utilisant les adultes et par la photographie électronique à balayage des œufs de repos, et ensuite confirmée par l'analyse phylogénétique. C'est la première espèce de la famille des Limnadiidae (spinicaudates) enregistrée en Algérie. C'est aussi le deuxième signalement après sa description initiale de Mauritanie. Elle s'ajoute à la liste déjà existante des 5 espèces de spinicaudates, trouvés dans le pays. *E. rogersi* est la troisième espèce enregistrée dans l'extrême sud de l'Algérie après *L. mayeti* et *E. saharicus*, récemment trouvée au Tassili N'Ajjer. A présent, 50% des spinicaudates d'Algérie sont présent dans le Sahara. Ce nouveau signalement augmente la liste des grands branchiopodes d'Algérie de 25 à 26 espèces.

Ces groupes de crustacés inférieurs restent les groupes les moins étudiés de par la difficulté de leur identification comparée aux autres groupes et de par leurs méthodes d'échantillonnage. En effet, ils ont un mode de vie benthique et passent souvent inaperçus ou ne sont pas récoltés par les engins et méthodes classiques d'échantillonnage du plancton nageant en pleine eau. D'autre part, la grande majorité des milieux aquatiques d'Algérie sont éphémères et sont en eau que pour une courte période. C'est pour ces raisons qu'il est important de choisir les périodes et les méthodes d'échantillonnage adéquats pour les futures campagnes. La méthode de Sars pour la culture des sols contenant des cystes afin de vérifier la présence des espèces a été d'une grande utilité pour cette étude des milieux aquatiques des régions arides et semi-arides. Cependant, la présence seule des cystes ne reflète que la biodiversité en elle-même mais pas le développement réel dans le milieu. C'est pourquoi, il est impératif d'envisager des suivis écologiques saisonniers pour les espèces les plus rares et emblématiques.

Bibliographie

Bibliographie

- ABHS (2009). L'Agence de Bassin Hydrographique Sahara : pour une gestion rationnelle et durable des ressources en eau dans le Sahara. L'Agence de Bassin Hydrographique du Sahara. 32p.
- Aidoud, A., Le Floch, E. & Le Houérou, H.N. (2006). Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17(1), 19-30.
- Aladin, N.V. (1993). Salinity tolerance, morphology and physiology of the osmoregulatory organ in Ostracoda with special reference to Ostracoda from the Aral Sea. *In: McKenzie, K.G. & Jones, P.J. (Eds.), Ostracoda in the Earth and Life Sciences. Proceedings of the 11th International Symposium on Ostracoda. Balkema, Rotterdam, pp. 387-403.*
- Alcalde, L., Derocco, N.N. & Rosset, S.D. (2010). Feeding in Syntopy: Diet of *Hydromedusa tectifera* and *Phrynops hilarii* (Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology*, 9, 33-44.
- Allinne, C., Devillers, B., Bertoncetto, F., Bouby, L. & Bruneton, H. (2006). Archéologie et paléoenvironnement sur le site du pont romain des Esclapes (Fréjus, Var). *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, G.M.P.C.A./Presses universitaires de Rennes, 30, pp.181-196.
- Alonso, M. (1996). Crustacea Branchiopoda. Fauna Iberica Vol. 7. Museo Nacional de Ciencias Naturales Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Spain.
- A.N.D.I. (2013) : Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- Angell, R.W. & Hancock, J.W. (1989). Response of eggs of *Heterocypris incongruens* (Ostracoda) to experimental stress. *Journal of Crustacean Biology*, 9 (3), 381-386.
- Anufrieva, E.V., Kolesnikova, E.A. & Shadrin, N.V. (2019). Distribution and population dynamics of the highly halotolerant species *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) in hypersaline lakes of Crimea. *Inland Water Biology*, 12 (2), 170-177.
- Apostolescu, V. & Magné, J. (1956). Quelques espèces nouvelles d'ostracodes du Lutétien supérieur d'Algérie. *Cahiers Géologiques*, Seyssel, 34: 337-344.
- Baaziz, N., Mayache, B., Saheb, S., Bensaci, E., Ounissi, M., Metllaoui, S. & Houhamdi, M. (2011). Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux d'eau dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 33 (2), 77-87.

- Baird, W. (1849). Monograph of the family Limnadiidae, a family of entomostracous crustaceans. *Proc Zool Soc London*.1849:84-90.
- Balian, E.V., Segers, H., Leveque, C. & Martens, K. (2008). The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia*, 595:627-637.
- Baltanás, A. (1994). Taxonomy and ecology of *Eucypris virens* (Ostracoda, Cyprididae). In: Horne, J. & Martens, K. (Eds.), *The Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-marine Ostracod*. Greenwich: Greenwich University Press, pp. 9-16.
- Baltanás, A., Montes, C. & Martino, P. (1990). Distribution patterns of ostracods in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors. *Hydrobiologia*, 197, 207-220.
- Baltanás, A., Alcorlo, P. & Danielopol, D.L. (2002). Morphological disparity in populations with and without sexual reproduction: a case study in *Eucypris virens* (Crustacea: Ostracoda). *Biological Journal of the Linnean Society*, 75:9-19.
- Barnes, R.S.K. (1994). The brackish-water fauna of northwestern Europe. *Cambridge University Press*, Cambridge, p. 287.
- Barry, J.P. (1991). Bioclimat et végétation des montagnes du Sahara central et du Sahara occidental. In: *Revue de géographie alpine*, tome 79, n°1. pp. 55-70.
- Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T., Vergopolan, N., Berg, A. & Wood, E.F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci. Data* 5, 180214.
<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Beladjal, L., Mertens, J. & Dumont, H.J. (1995a). An analysis of the setation pattern of the limbs in Anostraca (Crustacea), using the Algerian species as an example. *Hydrobiologia*, 298, 183-201.
<https://doi.org/10.1007/BF00033814>
- Beladjal, L., De Vrijndt, B., Vander Haeghen, D. & Mertens, J. (1995b). A preliminary analysis of the cercopod setation pattern of Algerian Anostraca (Crustacea) species. *Belgian Journal of Zoology*, 125 (2), 383-393.
- Beladjal, M. & Amarouyache, M. (2023). On the occurrence of *Branchinecta orientalis* Sars, 1901 (Crustacea, Anostraca) in Algeria, with some ecological notes Affiliations. *Zootaxa*, 4; 5263 (1):79-92.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5263.1.4>
- Belk, D. (1989). Identification of species in the conchostracan genus *Eulimnadia* by egg-shell morphology. *Journal of Crustacean Biology*, 9: 115-125.

- Bellec, L. & Rabet, N. (2016). Dating of the Limnadiidae family suggests an American origin of *Eulimnadia*. *Hydrobiologia*, 773:149-161.
- Bencherif, S. (2011). L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne. Évolution et possibilités de développement. Thèse de Doctorat. AgroParisTech.
- Benguesmia, D. (2019). Evaluation de la sécheresse et Essai de régionalisation des paramètres climatiques dans la région des hauts plateaux Algériens. Mémoire de Master, Université Ziane Achour, Djelfa.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18767.92321>
- Berbrugger, A. (1862). *Les puits artésiens des oasis méridionales d'Algérie*. Bastide.
- Besbes, M. & Jarraya Horriche, F. (2007). Définition d'un réseau de surveillance piézométrique du système aquifère du Sahara septentrional. *Sécheresse*, Vol 18. N°1. 13-22 p.
- Biberson, P. (1969). Etat des recherches sur le Pleistocène de l'Adrar mauritanien. *Bulletin de l'association française pour l'étude du quaternaire*, 6-1pp. 13-34.
- Birks, H.J.B., Line, J.M., Juggins, S., Stevenson, A.C. & Ter Braak, C.J.F. (1990). Diatoms and pH reconstruction. *Phil. Trans. R. Soc.*, 327, 263-278.
- Blanco, S., Romo, S. & Villena, M.J. (2004). Experimental study on the diet of mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) under different ecological conditions in a shallow lake. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 89, 250-262.
- Bode, S.N.S., Adolfsson, S., Lamatsch, D.K., Martins, M.J.F., Schmit, O., Vandekerkhove, J., Mezquita, F., Namiotko, T., Rossetti, G., Butlin, R.K. & Martens, K. (2010). Exceptional cryptic diversity and multiple origins of parthenogenesis in a freshwater ostracod. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54, 542-552.
- Boero, F. (2010). The study of species in the era of biodiversity: a tale of stupidity. *Diversity*, 2:115-126.
- Bond, R.M. (1934). Report on phyllopod Crustacea (Anostraca, Notostraca and Conchostraca) with a revision of the Anostraca of the Indian Empire. *Memoirs of the Connecticut Academy of Art and science*, 10: 29-62.
- Boomer, I. & Eisenhauer, G. (2002). Ostracod faunas as palaeoenvironmental indicators in marginal marine environments. *In: Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (Eds.), The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*, AGU Geophysical Monograph, 131, 135-149.
- Boomer, I., Horne, D.J. & Slipper, I.J. (2003). The use of ostracods in palaeoenvironmental studies, or what can you do with an ostracod shell? *In: Park, L.E. & Smith, A.J. (Eds.),*

- Bridging the gap: Trends in the Ostracode Biological and Geological Sciences*. The Paleontological Society Papers, 9, 153-179.
- Bouallala, M. (2013). Etude floristique et nutritive spatio-temporelle des parcours camelins du Sahara Occidental algérien. Cas des régions de Béchar et Tindouf. Ouargla : Université Kasdi Merbah, 208 p. Thèse de doctorat : Sciences agronomiques. Agronomie saharienne : Université Kasdi Merbah.
- Boumendjel, L., Rabet, N. & Amarouyache, M. (2018). *Chirocephalus sanhadjaensis* sp. nov., a new chirocephalid species (Branchiopoda: Anostraca) from Numidia (Algeria). *Zootaxa*, 4526 (3), 381-391.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4526.3.7>
- Boumendjel, L., Amarouyache, M., Bonillo, C., Sorba, L., Bagni, T. & Rabet, N. (2023). Phylogenetic analysis of the genus *Chirocephalus*, with the description of a new species *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. (Branchiopoda: Anostraca) from Algeria, preprint. Version 1. Research Square.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2833817/v1>
- Bouvet, Y. & Le Berre, M. (1985). Mission Ecologie des gueltas du Tassili-N'Aijer (Sahara Algérien). *Preliminary Report, UNESCO/MAB*, n°179, 91 pp.
- Bouزيد, R., Carbonnel, G., Bellier, J.P., Bessedik, M. & Toumarkine, M. (1994). Un épisode épibathyal au Paléocène en Oranie (Djebel Tessala, Algérie), les fluctuations de l'ostracofaune et du paléoenvironnement. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 318, 2: 1133-1138.
- Braband, A., Richter, S., Hiesel, R. & Scholtz, G. (2002). Phylogenetic relationships within the Phyllopoda (Crustacea, Branchiopoda) based on mitochondrial and nuclear markers. *Mol. Phyl. Evol*, 25:229–244.
[https://doi.org/10.1016/S1055-7903\(02\)00253-1](https://doi.org/10.1016/S1055-7903(02)00253-1).
- Braccini, E. (1992). Paléocéanologie de la marge sud-mésogéenne au Crétacé supérieur/Tertiaire basée sur l'analyse de l'ostracofaune - Semi-quantification de l'intensité des Z.O.M. - Synthèse paléocéanographique régionale – Analyse d'images appliquée à l'évolution (coupe du Djebel Dyr/Algérie Orientale). Thèse de Doctorat de l'Université de Bordeaux I, 313 p.
- Brady, G.S. (1902). On new or imperfectly-known Ostracoda, chiefly from a collection in the Zoological Museum Copenhagen. *Trans. Zool.Soc. Lond*, 16:179-210

- Brantner, J.S., Ott, D.W., Duff, R.J., Orridge, J. I., Waldman, J. R. & Weeks, S.C. (2013). Evidence of selfing hermaphroditism in the clam shrimp *Cyzicus gynecia* (Branchiopoda: Spinicaudata). *Journal of Crustacean Biology*, 33.
- Brehm, V. & Margalef, R. (1949). *Eucypris aragonicanov.* sp., nuevo ostracodo de una laguna salada de los Monegros. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*, 5, 5-9.
- Brendonck, L., Rogers, D.C., Olesen, J., Weeks, S. & Hoeh, W.R. (2008). Global diversity of large branchiopods (Crustacea: Branchiopoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595:167-176.
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-9119-9>.
- Brochet, A.L., Gauthier-Clerc, M., Guillemain, M., Fritz, H., Waterkeyn, A., Baltanás, A. & Green, A.J. (2010). Field evidence of dispersal of branchiopods, ostracods and bryozoans by teal (*Anas crecca*) in the Camargue (southern France). *Hydrobiologia*, 637, 255-261.
- Bronshtein, Z.S. (1947). Faune de l'URSS. Crustacés, vol. 2, numero 1: Ostracodes des eaux douces. Zoologicheskii Institut Akademii Nauk SSSR, n.s. 31: 1-339. (English translation: Freshwater Ostracoda, Z.S. Bronshtein, 1988, Oconian Press, New Dehli. Reprint published by the U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, Virginia).
- Buffet, M., Louis, J., Maurel, N. & Saut, S. (2007). Système aquifère du Sahara septentrional. Fonctionnement et conséquences de son utilisation. Projet RERIP. Master BGAE 1e année opt. SVT. 17P.
- Burmeister, H. (1843). Organisation der Trilobiten aus ihren lebenden Verwandten entwickelt. Berlin, Germany.
- Butlin, R.K., Schön, I. & Martens, K. (1998). Asexual reproduction in non-marine ostracods. *Heredity*, 81, 473-480.
- Campbell, C.E. (1995). The influence of a predatory ostracod, *Australocypris insularis*, on zooplankton abundance and species composition in a saline lake. *Hydrobiologia*, 302, 229-239.
- Caroff, J. & Sinthe, G. (1958). Les crues de novembre 1957 en Algérie. *La Météorologie*, 50 : 123-137.
- Charrenton, M. (2002). Le système aquifère du Sahara septentrional. Synthèse de la première phase du projet « OSS / SASS ». Univ. Versailles Saint-Quentin en Yvelines. 18p.

- Castillo-Escrivà, A.L., Valls, C., Rochera, A., Camacho, F. & Mesquita-Joanes, F. (2017). Disentangling environmental, spatial, and historical effects on ostracod communities in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 787, 61-72.
- Chenoune, K. (2005). La flore et la végétation du Hoggar. Bois et forets des tropiques, 284(284), 79-83.
<https://doi.org/10.19182/bft2005.284.a20286>
- Chergui, I., Satour, A., Bouzid, A., Koulali, K. & Samraoui, B. (2023). Mapping the Geographic Distribution of Large Branchiopods in Algeria and a checklist update. *Zootax*, .5336 (3) : 328-348
<http://dx.doi.org/10.11646/Zootaxa.5336.3.2>
- Chergui, I., Koulali, K., Bouzid, A. & Samraoui, B. (2024). First record of *Tanymastigites ajjeri* Thiéry & Rogers 2022 (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) in Algeria, with an updated checklist of Algerian large branchiopods. *Zoology and Ecology*, 34 (1): 1–8.
<https://doi.org/10.35513/21658005.2024.1.1>
- Cohen, A.C. & Morin, J.G. (1990). Patterns of reproduction in ostracodes: a review. *J. Crustac. Biol*, 10:184-211.
- Cohen, A.C., Peterson, D.E. & Maddocks, R.F. (2007). Ostracoda. - In: C ARLTON, J.T. (Eds.), *The Light & Smith Manual: Intertidal invertebrates from Central California to Oregon, 4 Th edition*. 417-446, University of California Press, Berkeley-Los Angeles.
- Coiffait, R.E., Coiffait, B., Jaeger, J.J. & Mahboubi, M. (1984). Un nouveau gisement mammifère fossile d'âge éocène supérieur sur le versant sud des Nememchas (Algérie orientale) : découverte des plus anciens rongeurs d'Afrique. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 299, 2, 13: 893-898.
- Colin, J.P. & Lethiers, F.(1988). The importance of ostracods in biostratigraphic analysis. In: De Deckker, P., Colin, J.P. & Peypouquet, J.P. (Eds), *Ostracoda in the Earth Sciences*, Elsevier, 27-45.
- Cornet, A.(1964). Introduction à l'hydrogéologie du Sahara, Algérie. *Revue géographie physique et de géologie dynamique*, Vol. 6, Num-1, pp. 5,72.
- Crema, S., Ferrarese, U., Golo, D., Modena, P., Sambugar, B. & Gerecke, R. (1996). Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. *A Research on benthic and interstitial fauna in alpine and pre-alpine springs*. - Centro di Ecologia Alpina, Report 8: 1-104. Trento, Italy.

- Curry, B.(1999). An environmental tolerance index for ostracods as indicators of physical and chemical factors in aquatic habitats. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeogeology*, 148: 51-63.
- Daday, E. (1900). Ostracoda Hungariae. - Kiadja a Magyar Tudomanyos Ak.ademia, Budapest, 320 p.
- Daday, E. (1910). Monographie Systématique des Phyllopes Anostracés. Annales des Sciences Naturelles. *Zoologie*, 11, 91-489.
- Daday, D.D.E. (1915). Monographie Systématique des phyllopes Conchostracés. *Annales des Sciences Naturelles: Zoologie*, 20, 39-330.
- Daday, E. (1923). Monographie systématique des Phyllopes Conchostracés. II. Leptestheriidae. *Ann. Sci. Natur. Zool*, 10e séries, 6: 255-390. (331-446).184-190.
- Daday de Deés, E. (1926). Monographie systématique des Phyllopes Conchostracés. Troisieme partie. Annales des Sciences naturelle. *Zoologie*.
<https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
- Dakki, M., Himmi, H., Qninba, A., Benhoussa, A. & El Alami El Moutaouakil, M. (2009). Faune aquatique continentale (invertébrés et poissons). *Etude National sur la Biodiversité*. Observatoire National de l'Environnement du Maroc (ONEM), 116 pp.
- Dakki, M., El Fellah, B. & Qninba, A. (2020). Rivers' natural reservoirs: new inputs to the classification of Mediterranean and Saharan wetlands. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Science de la vie*, n° 42, 1-14.
- Damotte, R. & Fleury, J.J. (1987). Ostracodes maastrichtiens et paléocènes du Djebel Dyr, près de Tébessa, (Algérie orientale). *Géologie Méditerranéenne*, 14, 2: 87-107.
- Danielopol, D.L. (1971). Sur la structure des aesthetascs de l'antenne de quelques Cyprididae (Crustacea, Ostracoda, Podocopida). *CR. Acad. Sci. Paris*, 272: 596-599.
- Danielopol, D.L. (1982). The preparation of ostracods limbs for optical microscopy (dissection, staining and mounting procedures). - In: Maddocks, R. (Eds.), *Abstracts of the 8th International Symposium on Ostracoda*. 41-42, University of Houston, Houston.
- Danielopol, D.L., Geiger, W., Tolderer-Farmer, M., Orellana, C.P. & Terrat, M.N. (1985). The Ostracoda of Mondsee: spatial and temporal changes during the last 50 years. – In: Danielopol, D.L., Schmidt, R. &Schultze, E., (Eds.), *Contributions to the Paleolimnology of the Trumer Lakes and the Lakes Mondsee, Attersee and Traunsee* (Upper Austria). (Limnologisches Institut der Osterreichischen Akademie der Wissenschaften, Mondsee), 99-121.

- Danielopol, D.L., Geiger, W., Tolderer-Farmer, M., Orellana, C.P. & Terrat, M.N. (1988). *In: Search of Cypris and Cythere - A Report of the Evolutionary Ecological Project on Limnic Ostracoda from the Mondsee (Austria).* – *In: Hanai, T., Ikeya, N., Ishizaki, K. (Eds.), Evolutionary Biology of Ostracoda, its Fundamental Applications. Proceedings of the 9th International Symposium on Ostracoda: 485-499.* Kodasha, Tokyo and Elsevier, Amsterdam.
- Danielopol, D.L., Martens, K. Casale, L.M. (1990). Revision of the genus *Leucocythere* Kaufmann, 1892 (Crustacea, Ostracoda, Limnocytheridae), with the description of a new species and two new tribes, *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. Biologie*, 59, 63-94.
- Danielopol, D.L., Baltanás, A., Namiotko, T., Geiger, W., Pichler, M., Reina, M. & Roidmayr, G. (2008). Developmental trajectories in geographically separated populations of non-marine ostracods: morphometric applications for palaeoecological studies. *Senckenb Lethaea*, 88:1-10.
- De Deckker, P. (1981). Ostracods of athalassic saline lakes, a review. *Hydrobiologia*, 81, 131-144.
- De Deckker, P. & Forester, R.M. (1988). The use of ostracods to reconstruct continental palaeoenvironmental records. *In: De Deckker P, Colin JP, Peypouquet JP (Eds.), Ostracoda in the Earth Sciences*, 1st edn. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 175-200.
- Demnati, F., Samraoui, B., Allache F., Sandoz A. & Ernoul L. (2016). A literature review of Algerian salt lakes: values, threats and implications. *Environ. Earth. Sci*, 76: 3-15.
- Deltel, B. (1964). Etude et répartition des ostracodes dans l'Eocène inférieur de l'Est algérien. Mission Négrine. S.N. Repal. S.N.P.A. Mémoire d'étude C C XI, direction exploration et production, Centre de Recherches, Pau, 6 p.
- De Los Rios-Escalante, P. & Amarouyache, M. (2016). Crustacean Zooplankton Assemblages in Algerian Saline Lakes: A comparison with their Chilean Altiplano Counterparts. *Crustaceana*, 89 (13) : 1485-1500.
- Deschiens, R. (1954). Mécanisme de l'action létale de *Cypridopsis hartwigi* sur les mollusques vecteurs des bilharzioses.- *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 47 (31): 399-401.
- Deschiens, R., Lamy, L. & Lamy, H. (1953). Sur un ostracode prédateur de Bullins et de Planorbes. - *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique*, 46 (6) : 956-958.

- Dubief, J. (1953). Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie Service des Etudes Scientifiques : Alger, Algérie, 451.
- Dubief, J. (1959). Le climat du Sahara. Mémoire H.S. Tome I. Alger : *Inst. Rech. Sahara*.
- Dubois, A., Crochet, P.A., Dickinson, E.C., Nemésio, A., Aescht, E., Bauer, A.M., Blagoderov, V., Bour, R., De Carvalho, M.R., Desutter-Grandcolas, L., Frétey, T., Jäger, P., Koyamba, V., Lavilla, E.O., Löbl, I., Louchart, A., Malécot, V., Schatz, H. & Ohler, A. (2013). Nomenclatural and taxonomic problems related to the electronic publication of new nomina and nomenclatural acts in zoology, with brief comments on optical discs and on the situation in botany. *Zootaxa*, 3735 (1), 1-94.
<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3735.1.1>
- Dubost, D. (1991). Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse Doctorat. Univ. Tours France. 550p.
- Dumont, H. (1979). Limnologie van Sahara en Sahel. Thesis, University of Ghent, Ghent, 557 pp.
- Dumont, H.J. & Negrea, S.V. (2002). Introduction to the Class Branchiopoda. Backhuys Publishing, Leiden, 398 p.
- Dwyer, G.S., Cronin, T.M., Baker, P.A. & Rodriguez Lazaro, J.(2000). Changes in North Atlantic deep-sea temperature during climatic fluctuations of the last 25,000 years based on ostracode Mg/Ca ratios. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 1, 17 pp. 2000GC000046. (AGU electronic journal: <http://g-cubed.org/>).
- Fabre, J. (2004). Géologie du Sahara occidental et central. Musée royal de l'Afrique centrale – Belgique. Tervuren african geoscience collection. vol. 108. ISSN. 1780-8561.
- Faid, N. (1999). Ostracodes de l'Éocène inférieur-moyen de l'Atlas Saharien (Algérie) : interprétation environnementale et paléo-géographique.- *Geobios*, Lyon, vol. 32, n°3, p. 459-481.
- Faurie, C., Ferra, C., Medori, P. & Devaux, J. (1980). *Ecologie*. Ed. J-B.Bailliere. Paris, 339 p.
- Ferguson Jr, E. (1944). Studies on the Seasonal Life History of Three Species of Freshwater Ostracoda. *American Midland Naturalist*. 32 (3): 713-727.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. & Vrijenhoek, R. (1994). DNA Primers for Amplification of Mitochondrial Cytochrome c Oxidase Subunit I from Diverse Metazoan Invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3, 294-299.

- Forester, R.M. (1991). Ostracod assemblages from springs in the western United States: implications for paleohydrology. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 155: 181-201.
- Frenzel, P. & Boomer, I. (2005). The use of ostracods from marginal marine, brackish waters as bioindicators of modern and Quaternary environmental change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225, 68-92.
- Frenzel, P., Chulze, I. & Pint, A. (2012). Noding of *Cyprideis torosa* valves (Ostracoda) - a proxy for salinity ? New data from field observations and a long-term microcosm experiment. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 79: 314-329.
- Frisch, D., Green, A.J. & Figuerola, J. (2007). High dispersal capacity of a broad spectrum of aquatic invertebrates via waterbirds. *Aquatic Sciences*, 69, 568-574.
<https://doi.org/10.1007/s00027-007-0915-0>
- Frogley, M.R., Griffiths, H.I. & Martens, K. (2002). Modern and fossil ostracods from ancient lakes. In: Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (Eds.), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*, AGU Geophysical Monograph, 131, 167-184.
- Fryer, G. (1956). A cladoceran *Daday macrops* (Daday) and an ostracod *Oncocypris mülleri* (Daday) associated with the surface film of water. *Annals and Magazine of Natural History*, 9, 733-736.
- Fryer, G. (1957). Free living freshwater Crustacea from lake Nyasa and adjoining waters. 3. General remarks with notes on certain Malacostraca and Ostracoda. *Archiv für Hydrobiologie*, 53, 527-536.
- Fryer, G. (1987). A new classification of the branchiopod Crustacea. *Zool.J. Linn. Soc.*, 91:357-383.
- Fryer, G. (1993). The Freshwater Crustacea of Yorkshire. A Faunistic and Ecological Survey. *Yorkshire Naturalists' Union and Leeds Philosophical and Literary Society*, 312 p.
- Fryer, G. (1997). The horse-trough ostracod *Heterocypris incongruens*. *Naturalist*, 122, 121-135.
- Fuhrmann, R. (2012). Atlas quartärer und rezenter Ostrakode Mitteldeutschlands. *Altenburger Naturwissenschaftlicher Forschungen*, 15, 1-320
- Furon, R., Kilian, C., Menchikoff, N. (1935). La géologie du Sahara. (Eds.), G. Doin et C^{ie}. 20p.
- Gagneur, J. & Kara, M.H. (2001). Limnology in Algeria. In: Wetzel, R.G. & Gopal, B. (Eds.), *Limnology in Developing Countries*.3. International Association of Limnology and SIL, New Delhi, 1, 34 pp.

- Ganning, B. (1967). Laboratory experiments in the ecological work on rockpool animals with special notes on the ostracod *Heterocypris salinus*. - *Helgolander wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 15: 27-40.
- Ganning, B. (1971). On the ecology of *Heterocypris* *satinus*, *H. incongruens* and *Cypridopsis aculeate* (Crustacea, Ostracoda) from Baltic brackish-water rockpools. - *Marine Biology, International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters*, 8 (4): 271-279.
- Gardi, R. (1973). Sahara. (Eds.), Kummerly et Frey, Paris, 3ème edition. pp. 49-51.
- Gauthier, H. (1928a). Recherches sur la faune des eaux continentales de L'Algérie et de la Tunisie. Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, ser. A, 1160: 1-423.
- Gauthier, H. (1928b). Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Imprimerie Minerva, Alger, 419 pp.
- Gauthier, H. (1928c). Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord (Première note). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 19 (1), 10-19.
- Gauthier, H. (1929a). Sur la faune aquatique du Sahara central. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 189 (4), 201-203.
- Gauthier, H. (1929b). Cladocères et Ostracodes du Sahara central. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 20 (7), 143-162.
- Gauthier, H. (1930). Mission saharienne Augiéras-Draper 1927-1928 : Cladocères, Ostracodes, Phyllopoètes Anostracés et Conchostracés. *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 2 (2), 92-116.
- Gauthier, H. (1931). Faune aquatique du Sahara Central. Récoltes de M. L.G. Seurat au Hoggar en 1928. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 22, 350-400.
- Gauthier, H. (1933). Faune aquatique du Sahara central. Récoltes de M. Th. MONOD dans l'Emmidir et dans l'Ahnet. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 24, 127-132.
- Gauthier, H. (1934). Etudes zoologiques sur le Sahara central: faune aquatique, *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord*, 4, 73-86.
- Gauthier, H. (1937). Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord (4^e note). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 28, 147-156.
- Gauthier, H. (1939). Contribution à l'étude de la faune dulçaquicole de la région du Tchad et particulièrement des Branchiopodes et des Ostracodes. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 1 (1), 110-244.

- Gauthier, H. & Brehm, Y. (1928). Ostracodes et Cladoceres de l'Algérie et de la Tunisie. (3. note). - *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* 19: 114-121; plates 12-15.
- Geddes, M.C., De Deckker, P., Williams, W.D., Morton, D.W. & Topping, M. (1981). On the chemistry and biota of some saline lakes in Western Australia. *Hydrobiologia*, 82:201-222.
<https://doi.org/10.1007/BF00048717>
- GEO. (2006). "L'Algérie, la renaissance". Revue, n°332, pp. 73-135.
- Gerecke, R., Meisch, C., Stoch, F., Acri, F. & H. Franz. (1998). Eucrenon-hypocrenon ecotone and spring typology in the Alps of Berchtesgaden (Upper Bavaria, Germany). A study of microcrustacea (Crustacea: Copepoda, Ostracoda) and water mites (Acari: Halacaridae, Hydrachnellae). *Ln: L. Botosaneanu, (Eds.), Studies in crenobiology. The biology of springs and spring brooks: 167- 182. Backhuys Publishers Leiden.*
- Ghaouaci, S. (2018). Biodiversity and distribution of the carcinological fauna from continental waters of Northern Algeria. Ph.D. Thesis, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria, 124 pp.
- Ghaouaci, G., Yavuzatmaca, M., Kulköylüoğlu, O. & Amarouayache, M. (2017). An annotated checklist of the non-marine ostracods (Crustacea) of Algeria with some ecological notes. *Zootaxa*, 4290 (1), 140-154.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4290.1.8>
- Ghioca-Robrecht, D.M. & Smith, L.M. (2008). Feeding ecology of polymorphic larval barred tiger salamanders in playas of the Southern Great Plains. *Canadian Journal of Zoology*, 86, 554-563.
- Glantzboeckel, C. & Magné, J. (1959). Répartition des microfaunes à Plancton et à Ostracodes dans le Crétacé supérieur de la Tunisie et de l'Est algérien. *Revue de Micropaléont*, vol. 2, 2, p. 57-67.
- Gonçalvès, J., Petersen, J., Deschamps, P., Hamelin, B. & Baba-Sy, O. (2013). Quantifying the modern recharge of the "fossil" Sahara aquifers. *Geophysical Research Letters*, Vol. 40, 1-6.
<https://doi.org/10.1002/grl.50478>
- Gonzalez Mozo, M.E., Martens, K. & Baltanás, A. (1996). A taxonomic revision of European *Herpetocypris* BRADY and NORMAN, 1889 (Crustacea, Ostracoda). *Bulletin de l'institut royal des sciences naturelles de Belgique, Biologie*, 66, 93-132.

- Gouasmia, G., Amarouayache, M., Frihi, H. & Kara, M.H. (2016). Caractérisation physico-chimique de trois lacs salés permanents de la vallée de Oued Righ (Sahara Septentrional, Algérie Nord-Est). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 71 (4), 330-341.
- Gray, E.P., Nunziata, S., Snodgrass, J.W., Ownby, D.R. & Havel, J.E. (2010). Predation on Green Frog Eggs (*Rana clamitans*) by Ostracoda. *Copeia*, 452-456.
- Grekoﬀ, N. (1969). Sur la valeur stratigraphique et les relations paléogéographiques de quelques ostracodes du Crétacé, du Paléocène et de l'Eocène inférieur d'Algérie orientale. *3ème Colloque Africain de Micropaléontologie, Le Caire*, 227-248.
- Green, J., Corbet, S.A. & Betney, E. (1974). Ecological studies on crater lakes in West Cameroon. Debundsha Lake. *Journal of Zoology*, 173, 199-223.
- Green, A.J. & Figuerola, F. (2005). Recent advances in the study of long distance dispersal of aquatic invertebrates via birds. *Diversity and Distribution*, 11, 149-156.
- Griffiths, H.I. & Martin, D.S. (1993). The spatial distribution of benthic ostracods in the profunda Zone of Loch Ness. *The Scottish Naturalist*, 105: 137-147.
- Griffiths, H.I., Pillidge, K.E., Hill, C.J., Evans, J.G. & Learner, M.A. (1996). Ostracod Gradients in a Calcareous Stream: Implications for the Palaeoecological Interpretation of Tufas and Travertines. *Limnologica* 26 (1): 49-61.
- Griffiths, H.I. & Holmes, J.A. (2000). Non-marine ostracods and Quaternary palaeoenvironments (QRA Technical Guide No. 8). *Quaternary Research Association, London*, 173 pp + 3 pls.
- Gusakov, V.A., Makhutova, O.N., Gladyshev, M.I., Golovatyuk, L.V. & Zinchenko, T.D. (2021). Ecological Role of *Cyprideistorosa* and *Heterocyprissalina* (Crustacea, Ostracoda) in Saline Rivers of the Lake Elton Basin: Abundance, Biomass, Production, Fatty Acids. *Zool Stud*, 60: e53.
<https://doi.org/10.6620/ZS.2021.60-53>
- Halilat, M.T. (1993). Etude de la fertilisation azotée et potassique sur le blé dure (variété Aldura) en zones sahariennes (région d'Ouargla). Mémoire. Magis. Batna. 130p.
- Hammer, U.T. (1986). Saline lakes ecosystems of the World. *Monographic biologicae*, 59.
- Hann, B.J. (1996). Ecology of aquatic invertebrates in temporary habitats: *Caenestheriella setosa* (Conchostraca, Crustacea) in Delta Marsh, MB, Canada. UFS (Delta Marsh) Annual Report, 31: 43-46.
- Hartmann, G. (1967). Dr HG Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs. In: Gruner HE (Eds.), 5.Bd: Arthropoda, 1. Abt: Crustacea, 2. Buch, IV. Teil: Ostracoda, 2. Lief. *Geest and Portig, Leipzig*, pp 217-408.

- Hartmann, G. & Hiller, D. (1977). Beitrag zur Kenntnis der Ostracodenfauna des Harzes und seines nördlichen Vorlandes (unter besonderer Berücksichtigung des Männchens von *Candona candida*). *125 Jahre Naturwissenschaftlicher Verein Goslar*, pp. 99-116.
- Heip, C. (1976). The life cycle of *Cypredeis torosa* (Crustacea, Ostracoda). *Oecologia*, 24: 229-245.
<https://doi.org/10.1007/BF00345475>
- Henderson, P.A. (1990). Freshwater Ostracods. -*Synopses of the British Fauna* (New Series) 42 (D.M. Kermack and R.S.K. Barnes, editors). *Universal Book Services/Or W. Backhuys*, 228 pages.
- Heuss, K. (1966). Beitrag zur Fauna der Werra, einem salinaren Binnengewässer. *Gewässer und Abwasser*, 43 : 48-64.
- Hiller, D. (1972). Untersuchungen zur Biologie und zur Ökologie limnischer Ostracoden aus der Umgebung von Hamburg. *Archiv für Hydrobiologie*, Supplement-Band, 40 (4): 400-497.
- Holmes, J.A. (1992). Nonmarine ostracods as Quaternary palaeoenvironmental indicators. *Progress in Physical Geography*, 16: 405-431.
- Hollwedel, W. & Scharf, B.W. (1988). Süßwassercladoceren und -ostracoden (Crustacea) auf den niedersächsischen Nordseeinseln Mellum und Memmert. *Drosera*, 88:341-369.
- Horne, D.J. (1983). Life-cycles of podocopid Ostracoda – a review with particular reference to marine and brackish-water species. In: Maddocks, R.F. (Ed.), *Applications of Ostracoda*. Proceedings of the 8th International Symposium on Ostracoda. University of Houston Geoscience, Houston, pp. 581-590.
- Horne, D.J. (2003). Key events in the radiation of the Ostracoda. In: Park, L.E. & Smith, A.J. (Eds.), *Bridging the gap: Trends in the Ostracode Biological and Geological Sciences*. The Paleontological Society Papers, 9, 181-201.
- Horne, D.J. & Martens, K. (1998). An assessment of the importance of resting eggs for the evolutionary success of Mesozoic non-marine cypridoidean Ostracoda (Crustacea). - *Archiv für Hydrobiologie. Advances in Limnology* (Special Issue: Evolutionary and ecological aspects of crustacean diapause), 52: 549-561.
- Horne, D.J., Baltanás, A. & Paris, G. (1998). Geographical distribution of reproductive modes in living non-marine ostracods. In: Martens, K. (Ed.), *Sex and Parthenogenesis: Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-marine Ostracods*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 77-99 (Chapter 5).

- Horne, D.J. & Boomer, I. (2000). The role of Ostracoda in saltmarsh meiofaunal communities. *In: Sherwood, B.R., Gardiner, B.G. & Harris, T. (Eds.), British Saltmarshes*, 182-202. Forrest Text, Cardigan, for the Linnean Society of London, ISBN 0-95062-076-9.
- Horne, D.J., Cohen, A. & Martens, K. (2002). Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda. *In: Holmes, J.A., Chivas, A.R. (Eds.), 2002. The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. AGU Geophysical Monograph 131, pp. 5-36.
- Ito, E. (2002). Mg/Ca, Sr/Ca, d18O and d13C chemistry of Quaternary lacustrine ostracode shells from the North American continental interior. *In: Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (Eds.), The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*, Geophysical Monograph, 131, 267-278.
- Jellinek, T., Swanson, K. & Mazzini, I. (2006). Is the cosmopolitan model still valid for deep-sea podocopid ostracods? With the discussion of two new species of the genus *Pseudobosquetina* Gurnet & Moullade 1994 and *Cytheropteron testudo* (Ostracoda) as case studies. *Senckenbergiana maritime*, 36 (1), 29-50, Frankfurt am Main.
- Jorgensen, S.E., Tundisi, J.G. & Tundisi, T.M. (2012). Handbook of inland aquatic ecosystem management. CRC Press.
- Karanovic, I. (2012). Recent Freshwater Ostracods of the World: Crustacea, Ostracoda, Podocopida. *Springer, Heidelberg, Dordrecht, London & New York*, 608 pp.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-21810-1>
- Karanovic, I. & Pesce, G.L. (2000). *Martenscypridopsis* a new ostracod genus (Crustacea: Ostracoda) from African inland waters. *Annals of Limnology*, 36 (3), 149-155.
<https://doi.org/10.1051/limn/2000012>
- Keen, D.H., Coope, G.R., Jones, R.L., Field, M.H., Griffiths, H.I., Lewis, S.G. & Bowen, D.Q. (1997). Middle Pleistocene deposits at Frog Hall Pit, Stretton-on-Dunsmore, Warwickshire, English Midlands, and their implications for the age of the type Wolstonian. *Journal of Quaternary Science*, 12, 183-208.
- Kempf, E.K. & Scharf, B.W. (1981). Lebende und fossile Muschelkrebse (Crustacea: Ostracoda) vom Laacher See. - *Mitteilungen der Pollichia*, 68 (1980): 205-236.
- Kesling, R.V. (1951). The morphology of ostracod molt stages. *Illinois Biological Monographs*, vol. 21, pp. 1-324.

- Kesling, R.V. (1965). Anatomy and dimorphism of adult *Candona suburbana* Hoff.- In R.V. Kesling, D.G. Darby, R.N. Smith & D.D. Hall: Four reports of ostracod investigations concluded under national science foundation project GB-26. Report no. 1: I-IV, 1-56.
- Keyser, D. (2005). Histological peculiarities of the nodding process in *Cyprideis torosa* (Jones) (Crustacea, Ostracoda). *Hydrobiologia*, 538, 95-106.
- Keyser, D. & Walter, R. (2004). Calcification in ostracods. *Rev Esp Micropaleontol* 36:1-11.
- Keyser, D. & Aladin, N. (2004). Noding in *Cyprideis torosa* and its causes. *Studia Quaternaria*, 21, 19-24.
- Khadraoui, A. (2007). Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes, (Caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement). Ed. Dar Houma, Alger. 317p.
- Klie, W. (1935). Drei neue Hohlenostracoden aus der Umgebung von Laibach. *Zoologischer Anzeiger*, 111 (7/8): 189-198.
- Klie, W. (1938). Ostracoda, Muschelkrebse Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise 34 Teil: Krebstiere oder Crustacea. *Gustav Fischer*, Jena, pp 1-230.
- Knoll, L. (1995). Mating behavior and time budget of an androdioecious crustacean, *Eulimnadia texana* (Crustacea: Conchostraca). *Hydrobiologia*, 298: 73-81.
- Koenders, A., Schön, I., Halse, S. & Martens, K. (2017). Valve shape is not linked to genetic species in the *Eucypris virens* (Ostracoda, Crustacea) species complex. *Zool. J. Linn. Soc. Lond*, 180:36-46.
- Kornicker, L.S. & Sohn I.G. (1971). Viability of ostracod eggs egested by fish and effect of digestive fluids on ostracod shells - ecologic and paleoecologic implications. In: H.J. Oertli (Eds.), *Paleoecologie des Ostracodes, Bulletin Centre de Recherches Pau-SNPA*, 5 (Suppl.): 125-135.
- Koull, N. (2018). Atlas des zones humides du Bas Sahara algérien. Edition CRSTRA, ISBN : 978-9931-438-09-0.
- Kraus, O. (2000). *Internationale Regeln für die zoologische Nomenklatur. 4th Edition*. Goecke & Evers, Keltern-Weiler, 232 pp.
- Krynicky J. (1830). Des Limnadies. *Bull Soc Imper Natur Moscou*, 2:173-182.
- Külköylüoğlu, O. (1999). Seasonal distribution of freshwater Ostracoda (Crustacea) in springs of Nevada. *Geosound*, 35, 85-91.
- Külköylüoğlu, O. (2003). First report of the genus *Isocypris* (Ostracoda) from Turkey: taxonomy, ecology, and general distribution. *Crustaceana*, 75 (9), 1083-1093.

- <https://doi.org/10.1163/156854002763270482>.
- Külköylüoğlu, O. (2004). On the usage of ostracods (Crustacea) as bioindicator species in different aquatic habitats in the Bolu region, Turkey. *Ecological Indicators*, 4, 139-147.
- Külköylüoğlu, O. (2005). Factors effecting Ostracoda (Crustacea) occurrence in Yumrukaya Reedbeds (Bolu, Turkey). *Wetlands*, 25, 224-227.
- Külköylüoğlu, O. (2013). Diversity, distribution and ecology of nonmarine Ostracoda (Crustacea) in Turkey: application of pseudorichness and cosmoecious species concepts. *Recent Research and Development in Ecology*, 4, 1-18.
<https://scholarsarchive.byu.edu/wnan/vol60/iss3/6>
- Külköylüoğlu, O. & Vinyard, G.L. (2000). Distribution and ecology of freshwater Ostracoda (Crustacea) collected from springs of Nevada, Idaho and Oregon: A preliminary study. West North American. *Naturalist*, 60, 291-303.
- Külköylüoğlu, O., Sari, N. & Akdemir, D. (2012). Distribution and ecological requirements of ostracods (Crustacea) at high altitudinal ranges in Northeastern Van (Turkey). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 48(1), 39-51.
<https://doi.org/10.1051/limn/2011060>
- Külköylüoğlu, O., Yilmaz, S. & Yavuzatmaca, M. (2017). Comparison of Ostracoda (Crustacea) species diversity, distribution and ecological characteristics among habitat types. *Fundamental and Applied Limnology*, 190 (1), 63-86.
- Külköylüoğlu, O., Yavuzatmaca, M. & Yilmaz, O. (2020). Ecology and distribution of ostracods in Mardin and Muş provinces in Turkey. *Biologia*, 75, 1855-1870.
- Külköylüoğlu, O., Çelikbaş, B. & Ataman, A. (2022). Habitat destruction in wetland affects Ostracoda (Crustacea) species occurrence patterns amid different aquatic habitats. *Aquat Ecol*, 56 (3): 605-618.
<https://doi.org/10.1007/s10452-021-09934-6>
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C. & Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35:1547-1549.
- Lanfear, R., Frandsen, P.B., Wright, A.M., Senfeld, T. & Calcott, B. (2017). PartitionFinder 2: New Methods for Selecting Partitioned Models of Evolution for Molecular and Morphological Phylogenetic Analyses. *Molecular Biology and Evolution*, Volume 34, Issue 3, March 2017, Pages 772-773.
- Largeau, V. (1881). Sahara Algérien. *Les déserts de l'Erg*. 2^{ème} édition. Paris. 361p.

- Le Houérou, H.N. (1990). Définition et limites bioclimatiques du Sahara. *Sécheresse*; 1 : 246-59.
- Le Houérou, H.N., Claudin, J. & Pouget, M. (1977). Étude bioclimatique des steppes algériennes avec une carte bioclimatique au 1/1 000 000. *Bul. Soc. Hist. Afri. Nord*, : 36-40.
- Le Lubre, M. (1952). Conditions structurales et formes de relief dans le Sahara. Ed: *Inst.Rech. Saha*, Alger, Tome VIII, pp.189 -190.
- Leroux, M. (1991). La spécificité climatique des montagnes sahariennes. *In: Revue de géographie alpine*, tome 79, n°1. pp. 23-42.
- Löffler, H. (1961). Beiträge zur Kenntnis der iranischen Binnengewässer II Regional-limnologische Studie mit besonderer Berücksichtigung der Crustaceenfauna. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 46, 309-406.
- Lopez, L.C.S., Gonçalves, D.A., Mantovani, A. & Rios, R.I. (2002). Bromeliad ostracods pass through amphibian (*Scinax perpusillus*) and mammalian guts alive. *Hydrobiologia*, 485, 209-211.
- Lord, A.R., Boomer, I., Brouwers, E. & Whittaker, J.E. (2012). Ostracod Taxa as Palaeoclimate Indicators in the Quaternary. *Developments in Quaternary Science*. Vol. 17, ISSN: 1571-0866.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53636-5.00001-9>
- Lowndes, A.G. (1930). Living ostracods in the rectum of a frog. *Nature London*, 76: 958.
- Ma, S. & Yu, N. (2020). Freshwater ostracods (Crustacea) from Hainan Island, southern China, with description of a new species. *Zootaxa*, 4767(2), 201-243.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4767.2.1>
- Maddocks, R. (1982). Ostracoda. *In: Abele, L.G. (Eds.), The Biology of Crustacea. Systematics the Fossil Record, and Biogeography Academic Press, New York, NY.*
- Mahowald, N.M., Bryant, R.G., Coral, J.D. & Steinberger, L. (2003). Ephemeral lakes and desert dust sources. *Geophysical Research Letters*, 30: 1-4
- Marco-Barba, J., Mesquita-Joanes, F. & Miracle, M.R. (2013). Ostracod palaeolimnological analysis reveals drastic historical changes in salinity, eutrophication and biodiversity loss in a coastal Mediterranean lake. *The Holocene*, 23(4):556-567.
<https://doi.org/10.1177/0959683612466752>
- Margalef, R. (1983). *Limnología*, Ed. Omega S.A, Barcelona.

- Marmonier, P. & Creuze des Chatelliers, M. (1992). Biogeography of the benthic and interstitial living ostracods (Crustacea) of the Rhone River (France). *Journal of Biogeography*, 19, 693-704.
- Marrone, F., Pieri, V., Turki, S. & Rossetti, G. (2020). The Recent non-marine ostracods of Tunisia: an updated checklist with remarks on their regional distribution patterns and ecological preferences. *Journal of limnology*, 79 (3), 293-307.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2020.1982>
- Marrone, F., Alfonso, G., Cottarelli, V., Botta, M.M., Koepf, C. & Stoch, F. (2021). An updated checklist and biogeography of the Sardinian large branchiopods, with a focus on Spinicaudata (Crustacea, Branchiopoda). *Biogeographia. The Journal of Integrative Biogeography*, 36.
<https://doi.org/10.21426/B636054480>
- Martens, K. (1984). Annotated check-list of non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from African inland waters. *Musée Royal de l'Afrique Centrale Tervuren, Documentation zoologique*, 20, 1-51.
- Martens, K. (1985). Effects of temperature and salinity on postembryonic growth in *Mytilocypris henricae* (Chapman) (Crustacea, Ostracoda). *J. Crustac. Biol.*, 5:256-272.
- Martens, K. (1989). On the systematic position of the *Eucypris clavata* – Group, with a description of *Trajancypris* gen. nov. (Crustacea, Ostracoda)- *Archiv für Hydrobiologie*, Suppl, 83 (2): 227-251.
- Martens, K. (1994). Ostracod speciation in ancient lakes. In: Martens, K., Goddeeris, B., Coulter, G. (Eds.), *Speciation in ancient lakes*. Arch Hydrobiol, Beih Ergeb Limnol 44:203-222.
- Martens, K. (1998). Sex and Parthenogenesis. Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-Marine Ostracods. Backhuys Publishers, Leiden, 336 pp.
- Martens, K., Rossetti, G. & Baltanás, A. (1998). Reproductive modes and taxonomy. In: Martens, K. (Eds.), *Sex and Parthenogenesis: Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-marine Ostracods*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 197-214.
- Martens, K. & Horne, D.J. (2000). Ostracoda and the four pillars of evolutionary wisdom. *Hydrobiologia*, 419, VII-XI.
- Martens, K. & Horne, D.J. (2009). Ostracoda. In: Likens, G.E. (Eds.), *Encyclopedia of Inland Waters*, Vol. 2, Oxford: Elsevier, pp. 405-414.

- Martin, J.W. (1989). *Eulimnadiabelki*, a new clam shrimp from Cozumel, Mexico (Conchostraca: Limnadiidae), with a review of Central and South American species of the genus *Eulimnadia*. *Journal of Crustacean Biology*, 9, 104-114.
- Martin, J.W. (1992). Branchiopoda. In: Harrison FW (Eds.), *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, Vol. 9, *Crustacea*, Chapter 3, pp. 25-224. New York: Wiley-Liss, Inc.
- Martin, J.W. & D. Belk. (1989). *Eulimnadia ovilunata* and *E. ovisimilis*, new species of clam shrimps (Crustacea, Branchiopoda, Spinicaudata) from South America. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 102: 894-900.
- Martin JW, Davis GE. 2001. An updated classification of the recent Crustacea. *Natural History Museum of Los Angeles County Science Series*, 39:1-124.
- Martin, J.W., Olesen, J. & Høeg, J.T. (2014). Atlas of Crustacean larvae, Illustrated edition, Johns Hopkins University Press, 384p. , ISBN : 978-1421411972.
- Massal, L. (1953). Première note sur le milieu et la croissance des *Estherias*. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Tunisie*, 6: 181-191.
- Massal, L. (1954). Deuxième note sur le milieu et la croissance des *Estherias*. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de Tunisie*, 7: 163-181.
- Matzke-Karasz, R. (1995). Aktuelle Gattungs- und Artmerkmale bei *Scottia*, *Cyclocypris* und *Psychrodromus* (Ostracoda). *Sonderveröffentlichungen des Geologischen Instituts der Universität zu Köln*, 97, 1-285.
- Matzke-Karasz, R. (2005). Giant spermatozoon coiled in small egg: fertilization mechanisms and their implications for evolutionary studies on Ostracoda (Crustacea). *Journal of Experimental Zoology*, 304B, 129-149.
- McKenzie, K. & Hussainy, S. (1968). Relevance of a Freshwater Cytherid (Crustacea, Ostracoda) to the Continental Drift Hypothesis. *Nature*, 220, 806-808.
- McLay, C.L. (1978a). Comparative observations on the ecology of four species of ostracods living in a temporary freshwater puddle. *Canadian Journal of Zoology*, 56 (4): 663-675.
- McLay, C.L. (1978b). The population biology of *Cyprinotus carolinensis* and *Herpetocypris replans* (Crustacea, Ostracoda). *Canadian Journal of Zoology*, 56 (5): 1170-1179.
- Mebrouk, F., Colin, J.P. & Hennache, F. (2011). Un gisement d'ostracodes non-marins dans l'Éocène inférieur du Djebel Amour, Atlas saharien central, Algérie : taxonomie, paléoécologie et paléobiogéographie. *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*, 04 (CG2011-A04), 83.

- Meddi, M. & Meddi, H. (2002). Sécheresse météorologique et agricole dans le nord-ouest de l'Algérie. Deuxième colloque méditerranéen sur l'eau et l'environnement, Alger.
- Megdoud, M. (2003) : Qualité des eaux du Sahara septentrional. Recueil des Communications des journées techniques et scientifiques sur la qualité des Eaux du Sud – El Oued, 2003.
- Meisch, C. (1988). Ostracodes récoltés à Paris. Avec une clé pour la détermination des espèces européennes du genre *Ilyocypris*. *Bulletin de la Société des Naturalistes luxembourgeois*, 88: 145-163.
- Meisch, C. (2000). Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: Schwoerbel, J. & Zwick, P. (Eds.), *Süßwasserfauna von Mitteleuropa* 8/3. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, pp. 1-522.
- Meisch, C. & Broodbakker, N.W. (1993). Freshwater Ostracoda (Crustacea) collected by Prof. J.H. Stock on the Canary and Cape Verde Islands. With an annotated checklist of the freshwater Ostracoda of the Azores, Madeira, the Canary, the Selvagens and Cape Verde Islands. *Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg*, 19: 1- 67.
- Meisch, C., Mary-Sasal, N., Colin, J.P. & Wouters, K. (2007). Freshwater Ostracoda (Crustacea) collected from the islands of Futuna and Wallis, Pacific Ocean, with a checklist of the non-marine Ostracoda of the Pacific Islands. *Bull. Soc. Nat. luxemb*, 108.
- Meisch, M., Smith, R.J. & Martens, K. (2019). A subjective global checklist of the extant non-marine Ostracoda (Crustacea). *European Journal of Taxonomy*, 492, 1-135.
<https://doi.org/10.5852/ejt.2019.492>
- Menail, A., Scharf, B. & Amarouayache, M. (2023). Living ostracods (Crustacea) from Algerian Sahara and High Plains: ecological data and new records. *Zootaxa*, 5227(5):501-530.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.5227.5.1>
- Mesquita-Joanes, F., Viehberg, F. & Smith, A.J. (2012). The biology and ecology of ostracods. In: Horne, D.J., Holmes, J.A., Rodriguez-Lazaro, J. Viehberg, F.A. (Eds.), *Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change*. vol. 17. Developments in Quaternary Science Series, Elsevier Science Publishing, pp. 15-35.
- Mezquita, F. (1998). Ecology of Ostracods from springs, rivers and lakes of Eastern Iberian Peninsula. Thesis, *Universidad de Valencia*, 237 pp.

- Mezquita, F., Griffiths, H.I., Sanz, S., Soria J.M. & Pinon A. (1999a). Ecology and distribution of ostracods associated with flowing waters in the eastern Iberian Peninsula. - *Journal of Crustacean Biology*. Vol. 19, No. 2, pp. 344-354 (11 pages).
Published By: Oxford University Press.
- Mezquita, F., Tapia, G. & Roca, J.R. (1999b). Ostracoda from springs on the eastern Iberian Peninsula: ecology, biogeography and palaeolimnological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148: 65-85.
- Mezquita, F., Roca, J.R., Reed, J.M. & Wansard, G. (2005). Quantifying species–environment relationships in non-marine Ostracoda for ecological and palaeoecological studies: Examples using Iberian data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225, 93-117.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.052>
- Miličić, D.M., Majstorović, A.P., Pavković-Lučić, S.B. & Savić, T.T. (2015). Behaviour and food selection of *Heterocypris incongruens* (Ostracoda). *Crustaceana*, 88:1097-1110.
<https://doi.org/10.1163/15685403-00003479>
- Mischke, S., Almogi-Labin, A., Saqarat, B., Rosenfeld, A., Elyashiv, H., Boomer, I., Stein, M., Lev, L. & Ito, E. (2014). An expanded ostracod-based conductivity transfer function for climate reconstruction in the Levant. *Quaternary Science Reviews*, 93 : 91-105.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.04.004>
- Modig, H., van de Bund, W.J. & Ólafsson, E. (2000). Uptake of phytodetritus by three ostracod species from the Baltic Sea: effects of amphipod disturbance and ostracod density. *Marine Ecology Progress Series*, 202, 125-134.
- Moguilevsky, A. & Gooday, A.J. (1977). Some observations on the vertical distribution and stomach contents of *Gigantocypris muelleri* Skogsberg 1920 (Ostracoda, Myodocopina). In: Loffler, H. & Danielopol, D. (Eds.), *Aspects of ecology and zoogeography of recent and fossil Ostracoda*. Junk, The Hague, 263-270.
- Moniez, R. (1891). Faune des lacs salés d'Algérie. *Mémoires de la société zoologique de France*, 1891, 246-257.
- Moniez, R. (1893). Description d'une nouvelle espece de Cypris vivant dans les eaux thermales du Hammam-Meskhoutine. *Bulletin De La Société Zoologique De Frange*. Dix-Huitième, 140-142.
- Monod, T. (1992). Du désert. *Sécheresse*, 3 (1). pp. 7-24.

- Moonchaisook, K. & Savatnalinton, S. (2020). Redescriptions of *Stenocypris major major* (Baird, 1859) and *Stenocypris major sketi* Petkovski & Meisch, 1996 (Ostracoda: Crustacea), with discussion on their taxonomic position. *Zootaxa*, 4786(4), 497-515.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4786.4.3> 10.11646/zootaxa.4786.4.3
- Morgan, N.C. (1982). An ecological survey of standing waters in North West Africa: II. Site Descriptions for Tunisia and Algeria. *Biological Conservation*, 24: 83-113.
- Okubo, I. (1973). *Cyprretta seurati* Gauthier, 1929, from Japan (Ostracoda, Cyprididae). Biological Laboratory. Okayama Shujitsu Junior College. Okayama. Proceedings of the Japanese Society of Systematic. *Zoology*, No. 9.
- Okubo, I. (1975). *Stenocypris major* (Baird, 1859) from Japan. *Bulletin of the Biogeographical Society of Japan*, 31 (1), 1-6.
- Okubo, I. (2001). Freshwater ostracod *Darwinula stevensoni* from Lake Biwa. *The bulletin of the biogeographical Society of Japan*, 56, 39-43.
- Olesen, J. (1998). A phylogenetic analysis of the conchostraca and cladocera (crustacea, branchiopoda, diplostraca). *Zool. J. Linn. Soc*, 122: 491- 536.
- OSS. (2003). Observatoire du Sahara et du Sahel. Système aquifère du Sahara septentrional, une conscience de bassin. 2e édition, *hydrologie*, Vol.2.Tunisie. 322 p.
- Otonello, D. & Romano, A. (2011). Ostracoda and Amphibia in temporary ponds: who is the prey? Unexpected trophic relation in a mediterranean freshwater habitat. *Aquatic Ecology*, Volume 45, p. 55-62.
- Ouahioune Rais, L. (2019). Contribution à la connaissance des grands branchiopodes (crustacés) de la région des Aurès : écologie et biologie de *Phallocryptus spinosus* et *Branchinecta media*. Ph.D. thesis, Badji Mokhtar University, Annaba, Algeria, 89 pp.
- Ouali, S. (2005). Etude géothermique du Sud de l'Algérie. Mémoire de Magistère Spécialité : Géophysique. Uni. M'hamed Bouguerra Boumerdes. 84p.
- Ould Baba Sy, M. (2005). Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional. Thèse de Doctorat en Géologie. Univ. El manar, Tunis. 271p.
- Ozawa, H. (2013). The history of sexual dimorphism in Ostracoda (Arthropoda, Crustacea) since the Palaeozoic. *In: Moriyama H, (Eds.), sexual dimorphism*. Intech Publication.
- Ozenda, P. (1991). Flore du Sahara. 3ème édition, complétée. Paris : Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- Ozenda, P. (1993). Flore du Sahara septentrional et central. *Editions du CNRS*. 652pp.

- Palacios-Fest, M., Carreno, A.L., Ortega-Ramirez, J.R. & Alvarado-Valdez, G. (2002). A paleoenvironmental reconstruction of Laguna Babicora, Chihuahua, Mexico based on ostracode paleoecology and trace element shell chemistry. *J Paleolimnol*, 27:185-206.
- Perçin-Paçal, F., Altınışli, S. & Altınışli, S. (2017). Distribution, diversity and some ecological characteristics of ostracods (Crustacea: Ostracoda) in Gökçeada (Imbros) Island (Northern Aegean Sea, Turkey). *Biologia*, 72(7).
<https://doi.org/10.1515/biolog-2017-0088>
- Pereira, G. & García, J.V. (2001). A review of the clam shrimp family Limnadiidae (Branchiopoda, Conchostraca) from Venezuela, with the description of a new species. *Journal of Crustacean Biology*, 21 (3), 640-652.
- Pérez-Bote, J.L. (2004). New records of large branchiopods (Branchiopoda, Anostraca, Notostraca, and Spinicaudata) from Extremadura (Southwestern Iberian Peninsula). *Crustaceana*, 77: 871-877.
- Peterson, D.E., Finger, K.L., Iepure, S., Mariani, S., Montanari, A. & Namiotko, T. (2013). Ostracod assemblages in the Frasassi Caves and adjacent sulfidic spring and Sentino River in the northeastern Apennines of Italy. *Journal of Cave and Karst Studies*, 75, 11-27.
- Pieri, V., Martens, K., Stoch, F. & Rossetti, G. (2009). Distribution and ecology of non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from Friuli Venezia Giulia (NE Italy). *Journal of Limnology*, 68 (1), 1-15.
- Pieri, V., Marrone, F., Martens K. & Rossetti, G. (2020). An updated checklist of Recent ostracods (Crustacea: Ostracoda) from inland waters of Sicily and adjacent small islands with notes on their distribution and ecology. *The European Zoological Journal*, 87 (1), 714-740.
- Pieri, V., Turki, S. & Rossetti, G. (2020). The Recent non-marine ostracods of Tunisia: an updated checklist with remarks on their regional distribution patterns and ecological preferences. *Journal of Limnology*, 79(3), 293-307
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2020.1982>
- Pietrzeniuk, E. (1977). Ostracoden aus Thermokarstseen und Altwassern in Zentral-Jakutien. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin*, 53 (2): 331-364.
- Pint, A., Frenzel, P., Fuhrmann, R., Scharf, B. & Wennrich, V. (2012). Distribution of *Cyprideis torosa* (Ostracoda) in quaternary athalassic sediments in Germany and its

- application for palaeoecological reconstructions. *International Revue of Hydrobiology*, 97 (4), 330-355.
- Proctor, V.W. (1964). Viability of Crustacean eggs recovered from ducks. *Ecology*, 45 (3): 656-658.
- Rabet, N. (2010). Revision of the egg morphology of Eulimnadia (Crustacea, Branchiopoda, Spinicaudata). *Zoosystema*, 32, 373-391.
- Rabet, N.L., Godinho, B., Montero, D. & Lacau, S. (2012). Exploration of the egg shell structure of three Neotropical *Eulimnadia* species: a new insight into genus taxonomy (Crustacea: Branchiopoda: Spinicaudata). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 47: 221-226.
- Rabet, N., Montero, D. & Lacau, S. (2014). The effects of soils and soil stay on the egg morphology of Neotropical Eulimnadia (Branchiopoda: Limnadiidae). *Journal of Limnology*, 73 (1), 17-26.
- Rabet, N., Clarac, F., Lluch, P., Gallerne, E. & Korn, M. (2015). Review of the Eulimnadia (Branchiopoda: Spinicaudata) from North Africa and adjacent regions, with two new species from Mauritania. *Journal of Crustacean Biology*, 35(3), 461-472.
- Rasouli, H., Aygen, C. & Külköylüoğlu, O. (2014). Contribution to the Freshwater Ostracoda (Crustacea) Fauna of Turkey: Distribution and Ecological Notes. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 11-20.
- Reed, S.K., Joel Duff, R. & Weeks, S.C. (2015). A systematic study of the genus Eulimnadia. *Journal of crustacean biology*, 35(3), 379-391.
- Rieradevall, M. & Roca, J.R. (1995). Distribution and population dynamics of ostracodes (Crustacea, Ostracoda) in a karstic lake: Lake Banyoles (Catalonia, Spain). *Hydrobiologia*, 310, 189-196.
- Roca, J.R. & Danielopol, D.L. (1991). Exploration of interstitial habitats by the phytophilous ostracod *Cypridopsis vidua* (O.F. Muller): experimental evidence. *Annales de Limnologie*, 27: 243-252.
- Roca, J.R. & Baltanás, A. (1993). Ecology and distribution of Ostracoda in Pyrenean springs. *Journal of Crustacean Biology*, 13 (1), 165-174.
- Roca, J.R., Mezquita, F., Rueda, J., Camacho, A. & Miracle, M.R. (2000). Endorheic versus karstic lake: patterns of ostracod distributions and lake typology in a Mediterranean landscape (Castilla – La Mancha, Spain). *Marine and Freshwater Resources*, 51, 311-319.

- Rodriguez-Lazaro, J. & Ruiz-Munoz, F. (2012). A General Introduction to Ostracods: Morphology, Distribution, Fossil Record and Applications. *Developments in Quaternary Science*. Vol. 17, ISSN: 1571-0866, Elsevier B.V.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53636-5.00001-9>
- Roessler, E.W. (1990). Estudios sobre Entomostráceos de Colombia. II. Una nueva especie de *Eulimnadia* Packard, 1874 (Crustacea, Conchostraca). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 17, 595-603.
- Roessler, E.W. (1995). Review of Colombian Conchostraca (Crustacea) – morphotaxonomic aspects. *Hydrobiologia*, 298, 253-262.
- Rogers, D.C. (2009). Branchiopoda (Anostraca, Notostraca, Laevicaudata, Spinicaudata, Cyclestherida), pp. 242-249. In: G. R. Likens (Eds.), *Encyclopedia of Inland Waters*. Vol. 2. Elsevier, Oxford.
- Rogers, D.C. (2014). Larger hatching fractions in avian dispersed anostracan eggs (branchiopoda). *Journal of Crustacean Biology*, 34: 135-143.
- Rogers, D.C. (2020). Spinicaudata catalogus (Crustacea: Branchiopoda). *Zool. Stud*, 59:45.
<https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-45>
- Rogers, D.C., Dadseepai, P. & Sanoamuang, L.O. (2016). The spinicaudatan clam shrimps (Branchiopoda: Diplostraca) of Thailand. *Journal of Crustacean Biology*, 36 (4), 567-575.
- Rome, D.R. (1947). *Herpetocypris reptans* (Ostracode). Etude morphologique et histologique. I. Morphologie externe et système nerveux. *Cellule*, 51:1-152.
- Romano, D., Rossetti, G. & Stefanini, C. (2022). Learning on a chip: Towards the development of trainable biohybrid sensors by investigating cognitive processes in non-marine Ostracoda via a miniaturised analytical system. *Biosystems Engineering*, 213, 162-174.
- Ronquist, F., Teslenko, M., van der Mark, P., Ayres, D.L., Darling, A., Höhna, S., Larget, B., Liang Liu, Suchard, M.A. & Huelsenbeck, J.P. (2012). Efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Syst. Biol*, 61(3):539-42.
<https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>
- Rossetti, G., Bartoli, M. & Martens, K. (2004). Limnological characteristics and recent ostracods (Crustacea, Ostracoda) of freshwater wetlands in the Parco Oglio Sud (Northern Italy). *Annales de Limnologie*, 40, 329-341.

- Rossetti, G., Martens, K., Meisch, C., Tavernelli, S. & Pieri, V. (2006). Small is beautiful: diversity and distributional patterns of ostracods (Crustacea, Ostracoda) in marginal freshwater habitats of the province of Parma (Northern Italy). *Journal of Limnology*, 65 (2), 121-131.
- Rossi, V., Benassi, G., Veneri, M., Bellavere, C., Menozzi, P. & Moroni, A. (2003). Ostracoda of the Italian ricefields thirty years on: new synthesis and hypothesis. *J. Limnol*, 62: 1-8.
- Rossi, V., Piotti, A., Baltanás, A., Benassi, G. & Menozzi, P. (2008). Genetic diversity and mixed reproduction in *Eucypris virens* (Crustacea: Ostracoda). Fundamental and Applied Limnology. *Archiv für Hydrobiologie*, 172 (2), 147-159.
- Rossi, V., Benassi, G., Belletti, F. & Menozzi, P. (2011). Colonization, population dynamics, predatory behaviour and cannibalism in *Heterocypris incongruens* (Crustacea: Ostracoda). *Journal of Limnology*, 70, 102-108.
- Ruiz, F., González-Regalado, M.L., Muñoz, J.M., Pendón, J.G., Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L. & Vidal, J.R. (2003). Population age structure techniques and ostracods: applications in coastal hydrodynamics and paleoenvironmental analysis. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol*, 199(1):51-69.
[https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00485-1](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00485-1)
- Ruiz, F., Abad, M., Bodergat, A.M., Carbonel, P., Rodríguez-Lazaro, J., Gonzalez-Regalado, M.L., Toscano, A., Garcia, E.X. & Prenda, J. (2013). Freshwater ostracods as environmental tracers. *Int. J. Environ. Sci. Technol*, 10:1115-1128.
- Rumes, B., Van der Meeren, T., Martens, K. & Verschuren, D. (2016). Distribution and community structure of Ostracoda (Crustacea) in shallow waterbodies of southern Kenya. *African Journal of Aquatic Science*, 41 (4), 377-387.
- Saadine, S. (2012). Contribution à l'étude de la faune scorpionique du Sahara septentrional Est algérien (Ouargla et El Oued). Mémoire de Magister En Sciences Agronomiques. Univ. Ouargla. 84p.
- Samraoui, B., Segers, H., Maas, S., Baribwegure, D. & Dumont, H.J. (1998). Rotifera, Cladocera, Copepoda, and Ostracoda from coastal wetlands in northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 386, 183-193.
<https://doi.org/10.1023/A:1003538730152>
- Samraoui, B. & Dumont, H.J. (2002). The large branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia*, 486, 119-123.
<https://doi.org/10.1023/A:1021338432186>

- Samraoui, B., Chakri, K. & Samraoui, F. (2006). Large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. *Journal Limnol*, 65 (2), 83-88.
- Sanger, F., Nicklen, S. & Coulson, A.R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 74(12): 5463-5467.
<https://doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>
- Santamaria, L., Balsa, J., Bidondo, B., Baltanás, A. & Montes, C. (1992). Salinity tolerance of three ostracode species (Crustacea: Ostracoda) of Iberian saline lakes. *Hydrobiologia*, 246, 89-98.
- Sassaman, C. (1995). Sex determination and evolution of unisexuality in the Conchostraca. *Hydrobiologia*, 298:45–65.
<https://doi.org/10.1007/BF00033799>
- Sayah, L.M. (2008). Etude hydraulique du canal Oued Righ. Détermination des caractéristiques hydrauliques. Mémoire de Magistère en Hydraulique. Univ. Ouargla, 95p.
- Scharf, B.W. (1988). Living Ostracods from the Nature Reserve "Hurdter Rheinaue" (Germany). In: T. Hanai, (Eds.), *Evolutionary Biology on Ostracoda*. Proceedings of the Ninth International Symposium on Ostracoda: 501-516.
- Scharf, B. & Hollwedel, W. (2010). Ostracoda und Cladocera (Crustacea) von der Insel Terschelling, Niederlande. *Drosera*, 2009, 127-141.
- Scharf, B. & Brunke, M. (2013). The recolonization of the river Elbe with benthic and hyporheic Ostracoda (Crustacea) after the reunion of Germany in 1989. *International Review of Hydrobiology*, 98, 1-8.
<https://doi.org/10.1002/iroh.201201617>
- Scharf, B. & Viehberg, F.A. (2014). Living Ostracoda (Crustacea) from the town moat of Bremen, Germany. *Crustaceana*, 87(8-9), 1124-1135.
<https://doi.org/10.1163/15685403-00003345>
- Scharf, B., Viehberg, F.A. & Meisch, C. (2016a). Two new methods for opening closed carapaces of preserved Ostracoda (Crustacea). *Bull. Soc. Nat. luxemb*, 118, 149-153.
- Scharf, B., Herzog, M. & Pint, A. (2016b). New occurrences of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) in Germany. *Journal of Micropalaeontology*, 36, 120-126.
<https://doi.org/10.1144/jmpaleo2015-022>
- Schmit, O., Fukova, I., Vandekerkhove, J., Michalakis, Y., Matzke-Karasz, R., Rossetti, G., Martens, K. & Mesquita-Joanes, F. (2013). Mate recognition as a reproductive barrier

- in sexual and parthenogenetic *Eucypris virens* (Crustacea, Ostracoda). *Animal Behaviour*, 85, 977-985.
- Schön, I. & Butlin, R. (1998). Genetic diversity and molecular phylogeny. *In*: Martens, K. (Eds.), *Sex and Parthenogenesis*. Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-marine Ostracods. Backhuys, Leiden, 275-293.
- Schön, I. & Martens, K. (1998). Sex determination in non-marine ostracods. *In*: Martens, K. (Eds.), *Sex and Parthenogenesis*. Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-marine Ostracods. Backhuys, Leiden, 25-36.
- Schön, I., Gandolfi, A., Di Masso, E., Rossi, V., Griffiths, H.I., Martens, K. & Butlin, R.K. (2000). Persistence of asexuality through mixed reproduction in *Eucypris virens* (Crustacea, Ostracoda). *Heridity*, 84, 161-169.
- Schwentner, M., Timms, B.V. & Richter, S. (2015). Spinicaudata (Branchiopoda: Diplostraca) in Australia's arid zone: Unparalleled diversity at regional scales and withinwater bodies. *Journal of Crustacean Biology*, 35(3), 366-378.
- Schwentner, M., Rabet, N., Richter, S., Giribet, G., Padhye, S., Cart, J.F., Bonillo, C. & Rogers, D.C. (2020). Phylogeny and Biogeography of Spinicaudata (Crustacea: Branchiopoda). *Zool. Stud*, 59:44.
<https://doi.org/doi:10.6620/ZS.2020.59-44>
- S.E.O. (1985) *Estudio sobre la biología migratoria del orden Anseriformes (Aves) en España*. *Monografias*. n° 38, I.C.O.N.A, 218 pp.
- Seidel, B. (1989). Phoresis of *Cyclocypris ovum* (Jurine) (Ostracoda, Podocopida, Cyprididae) on *Bombina variegata* (L.) (Anura, Amphibia) and *Trituris vulgaris* (L.) (Urodela, Amphibia). *Crustaceana*, 57 (2) : 171-176.
- Seltzer, P. (1946). *Le climat de l'Algérie*. Carbonel, Alger, 219 p.
- Seurat, L.G. (1930). *Exploration Zoologique de L'Algérie de 1830 À 1930*. Masson & Cie, Paris, 708 pp.
- Shen, Y.B. & Huang D.Y. (2008). Extant clam shrimp egg morphology: taxonomy and comparison with other fossil branchiopod eggs. *Journal of Crustacean Biology*, 28: 352-360.
- Simon, (1886) (Crustacea, Spinicaudata) from the Guadiana River Basin (south-western Iberian Peninsula). *Bol. Ass. Espan. Ent*, 28: 3-4.
- Simon E. (1886). Étude sur les Crustacés du sous-ordre des Phyllopoies. *Ann. Soc. Ent. France*, 6: 393-460.

- Siveter, D.J., Sutton, M.D., Briggs, D.E.G. & Siveter, D.J. (2003). An ostracod crustacean with soft parts from the Lower Silurian. *Science*, 302, 1749-1751.
- Smith, A.J. & Horne, D.J. (2002). Ecology of Marine, Marginal Marine and Nonmarine Ostracodes. In: Holmes, J.A. and Chivas, A.R., (Eds.), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*, The American Geophysical Union, Washington DC, Vol. 131, 37-64.
<https://doi.org/10.1029/131GM03>
- Smith, R.J. & Kamiya, T. (2006). Six new species of fresh and brackish water ostracods (Crustacea) from Yakushima, Southern Japan. *Hydrobiologia*, 559:331-355.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10750-005-0946-2>
- Smith, A.J. & Delorme, L.D. (2010). Ostracoda. In: Thorp, J.H., Covich, A.P. (Eds.), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*, third ed. Elsevier Publishing, London, pp. 725-771.
- Smith, A.J., Horne, D.J., Martens, K. & Schön, I. (2015). Class Ostracoda. In: Thorp, J. & Rogers, D.C. (Eds.), *Thorp & Covich's Freshwater Invertebrates, Vol.1*. Fourth Edition, Ecology and General Biology, Elsevier, pp. 757-780.
- Smith, R.J., Matzke-Karasz, R. & Kamiya, T. (2016). Sperm length variations in five species of Cypridoidean non-marine ostracods (Crustacea). *Cell and tissue research*, 366, 483-497.
<https://doi.org/10.1007/s00441-016-2459-x>
- Sohn, I.C. (1958). Chemical constituents of ostracodes; some applications to paleontology and paleo-ecology. *J. Paleont.* Tulsa, Vol 32, N 4. P 730-736. 4 Tabl.
- Sohn, I.G. & Kornicker, L.S. (1972). Predation of schistosomiasis vector snails by Ostracoda (Crustacea). *Science*, 175, 1258-1259.
- Sohn, I.G. & Kornicker, L.S. (1979). Viability of freeze-dried eggs of the freshwater *Heterocypris incongruens*. In: N. Krstic, (Eds.), *Proceedings of the 7th International Symposium on Ostracodes*, Belgrade: 1-4.
- Spandl, H. (1924). Wissenschaftliche Ergebnisse der zoologischen Expedition nach dem anglo-egyptischen Sudan (Kordofan) 1914. 17. Die Seußwasser-Mikrofauna. Denkschr Akad Wiss. *Math-Naturwis*, 99:259-262.
- Spears, T. & Abele, L.G. (2000). Branchiopod monophyly and interordinal phylogeny inferred from 18S ribosomal DNA. *J. Crustacean Biol*, 20:1-24.
- Stamatakis, A. (2014). RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics*, 30 (9):1312-1313.

- Stauder, A. & Meisch, C. (1991). Freshwater Ostracoda (Crustacea) collected in a stream of the Island of Madeira. *Bocagiana, Museu Municipal do Funchall*, 47: 1-9p.
- Stephanides, T. (1948). A survey of the fresh-water biology of Corfu and of certain other regions of Greece. - *Praktika of the Hellenic Hydrobiological Institute* 2 (part 2), 1-263. (Ostracoda: plates 25-34).
- Straskraba, M. (1965). Taxonomic studies on Czechoslovak Conchostraca, 1. Family Limnadiidae. *Crustaceana*, 9: 263-273.
- Sywula, T. (1974). Malzorzczki (Ostracoda). *Fauna Slodkowodna Pol*, 24:1-315.
- Tasch, P. (1969). Branchiopoda. In: Moore, R. C. (Eds.), *Treatise on invertebrate paleontology*, part R: Arthropoda 4, vol. I. Geological Society of America. University of Kansas Press. Lawrence, Kansas, pp. 128-191.
- Ter Braak, C.J.F. (1987). The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69, 69-77.
- Ter Braak, C.J.F. & Barendregt, J.G. (1986). Weighted averaging of species indicator values: its efficiency in environmental calibration. *Math. Biosci*, 78, 57-72.
- Ter Braak, C.J.F. & Verdonschot, P.F.M. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Ecology*, 57, 255-289.
- Tetart, J. (1970). L'éclosion des œufs des Ostracodes d'eau douce : étude de l'évolution des pontes, de l'ultrastructure des membranes de l'œuf et du processus d'éclosion. *Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de Grenoble*, 61: 189-209.
- Theisen, B.F. (1966). The Life History of Seven Species of Ostracods from a Danish Brackish-Water Locality. - *Meddelelser fra Danmarks Fiskeriog Havundersogelser*, N.S. 5 (8): 215-269.
- Thiéry, A. (1996). Large branchiopods (Crustacea: Anostraca, Notostraca, Spinicaudata, Laevicaudata) from temporary inland waters of the Arabian Peninsula. *Fauna of Saudi Arabia*, 15: 37-98.
- Thiéry, A. & Rogers, D.C. (2022). A new species of Tanyastigites Brtek, 1972 (Anostraca: Tanyastigidae) from Libya, with a revised key to the genus and new crustacean records (Branchiopoda, Copepoda, Ostracoda) from Algeria. *Journal of Crustacean Biology*, 42, 1-10.
<https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruac032>
- Timms, B.V. (2016). A partial revision of the Australian Eulimnadia Packard, 1874 (Branchiopoda: Spinicaudata: Limnadiidae). *Zootaxa*, 4066 (4), 351-389.

- Timms, B.V. & Richter, S. (2002). A preliminary analysis of the conchostracans (Crustacea: Spinicaudata and Laevicaudata) of the middle Paroo catchment of the Australian arid-zone. *Hydrobiol*, 486:239-247.
<https://doi.org/10.1023/A:1021315221708>
- Timms, B. & Lindsay, S. (2011). Morphometrics of the resting eggs of the fairy shrimp *Branchinella* (Anostraca: *Thamnocephalidae*). *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 133: 53-70.
- Timms, B.V. & Rogers, D.C. (2020). Diagnosing *Eulimnadia* and *Paralimnadia* (Branchiopoda: Spinicaudata: Limnadiidae). *Zoological Studies*, 59:38
<https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-38>
- Toutain, G. (1979). : Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement. Ed : I.N.R.A., Paris. 276 pages.
- Troin, J.F., Fontaine, J., Bisson, J., Bisson, V., Brulé, J.C., Escallier, R. & Signoles, P. (2006). *Le Grand Maghreb*. Paris, Armand Colin.
- Uçak, S. (2012). Comparative analysis of diversity hypotheses used to determine the relationship between Ostracoda (Crustacea) species and environmental variables in different aquatic bodies of Ankara. Thesis. Department of Biology. Natural and Applied Sciences of the Abant Izzet University, 104 p.
- Uçak, S., Kulköylüoğlu, O., Akdemir, D. & Başak, E. (2014). Distribution, diversity and ecological characteristics of freshwater Ostracoda (Crustacea) in shallow aquatic bodies of the Ankara Region, Turkey. *Wetlands*, 34, 309-324.
- UNESCO. (1972). Etude des ressources en eau de Sahara septentrional (ERESS). Algérie-Tunisie, Rapport final. REG 100, Vol 2 et 3. Paris. France.
- Valls, L., Zamora, L., Rueda, J. & Mesquita-Joane, F. (2016). Living and Dead Ostracod Assemblages in a Coastal Mediterranean Wetland. *Wetlands*, 36, 1-9.
- Van Damme, K. & Dumont, H.J. (2010). Cladocera of the Lençois Maranhenses (NE-Brazil): faunal composition and a reappraisal of Sars' Method. *Brazilian Journal of Biology*, 70 (3), 755-779.
- Van der Meeren, T., Almendinger, J.E., Ito, E. & Martens, K. (2010). The ecology of ostracodes (Ostracoda, Crustacea) in western Mongolia. *Hydrobiologia*, 641, 253-273.
- Van Doninck, K., Schön, I. & Martens, K. (2003). A perspective on the importance of reproductive mode in astrobiology. *Astrobiology*, 3:657-671.
<https://doi.org/10.1089/153110703322735999>

- Vannier, J., Abe, K. & Ikuta, K. (1998). Feeding in myodocopid ostracods: functional morphology and laboratory observations from videos. *Marine Biology*, 132, 391-408.
- Vanschoenwinkel, B., Gielen, S., Seaman, M. & Brendonck, L. (2008). Any way the wind blows – frequent wind dispersal drives species sorting in ephemeral aquatic communities. *Oikos*, 117, 125-134.
- Vidrine, M.F., Sissom, S.L. & McLaughlin, R.E. (1987). Eulimnadiatexana Packard (Conchostraca: Limnadiidae) in rice fields in southwestern Louisiana. *The Southwestern Naturalist*, 32, 1-4.
- Vinyard, G. (1979). An ostracod (*Cypridopsis vidua*) can reduce predation from fish by resisting digestion. *American Midland Naturalist*, 102, 108-190.
- Vogt, M.L. (2019). Contributions to the hydrology and hydrogeology of the Nubian Sandstone Aquifer of Northern Chad, Doctorat, Neuchâtel, Neuchâtel.
- Von Grafenstein, U., (2002). Oxygen-isotope studies of ostracods from deep lakes. In: Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (Eds.), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*, AGU Geophysical Monograph, 131, 249-266.
- Wagner, C.W. (1964). Ostracods as environmental indicators to Recent and subrecent estuarine deposits of the Netherlands (with discussion). In: Puri, S. (Eds.), *Ostracoda as ecological and palaeoecological indicators*. Pubblicazioni della stazione zoologica di Napoli, 33, 480-495.
- Weeks, S.C., Sanderson, T.F., Zofkova, M. & Knott, B. (2008). Breeding systems in the clam shrimp family Limnadiidae (Branchiopoda, Spinicaudata). *Invert. Biol*, 127:336-349. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2008.00130.x>
- Weeks, S.C., Chapman, E.G., Rogers, D.C., Senyo, D.M. & Hoeh W.R. (2009). Evolutionary transitions among dioecy, androdioecy and hermaphroditism in limnadiid clam shrimp (Branchiopoda: Spinicaudata). *J. Evol. Biol*, 22:1781-1799.
- Weeks, S.C., Brantner, J.S., Astrop, T.I., Ott, D.W. & Rabet N. (2014). The evolution of hermaphroditism from dioecy in crustaceans: selfing hermaphroditism described in a fourth Spinicaudatan genus. *Evolutionary Biology*, 41: 251-261.
- Whittaker, J.E. & Hart, M.B. (2009). Ostracods in British Stratigraphy. The Micropalaeontological Society, Special Publications. *The Geological Society, London*, VIII p 485 pp.
- Wilkinson, I., Wilby, P., Williams, P., Siveter, D. & Vannier, J. (2007). Ostracod carnivory through time. In: Elewa, A.M.T. (Eds.), *Predation in Organisms: A Distinct Phenomenon*. Springer, Berlin, pp. 39-58.

- <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.19610460304>
Williams, W.D. (1998). Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*, 381:191-201.
<https://doi.org/10.1023/A:1,003,287,826,503>
- Williams, M., Siveter, D.J., Ashworth, A.C., Wilby, P.R., Horne, D.J., Lewis, A.R. & Marchant, D.R. (2008). Exceptionally preserved lacustrine ostracods from the Middle Miocene of Antarctica: implications for high-latitude palaeoenvironment at 778° South. *Proc. R. Soc. B*.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0396>
- Williams, M., Perrier, V., Bennett, C., Hearing, T., Stocker, C. & Harvey, T. (2015). Ostracods: The ultimate survivors. *Geology Today*, 31(5), 193-200.
<https://doi.org/10.1111/gto.12108>
- Wrožyna, C., Meyer, J., Dietzel, M. & Piller, W.E. (2022). Neotropicalostracode oxygen and carbon isotope signatures: implications for calcification conditions. *Biogeochemistry*, 159 (1): 103-138.
<https://doi.org/10.1007/s10533-022-00917-9>
- Yadi, H.B. (1991). Nature et évolution de la matière minérale et organique dans le bassin de la Tafna (N.W. Algérien).
- Yamada, K., Masuma, T., Sakai, S., Seto, K., Ogusa, H. & Irizuki, T. (2016). Centennial-scale East Asian summer monsoon intensity based on $\delta^{18}\text{O}$ values in ostracode shells and its relationship to land-ocean air temperature gradients over the past 1700 years. *Geology*, 44:255-258.
<https://doi.org/10.1130/G37535.1>
- Yin, Y. & Geiger W. (1995). Spatial distribution of ostracods related to abiotic factors in Mooswinkl Bay, Mondsee, Austria. In: J. Rilla, (Eds.), *Ostracoda and Biostratigraphy*. Proceedings of the 12th International Symposium on Ostracoda, 381-387. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Zaibi, C., Scharf, B., Viehberg, F.A., Keyser, D. & Kamoun, F. (2013). Preliminary report on the living non-marine Ostracoda (Crustacea) from Tunisia with the description of a new *Psychrodromus* species. *Zootaxa*, 3626, 499-516.
- Zedam, A. (2015). Etude de la flore endémique de la zone humide de Chott el Hodna inventaire - préservation. Thèse de Doctorat. Université de Sétif. 190 p.


Annexes



Living ostracods (Crustacea) from Algerian Sahara and High Plains: ecological data and new records

AIMEN MENAIL^{1,3}, BURKHARD SCHARF² & MOUNIA AMAROUAYACHE^{1*}

¹Marine Bioresources Laboratory, Annaba University Badji Mokhtar, BP12 El-Hadjar, Annaba 23002, Algeria.

²Ellhornstr. 21, 28195 Bremen, Germany.  <https://orcid.org/0000-0002-5705-3651>

³ <https://orcid.org/0000-0001-9534-0945>

*Corresponding author.  m.derbal@yahoo.fr;  <https://orcid.org/0000-0002-1244-0156>

Abstract

Between 2017 and 2018, in order to complete the list of the Algerian freshwater ostracods, 62 water bodies were sampled across the Sahara and the semi-arid High Plains. The physico-chemical parameters (salinity, temperature and pH) were measured, and the coordinates of the sites, their surface area and altitude were also recorded. A total of 24 ostracod species were identified, belonging to 4 different families (Darwinulidae, Ilyocyprididae, Cyprididae and Cytheridae). The maximum number of species in a single site was six. The most common species was *Heterocypris incongruens* (24 records). Three species are new to Algeria: *Darwinula stevensoni*, *Oncocypris muelleri* and *Candelacypris aragonica*. The ecology of the new and the most common species is discussed. Moreover, in order to evaluate the relationship between the distribution of ostracods and environmental parameters (pH, salinity and temperature), a canonical correspondence analysis (CCA) was performed. The first two axes of the CCA diagram explain 92.97% of the cumulative variance of the relationship between species and physico-chemical parameters of the sites.

Key words: Ostracods, taxonomy, ecology, Algerian Sahara

Introduction

Ostracods are small bivalved crustaceans of about 0.5–2.0 mm length (Martens & Horne 2009). They are very common in most inland waters, as lakes, ponds, springs and rivers (Külköylüoğlu 2013). Successful habitats for ostracods are governed by sediment type, hydrology and by physico-chemical parameters, such as water temperature, salinity and pH (Mesquita-Joanes *et al.* 2012). One of the factors contributing to the wide distribution of ostracods is their different reproductive modes, i.e. parthenogenetic, sexual, or both (Martens 1998).

Ostracods have relatively low mobility and their dispersion over long distances is mainly passive (Meisch 2000). Some ostracods have resting eggs that can withstand desiccation and freezing (Smith *et al.* 2015), giving them a significant capacity for dispersal and colonization. These eggs, as well as adult forms, can be distributed by wind (Vanschoenwinkel *et al.* 2008a), amphibians (Lopez *et al.* 1999), birds (Brochet *et al.* 2010), mammals (Vanschoenwinkel *et al.* 2008b; Waterkeyn *et al.* 2010a) and anthropogenic transport (Waterkeyn *et al.* 2010b). In order to survive the risks associated with extreme environmental conditions, ostracods can hermetically seal their carapaces and go into torpor (Horne 1993). There are about 2330 species of extant non-marine ostracods worldwide, 43.2% of which belong to the Cyprididae family, and 799 species are recorded in the Palaearctic and 453 in the Afrotropical (Meisch *et al.* 2019).

With about 2.4×10^6 km² surface area, Algeria is the largest country in Africa and in the Mediterranean basin. It straddles two ecozones, the Palearctic realm in the north and the Afrotropical realm in its extreme south (Tassili N'Ajjer and Hoggar), which represents a relict area (Dumont 1979). The Sahara Desert, bordered to the north by the High Plains, covers more than 85% of the country (Gagneur & Kara 2001). The Sahara is characterized by a dry and arid to hyper-arid climate with rainfall of less than 50 mm/year, intense sunshine, and temperatures that can exceed 50 °C during the hottest months. The High Plains, situated between Tellian and Saharan Atlas, benefit from an arid

Mediterranean climate with rainfall varying from 200 to 400 mm/year, hot summers and cold winters (Le Houérou *et al.* 1977). Despite the aridity of the climate and thanks to resurgence from sandy regions and the impermeability of the rocky soil in the Tassili Plateaus, the Sahara and the High Plains are home to numerous temporary waterbodies typical of northafrican arid zones. These wetlands are the remnants of what the Sahara was about ten thousand years ago. At that time, the Sahara was irrigated by wadis, such as the Igharghar that linked the Ahaggar to the Tassili N'Ajjer and that flowed into the ancient Ouargla Lake further north, currently occupied by the so-called Chotts and Sebkhass (Bouvet & Le Berre 1985).

Few studies have focused on living ostracods from Saharan waterbodies. The most important works are old and date back to the first half of the last century and have been synthesized in a checklist of African ostracods (Martens 1984). In the Algerian Sahara, the first investigations began at the end of the 19th century with the description of some saline water ostracods (Moniez 1891), followed by the thesis of Gauthier (1928a), which remains to this day the major contribution in this field, exploring large areas of the country. After his thesis, Gauthier carried out many other studies about the aquatic invertebrates of the region (Gauthier 1928b, 1929a, 1929b, 1930, 1931, 1933, 1934). Later, Samraoui *et al.* (1998) gave the list of six ostracod species from the northeast of Algeria. Karanovic & Pesce (2000) described a new species in the southwest of the Sahara. More recently, Ghaouaci *et al.* (2017) published the first checklist of ostracods in northern Algeria.

Our work was carried out with the main objective of completing the inventory of ostracods in Algeria, by exploring the aquatic ecosystems of the Sahara, and the adjoining arid regions, and updating knowledge on this group, by providing ecological data of the sites, their ostracod fauna and SEM images of species.

Materials and methods

Study zone

Punctual sampling was carried out within six expeditions, where 180 sites were surveyed between February 2017 and April 2018. Only 62 of them hosted non-marine living ostracods. The sampled area is located between 22 ° and 36 ° north, and 1 ° west and 9 ° east (Fig. 1) and covers three geographical regions: (1) The High Plains are semi-arid to arid plateaus located in the north of the country; they border the Sahara from Saharan Atlas Mountains towards the south. (2) The Northern Sahara, also known as the lower Sahara (up to—40 m a.s.l.), is a vast basin covered with sand dunes, characterized by low biological activity and high soil salinity. (3) The Central Sahara occupies the southern half of the country and is home of two natural parks; the Tassili N'Ajjer, consisting of sand and sandstone or basalt plateaus, and the Ahaggar mountains, formed by lava flows and gravel and stone desert.

The sampled sites

The sampled sites are located between—9 m and over 2000 m a.s.l (Fig. 1, Table 1). They were selected for their ecological importance and their ease to access. They include a variety of natural and artificial waterbodies (temporary pools, basins, fountains, and constructed wetlands for wastewater treatment). In addition to these biotops, characteristic natural aquatic ecosystems of the Sahara were prospected. Wadis are ephemeral rivers, flooding during torrential rainfall. Sebkhass and Chotts are huge and shallow saline lakes deprived of vegetation (Amarouayache *et al.* 2010), mainly limited to arid and semi-arid zones. Gueltas are residual ponds; they appear on impermeable grounds in the shade of steep canyons and at the bottom of the Wadis from which they feed on water during floods (Dakki *et al.* 2020), they are distributed in the Tassili N'Ajjer and the Ahaggar. Bahrs are permanent and moderately saline lakes of artesian origin (Gouasmia *et al.* 2016). They are numerous in the low Sahara. Lentic waterbodies (pools, ponds and constructed wetlands) represented 35.5% of the sites, while 21% were wadis, 16% were bahrs, 14.5% were gueltas, and chotts and sebkhass represented 13%. In figure 2 some examples of the different water bodies are illustrated.

Sampling and identification

A hand-net of 200 µm mesh size was used during sampling by scraping the bottom (to a water depth of 1.5 m). Samples were then sieved through a 4 mm sieve to remove coarse sediment and debris. The ostracods passing through the mesh were collected in another 200 µm mesh size net, narcotized for about 30 minutes in low concentrated ethanol in order to avoid the closing of the carapaces, and then stored in vials with 96% ethanol. Physico-chemical

parameters (salinity, water temperature and pH) were measured during the sampling using a Hanna multiparameter sonde (HI 9829). The geographical coordinates and their altitudes were recorded using a GPS Garmin map76 (WGS 84). The area of each site was measured via Google Earth (Tab. 2).

When water bodies were found dried out during surveys, the upper layer of soil, potentially containing cyst bank, was collected and stored. Ostracods were then raised from mud according to Sars' method, as described by Ghaouaci *et al.* (2017).

Prior to identification, adult ostracods were sorted using a pipette, the soft parts were removed from of the carapace. Valves were stored dry in micropaleontological slides. Soft parts were dissected in a drop of Hydro-Matrix solution under a stereomicroscope (Olympus ACH 1X), covered with a cover slip, and preserved as permanent slide. The carapaces and the appendages were observed under a microscope (Leica DM 750) and identified based on their morphological characteristics, according to Brehm & Margalef (1949), Meisch (2000) and Karanovic (2012). Valves selected for SEM images were cleaned in a KOH solution (7%) overnight (Matzke-Karasz 1995) and glued on aluminium stubs. SEM images were taken with CamScan SEM DV 4 and a LEO 1525 at the Zoological Institute of the University of Hamburg. The studied individuals as well as all the samples collected are stored in the collection of the Marine Bioresources Laboratory at Badji Mokhtar-Annaba University (Algeria), according to the international rules of zoological nomenclature (Kraus 2000).

Statistical analysis

In order to examine the relationship between the ostracod distribution and the physico-chemical data of the sampling sites (pH, salinity and temperature), a canonical correspondence analysis (CCA) was used (ter Braak and Verdonschot 1995), using the software R version (4.0.3), the packages used are: Vegan and Labdsv. To avoid distortion of the analyses, only the 17 species which have more than one record in a site whose parameters are available were retained for the analysis (Ter Braak 1986, 1995). The significance of the canonical axes and physico-chemical parameters was assessed by Monte Carlo permutation tests (999 permutations).

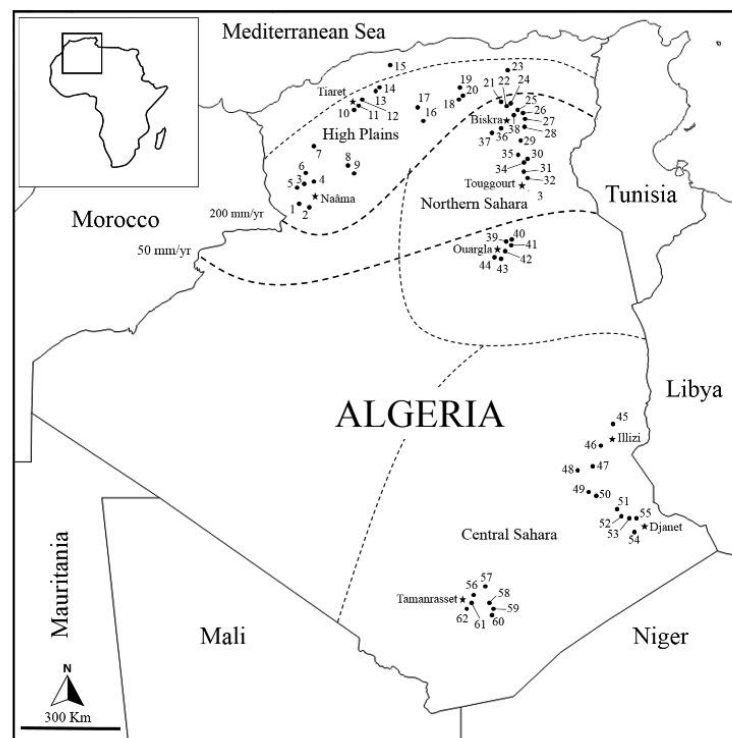


FIGURE 1. Location of the sample sites in Algeria. The dashed lines show the rainfall limits and the sampled geographical regions.

TABLE 1. Geographical and physico-chemical data of the 62 sampling sites and the number of species per sampling site. ND—No data, Cw—Constructed wetland.

Code Site	Name	Type	Coordinates	Altitude [m a.s.l.]	Surface [ha]	Number of species	Water temperature [° C]	Salinity [psu]	pH
1	Tiout	Wadi	32°46'58.2" N 00°25'02.5" W	1034	ND	5	23.2	0.6	11.3
2	Ain Ouarka	Sebkha	32°44'05.5" N 00°08'56.6" W	1039	2350	1	23.9	22.5	9.9
3	Ain Malha	Pool	33°19'58.7" N 00°00'52.9" E	1210	ND	6	25.6	3.3	8.6
4	Ouglat Senden	Pond	33°29'07.9" N 00°03'15.3" W	1153	0.01	3	18.4	0.7	8.8
5	Näama	Sebkha	33°16'53.4" N 00°16'59.9" W	1165	9000	1	22	42.1	10.9
6	Roudassa	Cw	33°33'17.8" N 00°12'26.6" W	1095	5	3	16.5	0.3	8.8
7	Ain Sidi khelifa	Pool	34°10'37.8" N 00°01'53.0" E	997	0.08	3	17.5	0.5	9.2
8	El Bayadh	Wadi	33°41'33.1" N 00°59'02.2" E	1370	ND	2	23	0.9	10.3
9	Boukhoubza	Cw	33°28'14.6" N 01°13'49.6" E	1250	1	2	22	0.5	11.5
10	Sidi Ouadhah	Wadi	35°17'38.3" N 01°15'57.6" E	852	ND	5	ND	ND	ND
11	Ain djnen	Pool	35°22'36.4" N 01°18'51.9" W	1055	0.01	4	13.6	0.7	8.7
12	Chaouchaoua	Pond	35°23'20.8" N 01°23'28.6" E	950	0.2	5	19.5	0.3	8.4
13	Tissemssilt I	Pond	35°37'18.7" N 01°51'09.0" E	847	0.15	3	27.2	1.4	10.1
14	Tissemssilt II	Pond	35°36'52.3" N 01°49'28.3" E	850	0.08	1	30.1	2.2	9.9
15	Cheliff	Wadi	36°13'58.8" N 02°14'36.2" E	274	ND	4	ND	ND	ND
16	Tasroune	Pond	34°50'29.7" N 03°06'29.7" E	920	0.02	1	23.3	26.1	8.4
17	Stall	Pond	35°08'46.3" N 03°01'29.6" E	940	0.01	5	12.3	0.3	8.1
18	El Hodna I	Chott	35°24'41.1" N 04°19'48.7" E	400	76000	3	25.6	2.9	9.7
19	El Hodna II	Chott	35°28'14.3" N 04°21'55.6" E	400	76000	3	24.9	4.6	8.4
20	Baniou	Wadi	35°25'24.9" N 04°20'43.6" E	400	ND	2	21.6	5.6	7.9
21	Manbaa El Ghozlan I	Pool	35°06'31.2" N 05°35'16.8" E	341	0.01	5	24	7	6.7
22	Manbaa El Ghozlan II	Pool	35°06'29.6" N 05°35'18.1" E	339	0.01	2	24.5	4.4	7.6

.....continued on the next page

TABLE 1. (Continued)

Code Site	Name	Type	Coordinates	Altitude [m a.s.l.]	Surface [ha]	Number of species	Water temperature [°C]	Salinity [psu]	pH
23	Hamiet	Sebkha	35°56'08.1" N 05°37'48.2" E	894	2500	1	15.8	7.1	9.1
24	Barika	Pond	35°10'33.7" N 05°28'37.7" E	447	9	4	22	0.4	8.5
25	Foum El Ghorza I	Pond	34°53'14.8" N 05°54'57.8" E	198	14	1	16	10	8.1
26	Foum El Ghorza II	Pond	34°53'15.4" N 05°54'51.9" E	198	14	1	14.7	12	8.4
27	Foum El Ghorza III	Pond	34°53'13.9" N 05°54'52.8" E	198	14	3	15.8	15	8.6
28	El Houch	Wadi	34°32'56.8" N 06°01'55.8" E	-9	ND	1	18	0.8	8.5
29	Sidi Khetta	Bhar	33°33'58.9" N 06°00'08.8" E	65	0.04	2	20.9	20.3	8.1
30	Khatafet Larayes	Bhar	33°33'08.1" N 06°00'23.4" E	58	0.03	1	25	22.7	7.9
31	Khenana	Bhar	33°27'00.3" N 05°57'36.6" E	67	0.12	1	24.7	13.7	8.2
32	Megarine	Bhar	33°12'11.4" N 06°05'49.2" E	59	1	1	20.6	14.1	8.1
33	Tamacine	Bhar	33°00'59.6" N 06°01'26.6" E	78	4	2	22.5	8.8	8.2
34	Ayata	Bhar	33°29'32.2" N 05°59'31.8" E	40	7	2	23.2	7.9	8.2
35	Lalla zahra	Bhar	33°33'19.9" N 06°00'13.6" E	32	0.25	1	21.6	14.3	8.1
36	Boumlih	Wadi	34°36'51.5" N 05°23'55.2" E	98	ND	1	16.5	0.5	8.7
37	Difel	Wadi	34°28'00.4" N 05°03'08.7" E	194	ND	2	17.3	0.9	8.2
38	Sidi Zarzour	Wadi	34°51'10.9" N 05°44'20.8" E	95	ND	1	18.1	0.4	8.6
39	Hassi Ben Abdallah I	Bhar	32°00'55.6" N 05°26'46.8" E	140	4	2	17.3	16.2	8.5
40	Hassi Ben Abdallah II	Bhar	32°00'56.5" N 05°26'57.9" E	140	3	1	18.5	7.8	8.2
41	Hassi Ben Abdallah III	Bhar	32°00'46.7" N 05°27'03.4" E	140	8	2	18.3	4.1	7.5
42	Oum Raneb	Chott	32°00'41.1" N 05°24'30.3" E	130	7000	1	19.1	9.4	10.7
43	Ain Baida I	Chott	31°57'17.1" N 05°22'23.9" E	130	375	1	24.3	43.8	8.6
44	Ain Baida II	Chott	31°57'36.8" N 05°22'02.4" E	130	375	1	25.6	43.5	8.2

.....continued on the next page

TABLE 1. (Continued)

Code Site	Name	Type	Coordinates	Altitude [m a.s.l.]	Surface [ha]	Number of species	Water temperature [°C]	Salinity [psu]	pH
45	Takhamalt	Pond	26°56'22.6" N 08°42'16.9" E	511	0.5	1	18.4	0.4	8.8
46	Tintourtha	Cw	26°30'38.8" N 08°23'34.8" E	550	30	1	16.8	0.6	9.8
47	Fadnoute	Pond	25°55'03.5" N 08°15'20.7" E	1224	0.1	1	18.5	0.1	9.8
48	Ifni	Wadi	25°46'21.4" N 07°55'40.2" E	843	ND	1	15.9	0.4	8.4
49	Tasset	Pond	25°16'24.7" N 08°15'20.3" E	1618	1.5	2	10.8	0.2	8.0
50	Dider	Guelta	25°10'54.7" N 08°27'59.4" E	1410	0.05	3	10.6	0.1	8.3
51	Issendilen	Guelta	24°57'22.3" N 08°59'49.7" E	1161	0.5	2	14.3	0.2	8.2
52	Aglih Ikrar	Guelta	24°47'45.0" N 09°09'50.3" E	1182	0.05	2	17	0.2	8.0
53	Agzel	Guelta	24°45'20.3" N 09°13'10.7" E	1203	0.05	4	20.3	0.1	10.5
54	Tintaoussiste	Cw	24°26'11.1" N 09°27'37.1" E	995	17	1	19.8	0.5	9.5
55	Beybey	Guelta	24°46'10.6" N 09°20'42.8" E	1106	1.5	1	12.8	0.1	9.7
56	Imaleoulaouene	Guelta	22°53'21.2" N 05°37'15.5" E	1451	0.03	2	12.2	0.2	8.8
57	Afillal	Guelta	23°08'34.9" N 05°43'49.1" E	2012	ND	2	13.7	0.3	8.8
58	Taghahaouaouet	Wadi	22°40'52.1" N 05°54'59.1" E	1229	ND	1	22.4	0.1	9.0
59	Izrifaouine	Wadi	22°39'45.0" N 05°59'05.9" E	1144	ND	1	22	0.2	10.5
60	Timis	Guelta	22°38'30.8" N 05°59'06.2" E	1133	0.01	2	17.7	0.2	8.8
61	Inezbib	Guelta	22°47'59.8" N 05°37'17.4" E	1429	0.01	2	14.3	0.3	8.9
62	Tamanrasset	Wadi	22°43'18.8" N 05°28'05.7" E	1282	ND	1	13.2	1.9	8.9



FIGURE 2. Photos of some sampling sites. No—number in Table 1; A—Sebkha of Ain Quarka. 19.04.2018 (No 2); B—Bhar of Sidi Kheta. 22.04.2017 (No 29); C—Chott of Oum Raneb, 20.04.2018 (No 42); D—Bhar of Hassi Ben Abdallah. 29.03.2017 (No 41); E—Pond of Tissemsilt. 16.04.2018 (No 13); F—Guelta of Dider. 06.02.2018 (No 50); G—Guelta of Aglih Ikrar 08.02.2018 (No 52). Photos A, B, D, F, and G: Aimen Menail; Photos C and E: Younes Menail.

Results

In total, 24 species of ostracods, belonging to 17 genera and four families (Cyprididae, Ilyocyprididae, Darwinulidae and Cytherideidae) were identified (Table 2, Figs 3–12). The family Cyprididae represents 75% of the species found, followed by Ilyocyprididae (17%), Darwinulidae (4%) and Cytherideidae (4%). *Darwinula stevensoni* is a new record for Algeria, *Oncocypris muelleri* is a new record for North Africa, and *Candelacypris aragonica* is new record for the whole of Africa, being previously recorded only on the Iberic Peninsula.

TABLE 2. Taxonomic list of ostracods found in this study, and their distribution (site codes, see Table 1).

Systematic classification	Distribution Sites
Family Cytherideidae Sars, 1925	
Subfamily Cytherideinae Sars, 1925	
Genus <i>Cyprideis</i> Jones, 1857	
<i>Cyprideis torosa</i> (Jones, 1850)	21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 40
Family Darwinulidae Brady & Norman, 1889	
Genus <i>Darwinula</i> Brady & Robertson, 1885	
<i>Darwinula stevensoni</i> (Brady & Robertson, 1870)	3, 21, 22
Family Ilyocyprididae Kaufmann, 1900	
Subfamily Ilyocypridinae Kaufmann, 1900	
Genus <i>Ilyocypris</i> Brady & Norman, 1889	
<i>Ilyocypris gibba</i> (Ramdohr, 1808)	2, 3, 18, 19, 21, 24, 25, 27, 28, 37, 45, 49, 50, 52, 53, 56, 57, 58, 59
<i>Ilyocypris decipiens</i> Masi, 1905	53
<i>Ilyocypris getica</i> Masi, 1906	12, 20, 53
<i>Ilyocypris bradyi</i> Sars, 1890	1, 10
Family Cyprididae Baird, 1845	
Subfamily Eucypridinae Bronstein, 1947	
Genus <i>Candelacypris</i> Baltanas, 2001	
<i>Candelacypris aragonica</i> (Brehm & Margalef, 1949)	15, 23
Subfamily Oncocypridinae De Deckker, 1979	
Genus <i>Oncocypris</i> G.W. Müller, 1898	
<i>Oncocypris muelleri</i> (Daday, 1910)	52, 53
Subfamily Cypridinae Hartmann, 1971	
Genus <i>Cypridina</i> Vávra, 1895	
<i>Cypridina</i> cf. <i>seurati</i> Gauthier, 1929	51
Subfamily Eucypridinae Bronshtein, 1947	
Genus <i>Eucypris</i> Vávra, 1891	
<i>Arctocypris mareotica</i> (Fischer, 1855)	29, 43, 44
<i>Eucypris virens</i> (Jurine, 1820)	8, 11, 12, 13, 15, 17, 24, 27, 38
Genus <i>Tonnacypris</i> Diebel & Pietrzeniuk, 1975	
<i>Tonnacypris lutaria</i> (Koch, 1838)	3, 12
Genus <i>Trajancypris</i> Martens, 1989	
<i>Trajancypris clavata</i> (Baird, 1838)	1, 6, 13, 15, 17, 18, 24
Subfamily Herpetocypridinae Kaufmann, 1900	
Genus <i>Herpetocypris</i> Brady & Norman, 1889	
<i>Herpetocypris brevicaudata</i> Kaufmann, 1900	3, 4, 10, 11, 57
Genus <i>Isocypris</i> G.W. Müller, 1908	

.....continued on the next page

TABLE 2. (Continued)

Systematic classification	Distribution Sites
<i>Isoocypris beauchampi</i> (Paris, 1920)	10
Genus <i>Stenocypris</i> Sars, 1889	
<i>Stenocypris major</i> (Baird, 1859)	3, 21, 47, 48, 51, 55
Subfamily Cyprinotinae Bronshtein, 1947	
Genus <i>Heterocypris</i> Claus, 1892	
<i>Heterocypris incongruens</i> (Ramdohr, 1808)	3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 27, 36, 37, 41, 42, 46, 54, 62
<i>Heterocypris barbara</i> (Gauthier & Brehm, 1928)	16, 17, 19, 41
<i>Heterocypris salina</i> (Brady, 1868)	1, 5, 34, 39, 60
Subfamily Cypridopsinae Kaufmann, 1900	
Genus <i>Cypridopsis</i> Brady, 1867	
<i>Cypridopsis vidua</i> (O.F. Müller, 1776)	12, 39
<i>Cypridopsis hartwigi</i> G.W. Müller, 1900	24
Genus <i>Plesiocypridopsis</i> Rome, 1965	
<i>Plesiocypridopsis newtoni</i> (Brady & Robertson, 1870)	1, 4, 7, 11, 33, 50, 60, 61
Genus <i>Sarscypridopsis</i> McKenzie, 1977	
<i>Sarscypridopsis aculeata</i> (Costa, 1847)	10, 34
Genus <i>Potamocypris</i> Brady, 1870	
<i>Potamocypris arcuata</i> (Sars, 1903)	1, 3, 6, 7, 9, 12, 17, 49, 50, 56, 61

The most represented genus is *Ilyocypris* with four species, followed by the genus *Heterocypris* with three species. The most frequently observed species is *Heterocypris incongruens* (24 records), followed by *Ilyocypris gibba* (19 records). The other relatively frequent species are *Potamocypris arcuata* (11 records), *Cyprideis torosa* and *Eucypris virens* (9 records). *Cypridopsis hartwigi*, *Isoocypris beauchampi*, *Ilyocypris decipiens* and *Cypretta* cf. *seurati* were observed only once (Fig. 13A). The higher the number of co-occurring species, the lower the number of sites where co-occurrences have been recorded (Fig. 13B). Almost half of the sites (43.5%) harbored a single species (27 sites), and the highest species richness (6 species) was found in Ain Malha, a strongly magnesian hot spring, situated in Naâma district (Western High Plains, Site 3 in Table 1). This site hosted *Herpetocypris brevicaudata*, *Tonnacypris lutaria*, *Darwinula stevensoni*, *Heterocypris incongruens*, *Ilyocypris gibba* and *Potamocypris arcuata*. Overall, the average number of species per site was 1.9 (Table 1). Table 1 shows also the number of the species found at each sampling site.

The coexistence of congeneric species was recorded for *Heterocypris* and *Ilyocypris*. *Heterocypris incongruens* and *H. barbara* were recorded together in sites 17, 19 and 41, and *Ilyocypris decipiens*, *I. getica* and *I. gibba* were found together in site 53, which represents the largest number of species belonging to the same genus recorded at a single site in this study.

All the species collected in this study have at least palearctic distribution, except for *Oncocypris muelleri* which has an exclusively afrotropical distribution, while 42% of the species have also an afrotropical distribution with other regions (*Cypretta* cf. *seurati*, *Cyprideis torosa*, *Cypridopsis vidua*, *Darwinula stevensoni*, *Eucypris virens*, *Heterocypris incongruens*, *Plesiocypridopsis newtoni*, *Sarscypridopsis aculeata* and *Stenocypris major* (Meisch et al. 2019).

The surveyed environments cover a wide range of water salinity, ranging from freshwater (salinity < 3 psu) to saline-hypersaline water (up to 43.8 psu), 39% of the sites are freshwater. Diurnal water temperature globally ranged between 10.6 °C and 30.6 °C during our visit. All of the surveyed sites are neutral to alkaline, except site 21, which is slightly acidic (pH 6.7), while 64% of sites have a pH between 7.5 and 9. The maximum pH value was 11.5 measured in a constructed wetland (Site 9 in Table 1).

The altitude of the studied sites was between -9 m measured in the Northern Sahara (Site 28 in Table 1) and 2012 m a.s.l. measured in the Central Sahara (Site 57 in Table 1). 42% of the sites sampled are below 400 m a.s.l. (Fig. 14) and 34% are located between 801–1200 m a.s.l. This altitude interval is home to the greatest specific diversity (18 species) (Table 3). *P. arcuata*, *I. gibba* and *H. brevicaudata* have been observed at altitudes exceeding 1600 m altitude.

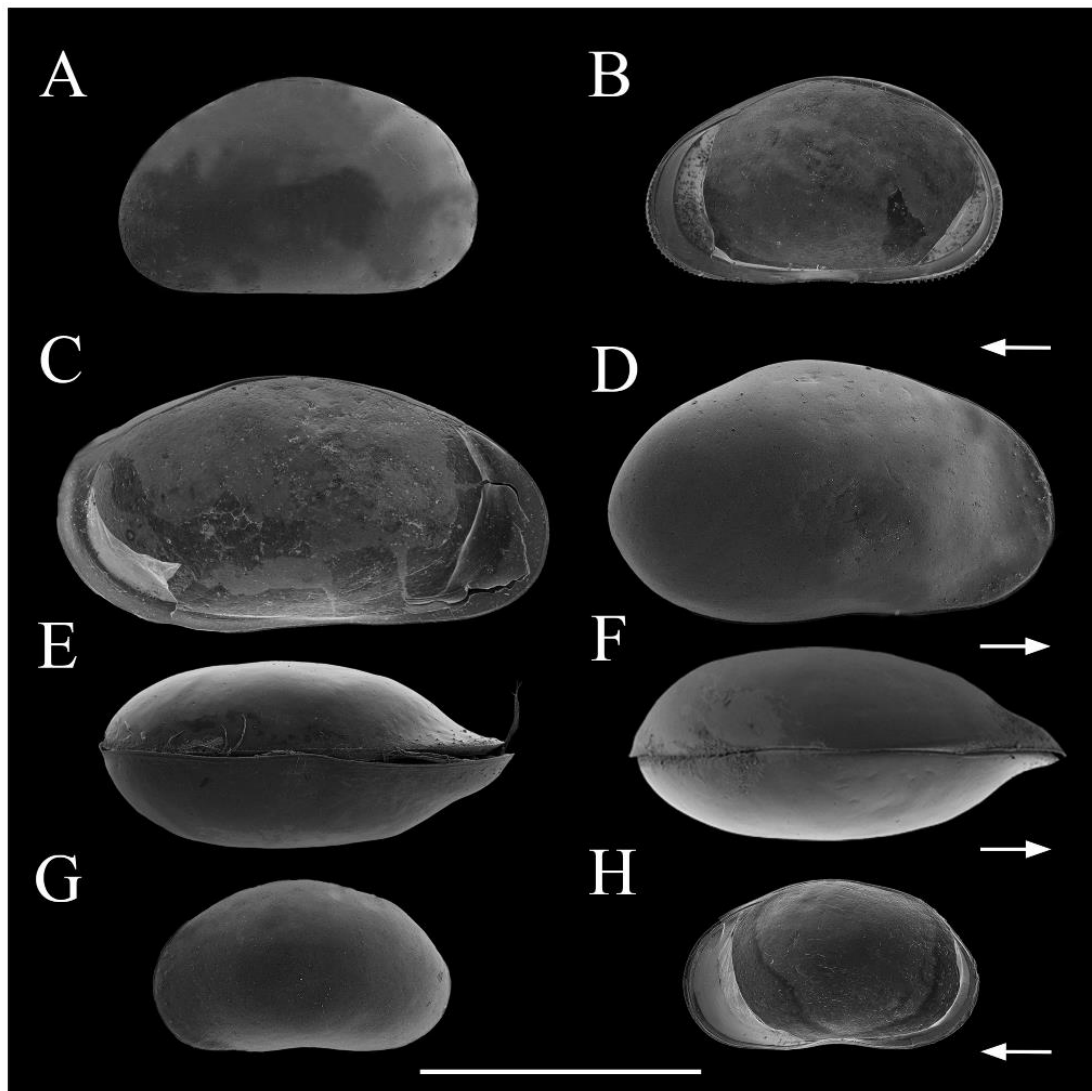


FIGURE 3. *Heterocypris incongruens*. Adult female (A, B) **A:** LV, ext. view. **B:** RV, int. view, same individual as in A. *Heterocypris barbara*. Adult females (C–F) and juvenile (G, H). **C:** LV, int. view. **D:** RV, ext. view, same individual as in C. **E:** carapace, ventral view. **F:** carapace, dorsal view. **G:** LV, ext. view. **H:** RV, int. view, same individual as in G. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 1 mm.

TABLE 3. List of species found at every 400 m a.s.l. of altitudinal range.

Altitudes [m a.s.l.]	Species
>1600	Hbre, Igib, Parc
1201–1600	Evir, Hinc, Idec, Iget, Igib, Omul, Parc, Pnew, Smaj
801–1200	Cara, Cseu, Cvid, Evir, Hbar, Hbre, Hinc, Hsal, Ibea, Ibra, Iget, Igib, Parc, Pnew, Sacu, Smaj, Tcla, Tlut
401–800	Char, Hinc, Igib
(-9)–400	Amar, Ctor, Cvid, Dste, Evir, Hbar, Hinc, Hsal, Iget, Igib, Pnew, Sacu, Smaj, Tcla

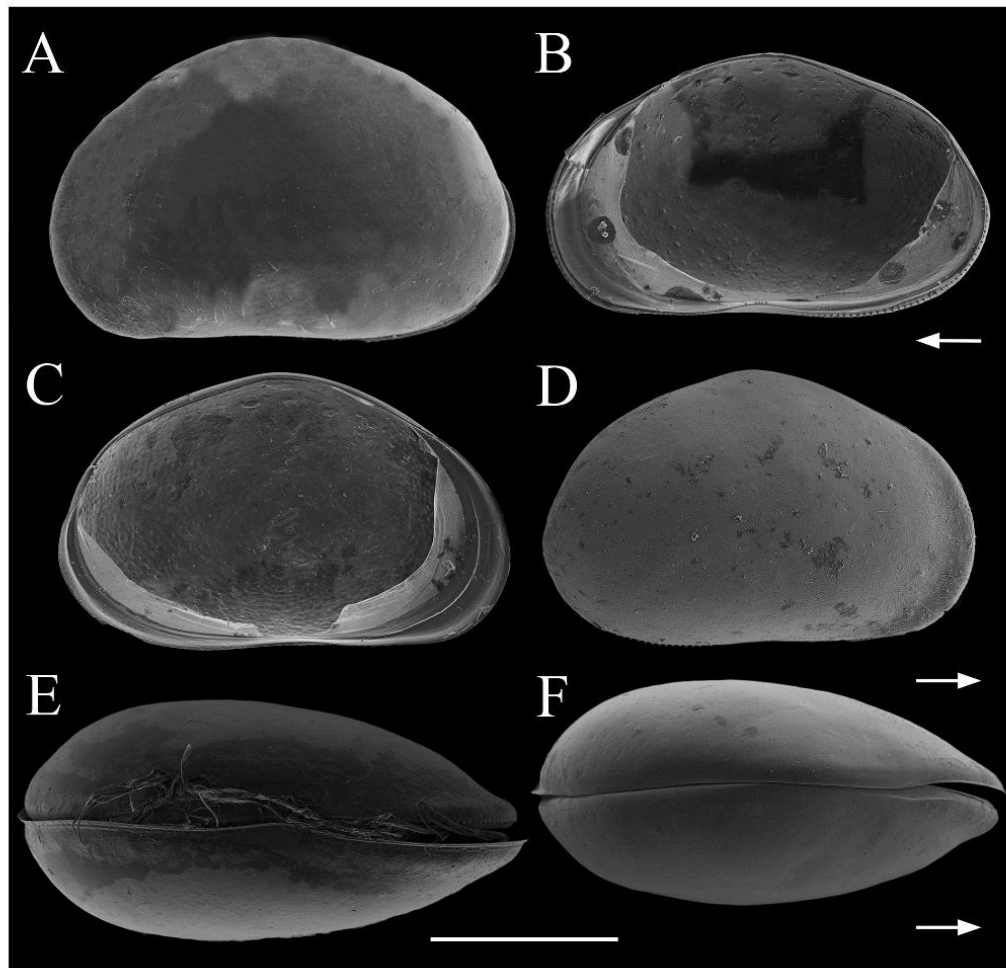


FIGURE 4. *Heterocypris salina*. Adult females (A–F) **A:** LV, ext. view. **B:** RV, int. view, same individual as in A. **C:** LV, int. view. **D:** RV, ext. view, same individual as in C. **E:** carapace, ventral view. **F:** carapace, dorsal view. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 0.5 mm.

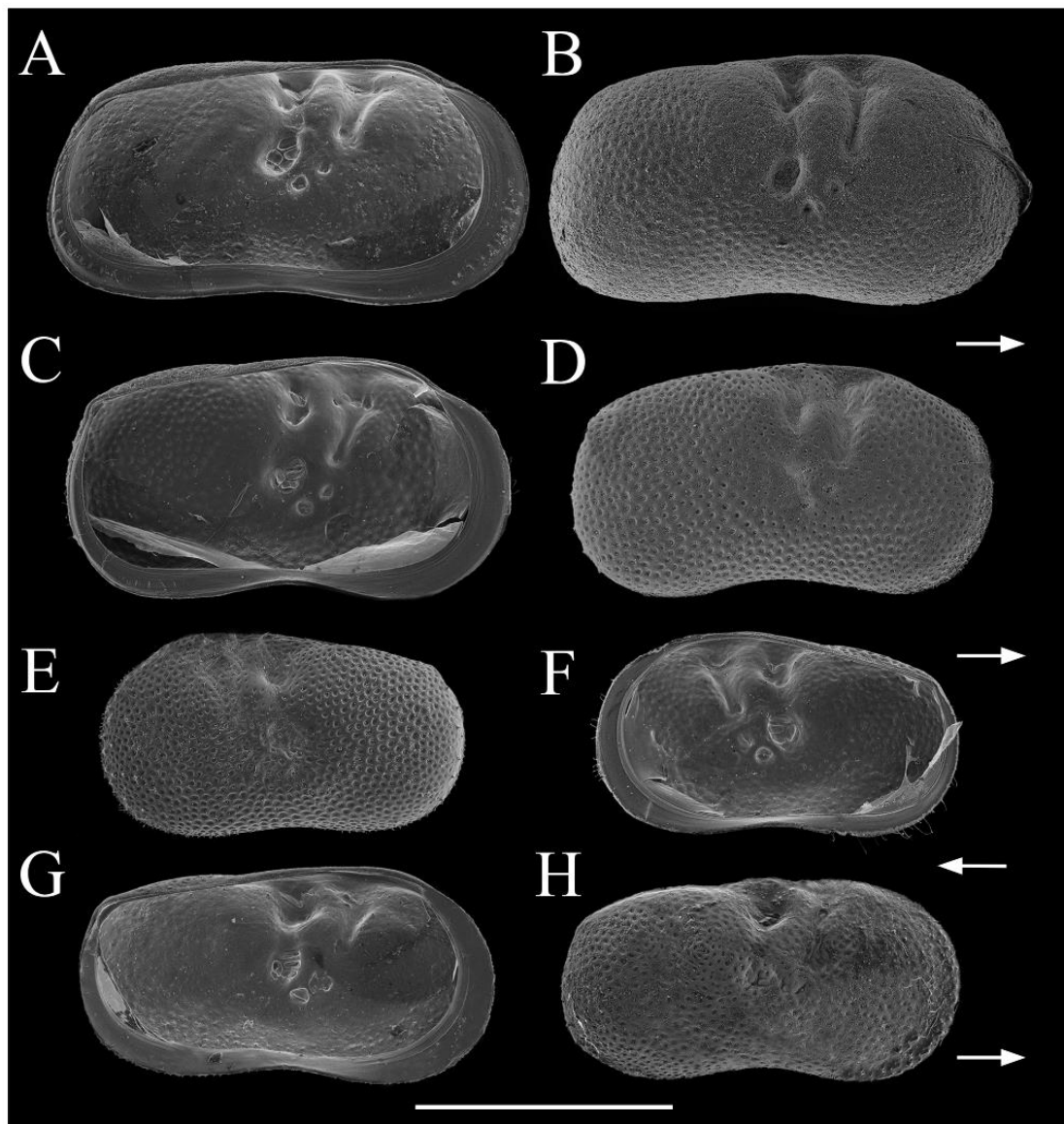


FIGURE 5. *Ilyocypris getica*. Adult female (A, B). **A:** LV, int. view. **B:** RV, ext. view, same individual as in A. *Ilyocypris gibba*. Adult male (C, D) and juvenile (E, F). **C:** LV, int. view. **D:** RV, ext. view, same individual as in C. **E:** LV, ext. view. **F:** RV, int. view, same individual as in E. *Ilyocypris bradyi* Adult female (G, H). **G:** LV, int. view. **H:** RV, ext. view, same individual as in G. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 0.5 mm.

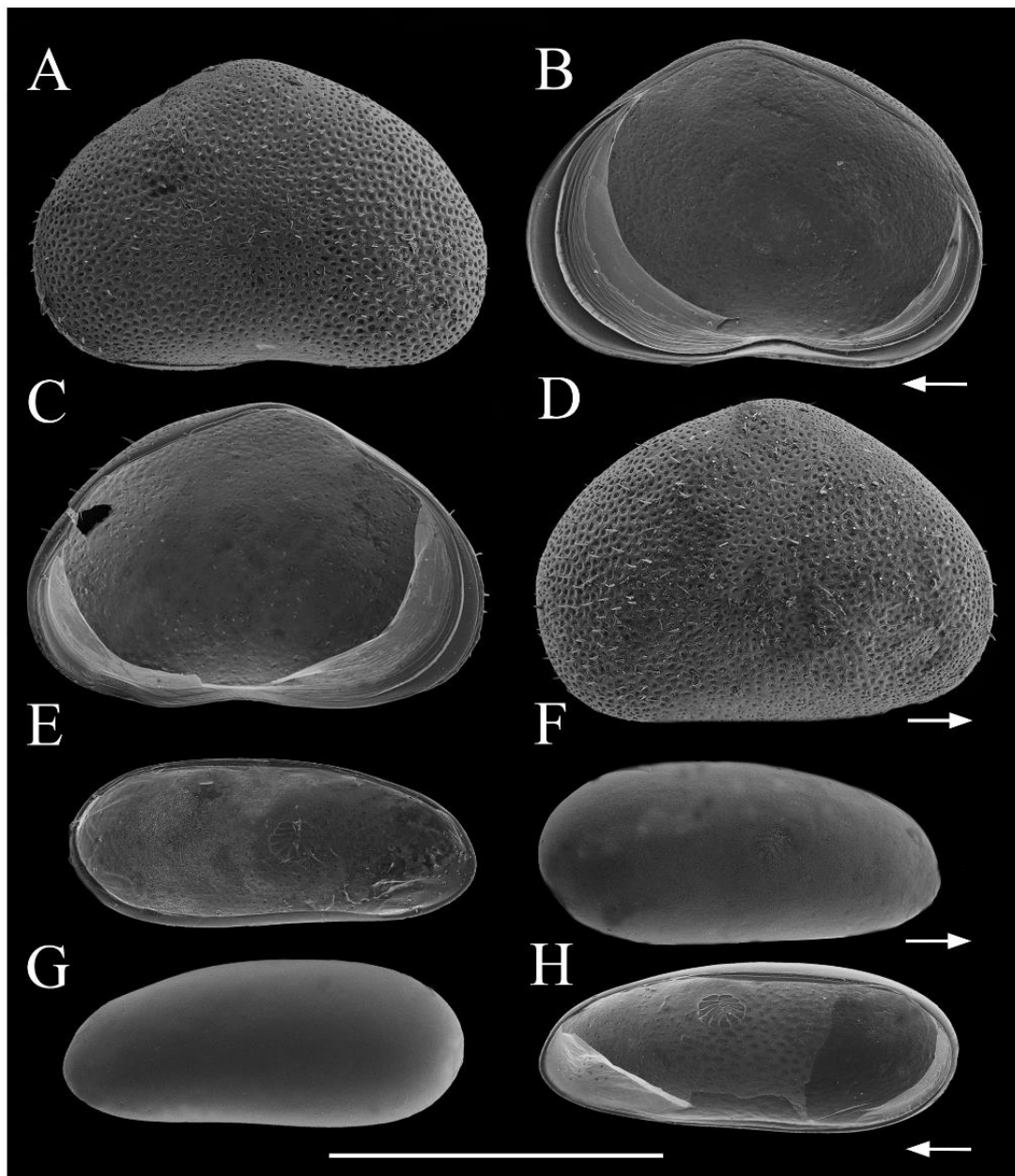


FIGURE 6. *Sarscypridopsis aculeata*. Adult females (A–D). **A:** LV, ext. view. **B:** RV, int. view, same individual as in A. **C:** LV, int. view. **D:** RV, ext. view, same individual as in C. *Darwinula stevensoni*. Adult females (E–H). **E:** LV, int. view. **F:** RV, ext. view, same individual as in E. **G:** LV, ext. view. **H:** RV, int. view, same individual as in G. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 0.5 mm.

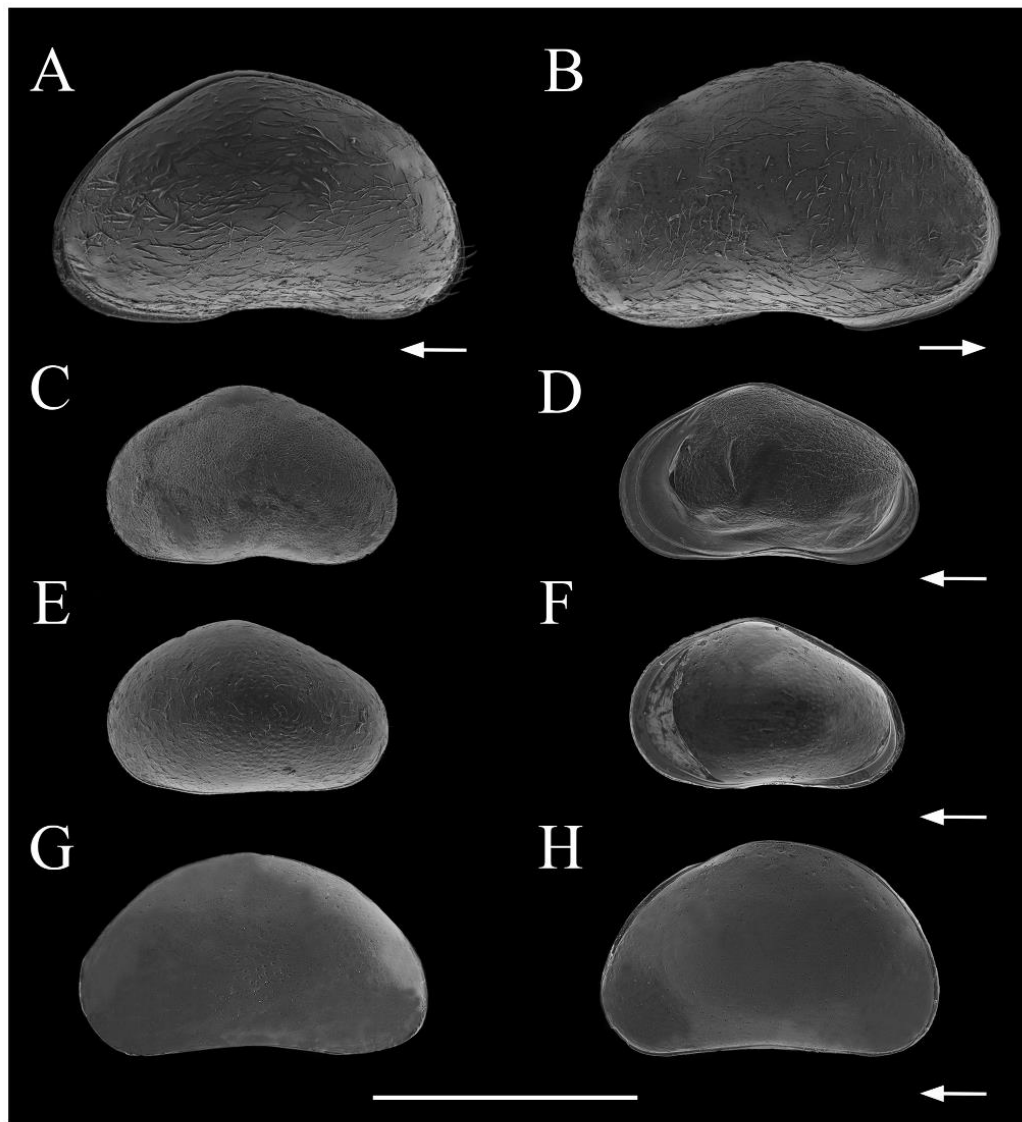


FIGURE 7. *Plesiocypridopsis newtoni*. Adult male (A), female (B) and juvenile (C, D). **A:** left view of carapace. **B:** right view of carapace. **C:** LV, ext. view. **D:** RV, int. view, same individual as in C. *Cypridopsis vidua*. Juvenile (E, F). **E:** LV, ext. view. **F:** RV, int. view, same individual as in E. *Potamocypris arcuata*. Adult female (G, H) **G:** LV, ext. view. **H:** RV, int. view, same individual as in G. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 0.5 mm.

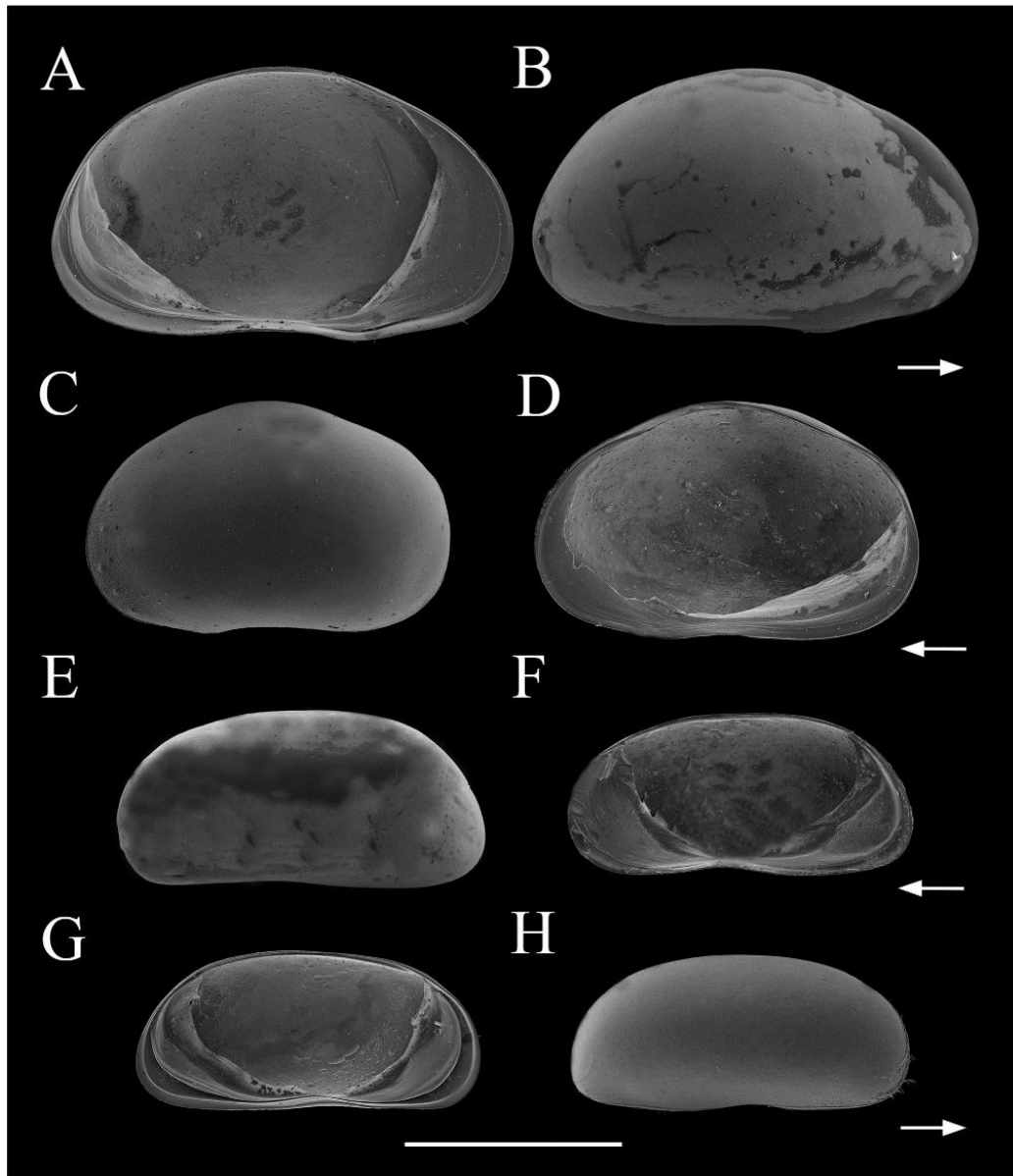


FIGURE 8. *Eucypris virens*. Adult female (A, B), and juvenile (C, D). A: LV, int. view. B: RV, ext. view. C: LV, ext. view. D: RV, int. view, same individual as in C. *Herpetocypris brevicaudata*. Adult females (E–H). E: LV, ext. view. F: RV, int. view, same individual as in E. G: LV, int. view. H: RV, ext. view, same individual as in G. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 1 mm.

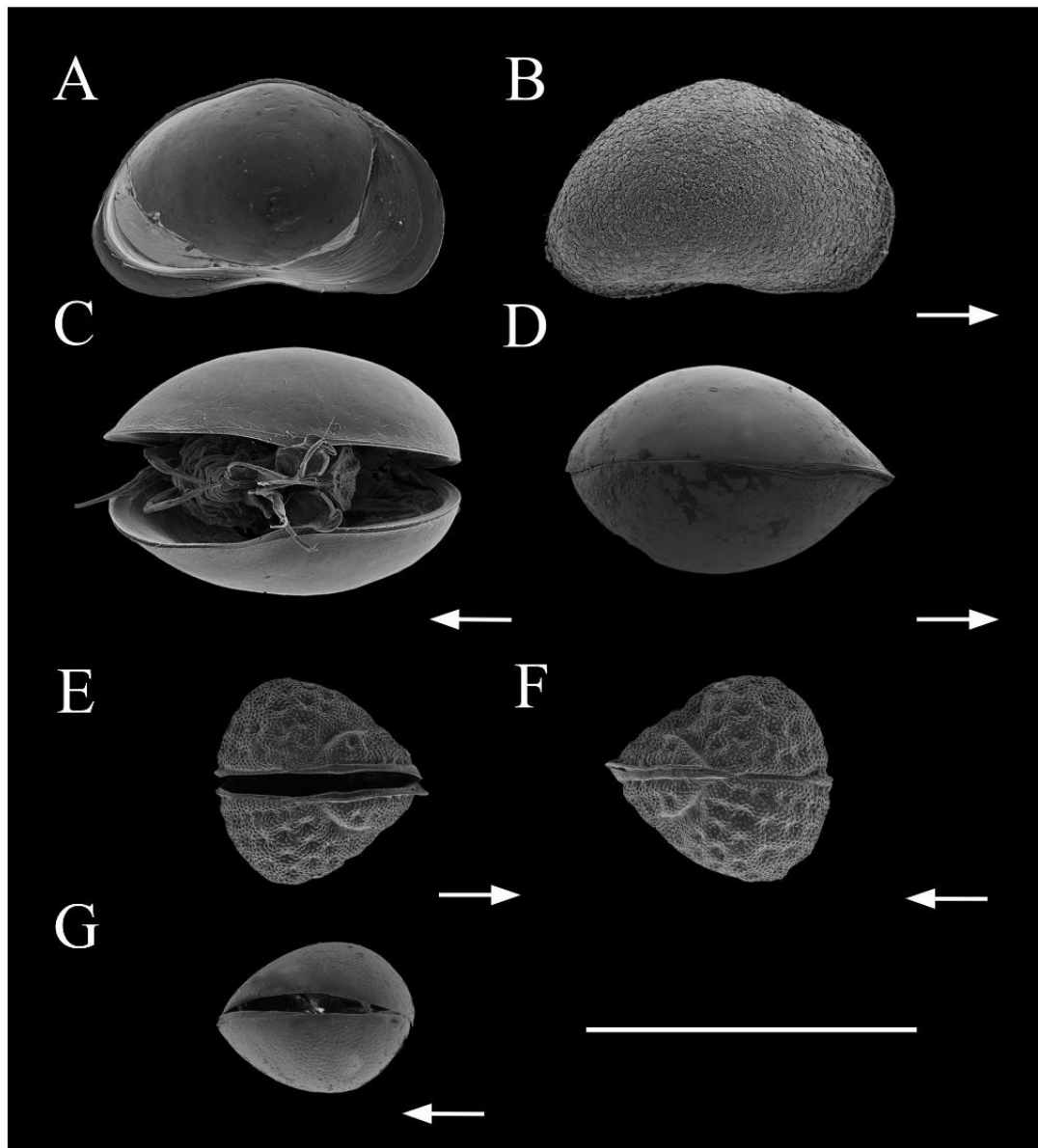


FIGURE 9. *Arctocypris mareotica*. Adult female (A, B) and males (C, D). **A:** LV, ext. view. **B:** RV, int. view, same individual as in A. **C:** carapace, ventral view. **D:** carapace, dorsal view. *Oncoocypris muelleri*. Adult (E, F). **E:** carapace, dorsal view. **F:** carapace, dorsal view. *Cypretta* cf. *seurati* adult (G). **G:** carapace, ventral view. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 1 mm.

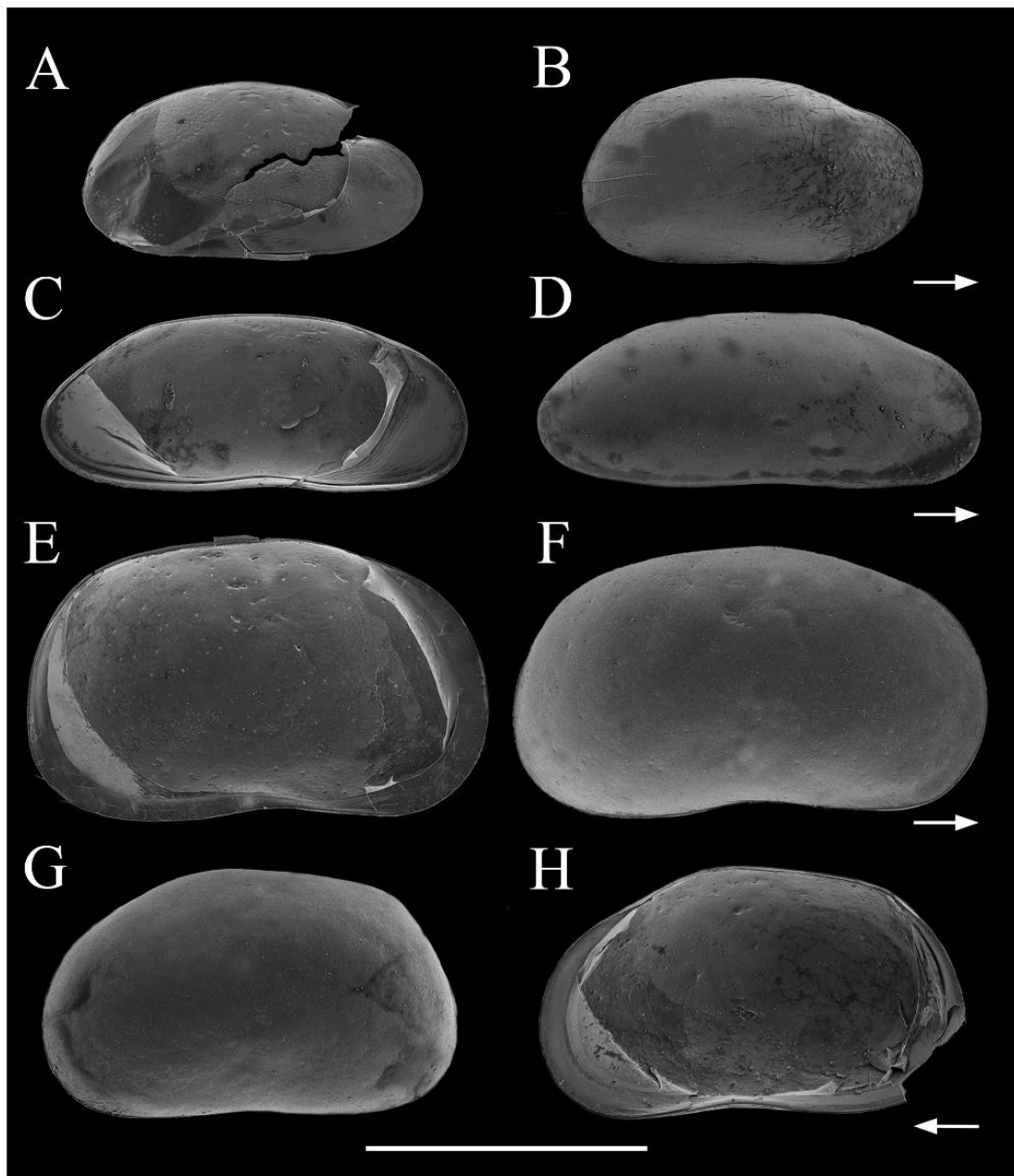


FIGURE 10. *Isocypris beauchampi*. Adult female (A, B). **A:** LV, int. view. **B:** RV, ext. view, same individual as in A. *Stenocypris major*. Adult female (C, D). **C:** LV, int. view. **D:** RV, ext. view, same individual as in C. *Candelacypris aragonica*. Adult males (E–H). **E:** LV, int. view. **F:** RV, ext. view, same individual as in E. **G:** LV, ext. view. **H:** RV, int. view, same individual as in G. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 1 mm.

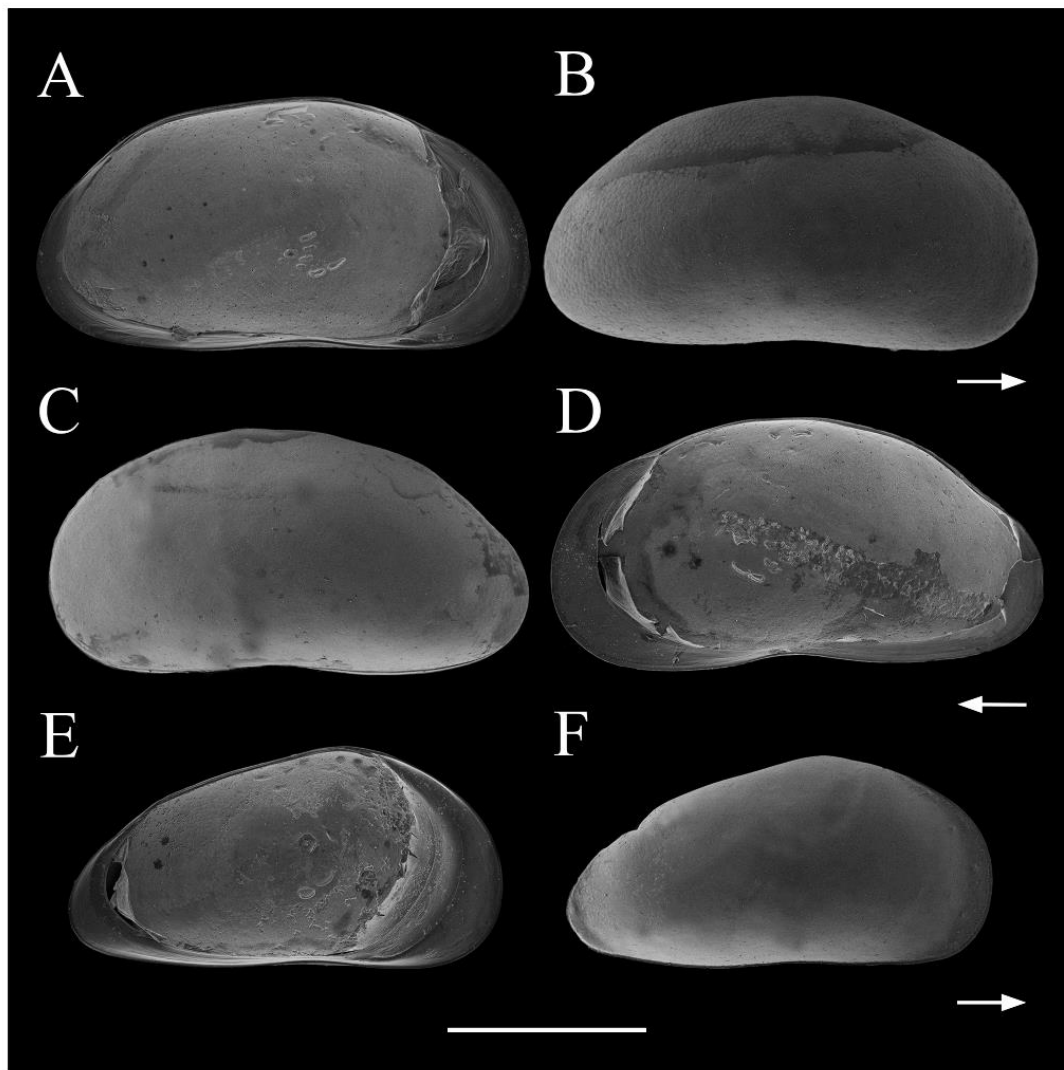


FIGURE 11. *Tonnacypsis lutaria*. Adult females (A–D). **A:** LV, int. view. **B:** RV, ext. view, same individual as in A. **C:** LV, ext. view. **D:** RV, int. view, same individual as in C. *Trajancypris clavata*. Adult female (E, F). **E:** LV, int. view. **F:** RV, ext. view, same individual as in E. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 1 mm.

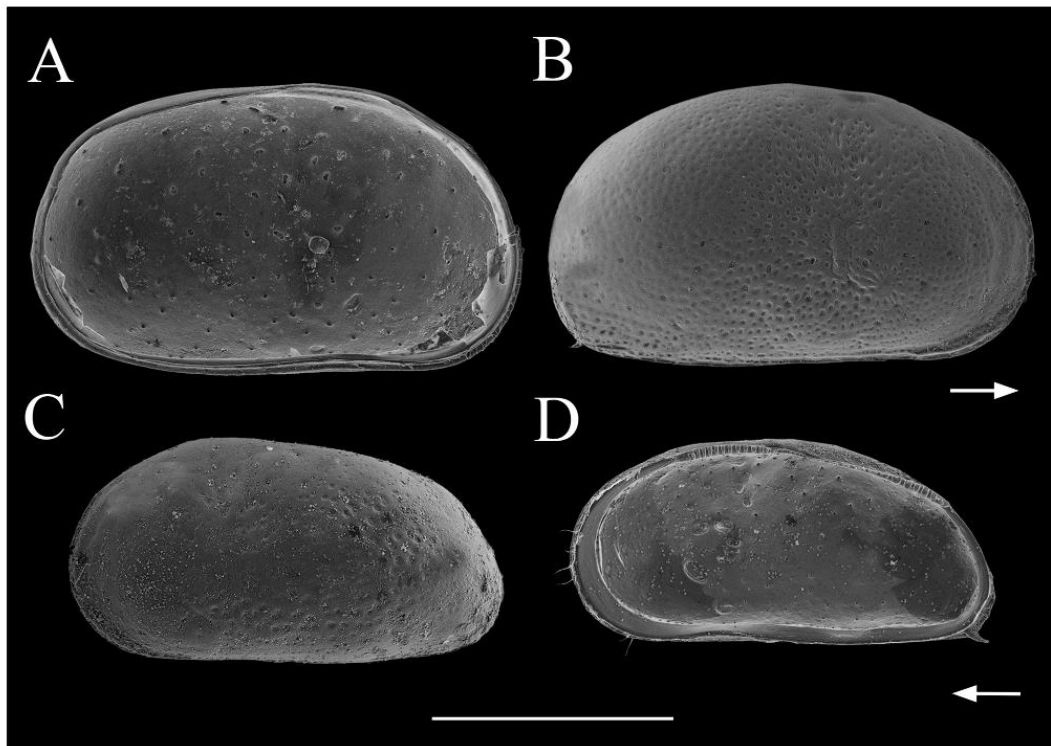


FIGURE 12. *Cyprideis torosa*. Adult female (A, B) and male (C, D). **A:** LV, int. view. **B:** RV, ext. view, same individual as in A. **C:** LV, ext. view. **D:** RV, int. view, same individual as in C. The arrows point to the anterior end of the animals. Scale bar: 0.5 mm.

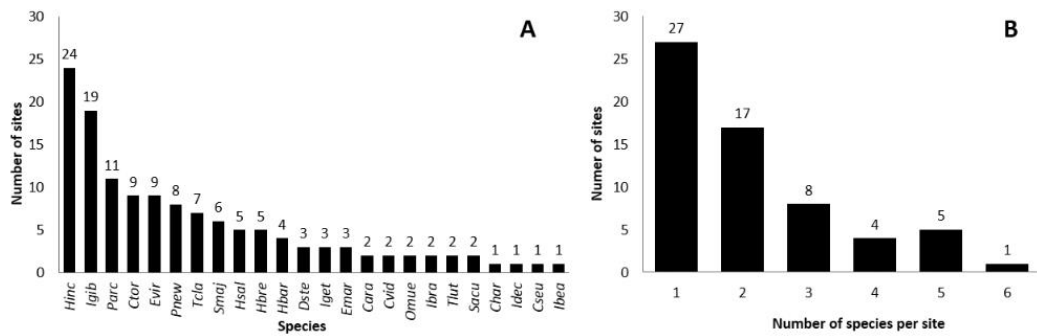


FIGURE 13. Histograms showing the occurrence (A), and co-occurring species (B). *Ctor*—*Cyprideis torosa*, *Dste*—*Darwinula stevensoni*, *Igib*—*Ilyocypris gibba*, *Iget*—*Ilyocypris getica*, *Omue*—*Oncocypris muelleri*, *Amar*—*Arctocypris mareotica*, *Evir*—*Eucypris virens*, *Thut*—*Tonnacypris lutaria*; *Tcla*—*Trajancypris clavata*, *Hbre*—*Herpetocypris brevicaudata*, *Smaj*—*Stenocypris major*; *Hinc*—*Heterocypris incongruens*, *Hbar*—*Heterocypris barbara*, *Hsal*—*Heterocypris salina*, *Cvid*—*Cypridopsis vidua*, *Char*—*Cypridopsis hartwigi* *Pnew*—*Plesiocypridopsis newtoni*, *Parc*—*Potamocypris arcuata*.

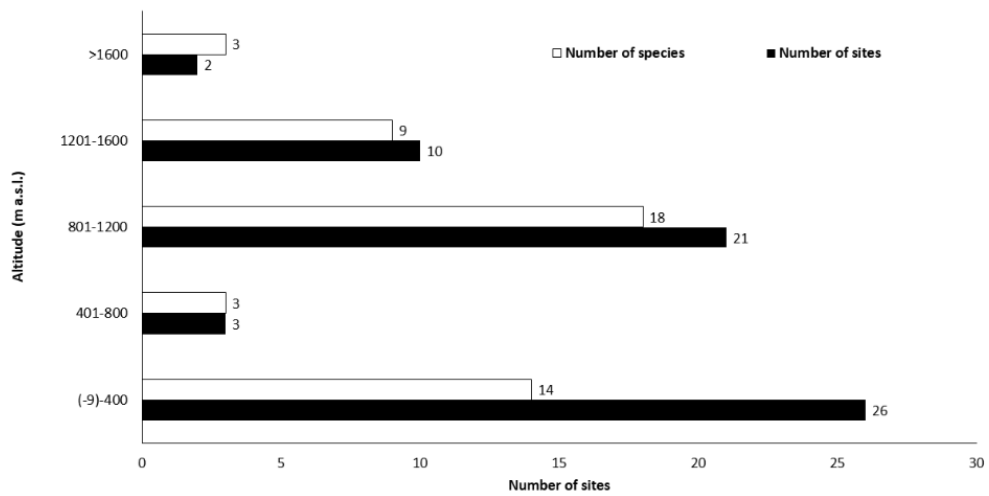


FIGURE 14. Histogram showing the number of sites and the number of species for every 400 m a.s.l. of altitudinal range from -9 to 2012 m a.s.l.

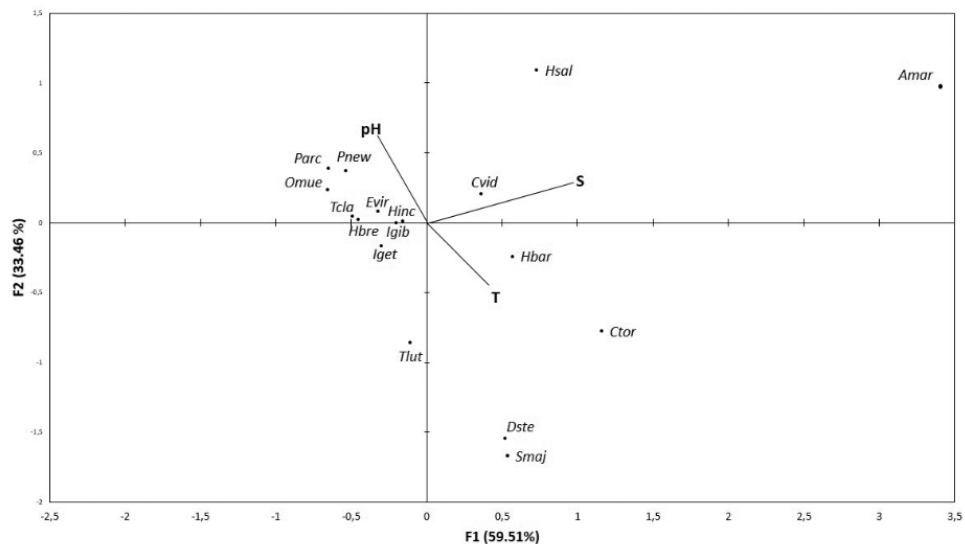


FIGURE 15. CCA ordination of ostracod species and physico-chemical parameters. S—salinity, T—temperature. Abbreviations see Figure 13.

Statistical study

The first two axes of the CCA diagram (Fig. 16, Table 4) explain 92.97% of the cumulative variance of the relationship between species and physico-chemical parameters of the sites (the first axis represents 59.51%, the second axis represents 33.46%). The species-parameter correlations are 0.814 for axis 1 and 0.641 for axis 2. The Monte Carlo permutation test shows that all axes are significant ($P < 0.0001$). Two variables were significant: pH (permutation test: $F = 0.572$, $P = 0.038$), salinity (permutation test: $F = 1.514$, $P < 0.0001$). Temperature was not significant (permutation test: $F = 0.531$, $P = 0.06$). In this study, 23.9 % of the total variability was captured in the CCA. The weighted regression can capture about 24% of the total variability (Table 5).

TABLE 4. Ordination of species and variables on the two first axis of the CCA diagram.

	Axis 1	Axis 2
Eigenvalue	0.586	0.329
Constrained inertia explained (%)	59.507	33.460
Cumulative %	59.507	92.967
Total inertia explained (%)	9.001	5.060
Cumulative (%)	9.001	14.062

TABLE 5. Partitioning of scaled Chi-square.

	Inertia	Proportion
Total	6.509	1
Constrained	1.556	0.239
Unconstrained	4.953	0.761

Species located closer to the origin of the axes (*H. incongruens*, *E. virens* and *I. gibba*) have a high level of tolerance to the variables in their biotopes and this could mean that their occurrence is weakly related to the studied physico-chemical parameters. A group of species (*Arctocypris mareotica*, *Cyprideis torosa* and *Heterocypris salina*) is ordered over the higher values of the first axis, mostly related to high salinities. *Potamocypris arcuata*, *Plesicypridopsis newtoni* and *Oncocypris muelleri* form a cluster and are associated with high pH, together with *H. salina*, while *Darwinula stevensoni*, *Cyprideis torosa* and *Stenocypris major* are mainly associated with low pH values and higher temperatures, although this variable was not significant in the CCA ordination and so should be taken with caution. The highest species richness on the negative side of the first axis suggest that sites with low salinity have a richer ostracod fauna.

Discussion

This study increases the available knowledge on ostracods from arid and semi-arid zones. The finding of three new species for the area allowed to enlarge their known distribution and update the list of ostracods in Algeria. This study has also allowed the enrichment of the first collection of freshwater ostracods in Algeria created by Dr. Ghaouaci since Gauthier's collection was partly lost. Gauthier surveyed vast areas of the country over more than two decades, he also identified ostracods sampled by other researchers, which allowed him to establish a substantial list of species. In their own field work, Ghaouaci *et al.* (2017) focused on the northern part of the country and especially the north-eastern region, which has been considered as a biodiversity hotspot, being humid and rich in water bodies. In their checklist for Algeria, eight ostracod species were not listed in Ghaouaci *et al.* (2017), although they were already cited by previous works: *Stenocypris major* cited in Gauthier (1928b), *Cypretta seurati* in Gauthier (1929b), *Candonocypris bicornis* in Gauthier (1929b), *Potamocypris steueri* in Gauthier (1937), *Strandesia vinciguerrae* in Martens (1984), *Leucocythere algeriensis* in Danielopol *et al.* (1990), *Herpetocypris intermedia* in Gonzalez Mozo *et al.* (1996), *Herpetocypris brevicaudata* and *Cypris phaseolus* in Martens (1984). Among these missed species, *S. major*, *C. cf. seurati* and *H. brevicaudata* were recovered during the current survey and represent the second record since their first finding in the last century. Otherwise, two new species for Algeria just have been recorded in Tassili N'Ajjer: *Sclerocypris bicornis* var. *laevis* in gueltas of Dider and Foukani, and *Sarsocypridopsis lanzarotensis* in guelta of Dider (Thiéry and Rogers 2022).

These reports, in addition to the new species found during this work, increase the previous list of freshwater ostracods from Algeria from 49 to 61 species, belonging to 31 genera and 6 families, which represents an increase by 26 %. This number remains higher than that recorded in neighbouring countries such as in Morocco (27) species (Dakki *et al.* 2009) and in Tunisia (48) species (Marrone *et al.* 2020). However, this number is not fixed yet and could increase in further studies, considering the extension of the country and its richness in inland waterbodies. Furthermore, spot sampling does not accurately represent the fauna present in a site, which should preferably be visited several times the year.

According to this study and the conclusion of Gauthier (1928a), there is no distinct Saharan aquatic fauna, which has specific unity or character, and most of the species that compose it have a wide geographic distribution. Our results seem to confirm that north African fauna, including that of the Sahara Desert, is very similar to the European and Asian faunas as concluded De Deckker (1981), because no particular regional pattern in the distribution of the species of the Algerian Sahara has been revealed, despite the accentuated difference in climate, and the environmental conditions, specific to each prospected region. *Heterocypris incongruens* is the most widespread species in the studied zone; it is cosmopolitan and has a wide ecological tolerance (Meisch 2000). We found it in saline waterbodies (Site 27 in Table 1), as well as in freshwater (Sites 6 and 17 in Table 1). The same observations concerned other widely distributed species such as *Ilyocypris gibba* and *Eucypris virens*.

The 24 species found in this study in the Sahara and the High Plains represent 41% of the ostracod fauna previously recorded in Algeria. This number is relatively important despite the fact that small permanent waters of arid regions suffer from strong solar irradiation and rapid evaporation. Their water is hardly renewed or mixed because they benefit from a particular rain regime; where rainfall is rare and irregular (Dubief, 1959), therefore, their environmental parameters vary considerably and they may be affected on occasions by organic matter decay, particularly at the end of the hydroperiod. As a result, they are often very poor in oxygen, therefore with unfavorable conditions for animals (Gauthier 1928a).

Depending on the type of substrate and the ionic composition of the water, the salinity of the Chotts and Sebkhass can increase up to complete saturation (Amarouayache *et al.* 2010). Therefore, these environments harbor only few hardy euryhalines species, which are able to withstand extreme conditions (Gauthier 1928a), such as *Arctocypris mareotica*, *Heterocypris incongruens*, *H. salina*, *H. barbara* and *Ilyocypris gibba*. Previous studies have shown that species richness decreased with increasing water salinity (Hammer 1986; Williams 1998). In addition, these environments are temporary and can dry out for long periods. The survival of ostracods in these habitats is therefore ensured by their ability to produce resting eggs (Meisch 2000). The Gueltas, permanent waterbodies located in the extreme south of Algeria are neutral environments, where palearctic and subtropical freshwater fauna interpenetrate, offering only a precarious environment to the local fauna (Gauthier 1933).

Each species has different environmental requirements and responds to changing environmental factors (Külköylüoğlu 2004; 2005). In order to study the role of physico-chemical parameters in the distribution of ostracods, a canonical correspondence analysis (CCA) was performed. It is a reliable statistical analysis, frequently used to study the assemblages of ostracods (e.g., Külköylüoğlu *et al.* 2017; 2020). According to Pieri *et al.* (2009) the high variance explained by a CCA analysis may be due to the significant environmental variables used in the model. In the present work, CCA has enabled us to assess the relationships between the occurrence of species and some abiotic factors of the environment in which they live. Species like *Heterocypris incongruens*, *Ilyocypris gibba* and *Eucypris virens* are cosmopolitan and have wide ecological tolerances (Meisch 2000). They are therefore the closest to the center of the diagram and their presence is not correlated with variations in their biotopes. Other species show a narrower ecological preference, and their occurrence is controlled by a specific factor, such as *Arctocypris mareotica*, which is considered as a highly halotolerant species (Anufrieva *et al.* 2019). This pattern is confirmed by its position in the diagram. *Heterocypris salina* is also associated with highly saline conditions (Külköylüoğlu 2013), but occur also in pure freshwater habitats (Meisch 2000). On the other hand, *Darwinula stevensoni* appears to be correlated to elevated temperatures, although it was observed at only three sites in this study. It was described in the literature as a thermoeuryplastic species (Meisch 2000), *Potamocypris arcuata* and *Oncocypris muelleri* are correlated to high pH (see discussion below).

Ecological notes on the most frequent species

Heterocypris incongruens is a cosmopolitan species (Meisch 2000), which is found in different fresh and brackish water bodies. It can colonize eutrophic water bodies and tolerates low oxygen content within ponds (Fryer 1997). Its frequency was 18% in northern Algeria (Ghaouaci *et al.* 2017), the most frequent species in this study (39%), and the most common species in the Central Sahara (Gauthier 1931). In contrast, in Parma, Italy, its frequency was only 16% (Rossetti *et al.* 2006). The high rate in Algeria can be explained by its prevailing pathenogenetical reproduction and its wide ecological tolerance (Külköylüoğlu 2013). In this study, it was collected at a wide range of water temperatures (12.3–30.1 °C), salinities (0.3–15 psu) and pH (6.7–10.7). Elsewhere, it has been

collected at temperatures ranged between 6 and 29 °C (Roca & Baltanás 1993, Külköylüoğlu 2005), at pH 7.4–9.9 and salinity up to 50 psu (Uçak *et al.* 2014). Besides, many surveyed sites are compatible with its ecological preferences, which are shallow, temporary or permanent water bodies without macrophytes (Meisch 2000). Its eggs are resistant to desiccation and drought (Angell & Hancock 1989; Rossi *et al.* 2011) and thus are easily dispersed and remain viable as diapausing eggs until the next inundation. In this study, it was the most prevalent species raised from dry samples, using Sars' method, and the most observed species in polluted sites as it tolerates heavily polluted waters (Schornikov & Trebukhova 2001).

Ilyocypris gibba is the second most frequent species in this study, it is a cosmopolitan species (Külköylüoğlu 2004), occupying different types of non-marine water bodies (Meisch 2000). Due to its great ecological amplitude towards water temperature, *I. gibba* is considered polythermophilic or eurythermophilic (Hartmann & Hiller 1977, Roca & Baltanás 1993). In this study, *I. gibba* was sampled in a wide range of salinities (0.1–22.5 psu), pH (6.7–10.5) temperature (10.6–25.6 °C) and altitude (-9–2012 m a.s.l.). Elsewhere, it was sampled at a pH of 8.3–8.4, a temperature range of 12.9–20.8 °C and at altitudes between 922 and 1412 m a.s.l. (Külköylüoğlu 2004, 2013; Rasouli *et al.* 2014).

Potamocypris arcuata is most probably a pure freshwater form according to Meisch (2000), preferring small habitats (Pieri *et al.* 2020). In this study, it has been collected in slightly saline waters up to 3.3 psu. Hollwedel & Scharf (1988) have found this species in a pond with a salinity up to 1.4 psu. *P. arcuata* was the third most frequent species in this study; it was recorded at a temperature interval of 10.6–25.6 °C (17.6–28° C in Külköylüoğlu (2013)) and at relative high pH values between 8 and 11.5 (pH 8.2–9.3 in Van Der Meeren *et al.* (2010) for western Mongolia).

Eucypris virens is a cosmopolitan freshwater species with a high ecological tolerance (Baltanás 1994). It is the most abundant ostracod in the north of Algeria (Ghaouaci *et al.* 2017). It lives in grassy, temporary and rarely also permanent pools (Meisch 2000; Külköylüoğlu 2004). *E. virens* colonizes fresh and moderately saline waters (De Deckker 1981; Mezquita *et al.* 1999). In this study, *E. virens* was collected at a salinity up to 15 psu and a pH of 8.1–10.3. *E. virens* is a complex of species whose reproduction can be sexual or asexual (Butlin *et al.* 1998; Bode *et al.* 2010); parthenogenetic lines are located in Europe, North Africa, North America and Palearctic Asia (Meisch 2000), while populations with males are known in the circum-Mediterranean zone (Baltanás 1994; Schmit *et al.* 2013). The coexistence of these two lines forms mixed populations (Schön *et al.* 2000; Rossi *et al.* 2008). Males were found in this study. The appearance of sexual populations is influenced by the aridity index, water chemistry and site elevation (Schmit *et al.* 2013).

Cyprideis torosa is a widely distributed species of marine origin (Aladin 1993, Wouters 2016), living on the sandy or muddy substrate of brackish waters in different types of water bodies mostly close to the coast, such as estuaries or salt marshes (Horne & Boomer 2000; Pieri *et al.* 2009), but also in inland saline waters (Pint *et al.* 2015). It can withstand extreme salinities, up to 120 psu (Bodergat & Andréani 1981). However, it can also live in freshwater, where specimens develop nodes on their shells, whereas individuals living in saline water have a smooth carapace (Keyser & Aladin 2004; Keyser 2005, Frenzel *et al.* 2012). The individuals collected within the present study have a smooth carapace and have been observed at salinities ranging from 4.4 to 22.7 psu and pH of 6.8–8.2, values close to those reported by Scharf & Hollwedel (2010) and Scharf *et al.* (2016).

New records

Candeliacypris aragonica was first found on the Iberian Peninsula (Brehm & Margalef 1949; Baltanás 2001). Sexual populations live in the shallow temporary saline lakes of the Spanish semi-arid steppes, resembling Sebkhas (Brehm & Margalef 1949; Castillo-Escrivà *et al.* 2017). Baltanás *et al.* (1990) report that it has not been found coexisting with other ostracod species and lives in salinities varying between 10 and 100 psu. Laboratory experiments have shown that this species tolerates high salinity but is sensitive to high temperatures, these highly specialized environmental requirements may have created geographical isolation of this species (Santamaria

et al. 1993). Subsequent finds of this species by Mezquita (1998) in water bodies of a different region with different water chemistries, as well as with coexisting ostracod species, suggest otherwise. According to the latter author this situation might indicate two separate directions of evolution within this species, leading to different environmental preferences of their populations. Roca *et al.* (2000) suggested that further work should be carried out in North Africa to determine whether it is endemic to the Iberian Peninsula.

In this study, several adult males and females were sampled in High Plains, in Cheliff Wadi (274 m a.s.l.) and Sebkha of Hamiet (894 m a.s.l.) at a salinity of 7.1 psu and a temperature of 15.8 °C (Site 23 in Table 1). This is the second recorded region of this species after the Iberian Peninsula. Its presence in the Sebkha located in the semi-arid High Plains seems to be in adequacy with its environmental requirements. This Sebkha hosts more than 70 species of birds, six of which are considered as migratory passages linking Europe to North Africa through Spain (S.E.O. 1985; Baaziz *et al.* 2011). These birds may be vectors spreading this species into new environments, similar to abundant examples in literature (Green & Figuerola 2005; Frisch *et al.* 2007). A second likely vector is wind (Vanschoenwinkel *et al.* 2008a). The presence of *C. aragonica* at Cheliff Wadi (Site 15 in Table 1) was unexpected since it is a permanent lotic biotop and should be due to lessivage of saline adjacent pools.

Darwinula stevensoni is a cosmopolitan species (Meisch 2000). It was collected in two irrigation basins and in a spring (Water depth of sites: 10 cm, Altitude: 339–1210 m a.s.l.). The substratum of the three sites is composed of sand and pebbles with very little vegetation. This species can live at relatively great depths (Okubo 2001). *D. stevensoni* was reported before from Morocco and Libya (Martens 1984, Dakki *et al.* 2009) and has been recently collected in the semi-arid and arid regions of Tunisia (Zaibi *et al.* 2013), living in stagnant and flowing waters with sandy bottoms, at a salinity ranging from 0.8 to 1.5 psu and a temperature of 18.3 °C to 24.2 °C. In this study *D. stevensoni* was collected at salinities of 3 to 7 psu and water temperatures between 24 and 25.6 °C. The pH measured in this study falls within the known tolerance range of this species, which can tolerate acidic (pH 6.0) or highly alkaline waters (pH 9.8) (De Deckker 1981; Kulköylüoğlu 1999; Rossetti *et al.* 2004). This species is absent from the surveys made by Gauthier at the beginning of the 20th century, although the site where it was observed now (Ain Malha, Site 3 in Table 1) appears in his works (Gauthier 1928a).

Oncocypris muelleri is the only afrotropical species found in this study, it is a first report for Algeria and North Africa. It was found in two Gueltas of the Tassili N'Ajjer at 1182 and 1203 m a.s.l. (Sites 52 and 53 in Table 1). The water in these environments is alkaline (pH 8–10.5). These conditions are similar to those where it was found in Kenya (Rumes *et al.* 2016), in cold lakes at high altitudes, and in water with a pH ranging from 6.9 to 10. It has been collected in the Chadian Sahara in semi-permanent ponds (Gauthier 1939), and in sub-Saharan regions where they colonize temporary ponds and lakes (Fryer 1956, 1957; Green *et al.* 1974).

Conclusion

This study updated the Algerian ostracod checklist, and added new data recorded on the ecological conditions in which the species thrived. CCA has demonstrated the existence of a relationship between the distribution of ostracods and the physicochemical data of the sampling sites (pH, salinity and temperature).

In total, 24 freshwater ostracods were found in the Sahara and the high plains, representing 41% of the ostracod fauna previously recorded for Algeria. The most frequently observed species are *Heterocypris incongruens*, followed by *Ilyocypris gibba* and *Potamocypris arcuata*. *Darwinula stevensoni* is a new record for Algeria, *Oncocypris muelleri* is a new record for North Africa, and *Candelacypris aragonica* is a new record for all of Africa. *C. aragonica*, a species native to the Iberian Peninsula, has probably been dispersed thanks to migratory birds, which winter in the Algerian highlands. With these new records, the previous number of Algerian freshwater ostracod species increased from 49 to 61 species.

Aknowledgements

The authors acknowledge the support of the Algerian Ministry for Higher Education MESRS, as well as the civil and military authorities of Illizi District for their cooperation; they also thank the staff of the Illizi and Djanet forest conservation (Mr. Abdeslam Arab-Said and Mrs. Faroudja Dekhil) and the driver-guides of the agricultural services (Mr. Abbas and Cheikh) for their logistical support. Sampling in the two national parks of Tassili N'Ajjer and Ahaggar was possible thanks to administrative permission. We are grateful to Dr. Dietmar Keyser (Zoological Institute of the University of Hamburg) for preparation of SEM-figures. A. Menail would like to thank Dr. Younes Menail for his help in the field.

The authors would like to thank Dr. Renate Matzke-Karasz (Ludwig-Maximilian University, Munich), and the two reviewers Ilaria Mazzini and anonymous for their valuable comments and suggestions.

References

- Aladin, N.V. (1993) Salinity tolerance, morphology and physiology of the osmoregulatory organ in Ostracoda with special reference to Ostracoda from the Aral Sea. In: McKenzie, K.G. & Jones, P.J. (Eds.), *Ostracoda in the Earth and Life Sciences. Proceedings of the 11th International Symposium on Ostracoda*. Balkema, Rotterdam, pp. 387–403.
- Amarouayache, M., Derbal, F. & Kara, M.H. (2010) Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* (Crustacé, Anostracé) de la sebkha Ez-Zemoul, Algérie Nord-Est. *Revue d'écologie*, 65 (2), 129–138.
<https://doi.org/10.3406/rev.2010.1515>
- Angell, R.W. & Hancock, J.W. (1989) Response of eggs of *Heterocypris incongruens* (Ostracoda) to experimental stress. *Journal of Crustacean Biology*, 9 (3), 381–386.
<https://doi.org/10.2307/1548561>
- Anufrieva, E.V., Kolesnikova, E.A. & Shadrin, N.V. (2019) Distribution and population dynamics of the highly halotolerant species *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) in hypersaline lakes of Crimea. *Inland Water Biology*, 12 (2), 170–177.
<https://doi.org/10.1134/S1995082919020032>
- Baaziz, N., Mayache, B., Saheb, S., Bensaci, E., Ounissi, M., Metllaoui, S. & Houhamdi, M. (2011) Statut phénologique et reproduction des peuplements d'oiseaux d'eau dans l'éco-complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 33 (2), 77–87.
- Baird, W. (1837) The natural history of the British Entomostraca. *Magazine of Zoology and Botany*, 1, 35–41.
<https://doi.org/10.1080/00222933809512287>
- Baird, W. (1859) Description of some new recent Entomostraca from Nagpur, collected by the Rev. S. Hislop. Proceedings of the Royal Society of London, Series B. *Biological Sciences*, 63, 231–234.
- Baltanás, A., Montes, C. & Martino, P. (1990) Distribution patterns of ostracods in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors. *Hydrobiologia*, 197, 207–220.
<https://doi.org/10.1007/BF00026951>
- Baltanás, A. (1994) Taxonomy and ecology of *Eucypris virens* (Ostracoda, Cyprididae). In: Horne, J. & Martens, K. (Eds.), *The Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-marine Ostracod*. Greenwich University Press, Greenwich, pp. 9–16.
- Baltanás, A. (2001) *Candelacypris* n. gen. (Crustacea, Ostracoda): a new genus from Iberian saline lakes, with a redescription of *Eucypris aragonica* Brehm & Margalef, 1948. *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, 101, 183–192
- Bode, S.N.S., Adolfsson, S., Lamatsch, D.K., Martins, M.J.F., Schmit, O., Vandekerkhove, J., Mezquita, F., Namiotko, T., Rossetti, G., Butlin, R.K. & Martens, K. (2010) Exceptional cryptic diversity and multiple origins of parthenogenesis in a freshwater ostracod. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54, 542–552.
<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.08.022>
- Bodergat, A.M. & Andréani, A.M. (1981) Mise en évidence de la réponse adaptative d'une espèce euryhaline *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) à des conditions écologiques difficiles par l'analyse multi-élémentaire en spectrométrie de masse à étincelle. In: Martinell, J. (Ed.), *Concept and Method in Paleontology*. International Symposium, Department Paleontologia, University of Barcelona, Barcelona, pp. 135–139.
- Bouvet, Y. & Le Berre, M. (1985) Mission Ecologie des guelts du Tassili-N'Ajjer (Sahara Algérien). *Preliminary Report, UNESCO/MAB*, n°179, 1–91.
- Brady, G.S. (1868) Description of Ostracoda. In: Folin, D. & Périer, L. (Eds.), *Les Fonds de la Mer*, Part 1, pp. 49–112.
- Brady, G.S. & Robertson, D. (1870) The Ostracoda and Foraminifera of tidal rivers. *Annals and Magazine of Natural History*, Series 4, 6, 1–33, pls. 4–10.
<https://doi.org/10.1080/00222937008696200>
- Brehm, V. & Margalef, R. (1949) *Eucypris aragonica* nov. sp., nuevo ostracodo de una laguna salada de los Monegros. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*, 5 (1948), 5–9.

- Brochet, A., Gauthier-Clerc, M., Guillemain, M., Fritz, H., Watekeyn, A., Baltanás, A. & Green, A. (2010) Field evidence of dispersal of branchiopods, ostracods and bryozoans by teal (*Anas crecca*) in the Camargue (southern France). *Hydrobiologia*, 637, 255–261.
<https://doi.org/10.1007/s10750-009-9975-6>
- Butlin, R.K., Schön, I. & Martens, K. (1998) Asexual reproduction in non-marine ostracods. *Heredity*, 81, 473–480.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.1998.00454.x>
- Castillo-Escrivà, A.L., Valls, C., Rochera, A., Camacho, F. & Mesquita-Joanes, F. (2017) Disentangling environmental, spatial, and historical effects on ostracod communities in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 787, 61–72.
<https://doi.org/10.1007/s10750-016-2945-x>
- Costa, O.G. (1847) Entomostraci, Ostracodi. Fauna Regno Napoli, Enumerazione Tutti Anim Abitano Divers Reg Questo Reg Acque Bagn: Anim Articol. *Crostaceo*, 1, 7–12.
- Daday, E. (1910) Untersuchungen über die Süßwasser-Mikrofauna Deutsch-Ost-Afrikas. *Zoologica, Original-Abhandlungen aus dem Gesamtgebiete der Zoologie*, 23, 1–314.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.11655>
- Dakki, M., Himmi, H., Qninba, A., Benhoussa, A. & El Alami El Moutaouakil, M. (2009) *Faune aquatique continentale (invertébrés et poissons). Etude Nationale sur la Biodiversité*. Observatoire National de l'Environnement du Maroc (ONEM), s.n., 116 pp.
- Dakki, M., El Fellah, B. & Qninba, A. (2020) Rivers' natural reservoirs: new inputs to the classification of Mediterranean and Saharan wetlands. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Science de la vie*, n° 42, 1–14.
- Danielopol, D.L., Martens, K. & Casale, L.M. (1990) Revision of the genus *Leucocythere* Kaufmann, 1892 (Crustacea, Ostracoda, Limnocytheridae), with the description of a new species and two new tribes. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie*, 59, 63–94.
- De Deckker, P. (1981) Ostracods of athalassic saline lakes, a review. *Hydrobiologia*, 81, 131–144.
<https://doi.org/10.1007/BF00048710>
- Dubief, J. (1959) s.n. In: Le climat du Sahara (Eds.), *Institut de Recherches Sahariennes. Mémoire hors-série. Tome I*. s.n. Alger, pp. 1–307.
- Dumont, H. (1979) *Limnologie van Sahara en Sahel*. Thesis, University of Ghent, Ghent, 557 pp.
- Fischer, S. (1855) Beitrag zur Kenntniss der Ostracoden. *Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Classe der königlich-Beyerschen Akademie der Wissenschaften*, 7 (3), 635–666.
- Frenzel, P., Schulze, I. & Pint, A. (2012) Noding of *Cyprideis torosa* valves (Ostracoda)—A proxy for salinity? New data from field observations and a long-term microcosm experiment. *International Review of Hydrobiology*, 4, 314–329.
<https://doi.org/10.1002/iroh.201211494>
- Frisch, D., Green, A.J. & Figuerola, J. (2007) High dispersal capacity of a broad spectrum of aquatic invertebrates via waterbirds. *Aquatic Sciences*, 69, 568–574.
<https://doi.org/10.1007/s00027-007-0915-0>
- Fryer, G. (1956) A cladoceran *Daday macrops* (Daday) and an ostracod *Oncocypris mülleri* (Daday) associated with the surface film of water. *Annals and Magazine of Natural History*, 9, 733–736.
<https://doi.org/10.1080/00222935608655887>
- Fryer, G. (1957) Free living freshwater Crustacea from lake Nyasa and adjoining waters. 3. General remarks with notes on certain Malacostraca and Ostracoda. *Archiv für Hydrobiologie*, 53, 527–536.
- Fryer, G. (1997) The horse-trough ostracod *Heterocypris incongruens*. *Naturalist*, 122, 121–135.
- Gagneur, J. & Kara, M.H. (2001) Limnology in Algeria. In: Wetzel, R.G. & Gopal, B. (Eds.), *Limnology in Developing Countries*. 3. International Association of Limnology and SIL, New Delhi, pp. 1–34.
- Gauthier, H. (1928a) *Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie*. Imprimerie Minerva, Alger, 419 pp.
- Gauthier, H. (1928b) Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord (Première note). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 19 (1), 10–19.
- Gauthier, H. (1929a) Sur la faune aquatique du Sahara central. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 189 (4), 201–203.
- Gauthier, H. (1929b) Cladocères et Ostracodes du Sahara central. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 20 (7), 143–162.
- Gauthier, H. (1930) Mission saharienne Augiéras-Draper 1927–1928 : Cladocères, Ostracodes, Phyllopoètes Anostracés et Conchostracés. *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 2 (2), 92–116.
- Gauthier, H. (1931) Faune aquatique du Sahara Central. Récoltes de M. L.G. Seurat au Hoggar en 1928. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 22, 350–400.
- Gauthier, H. (1933) Faune aquatique du Sahara central. Récoltes de M. Th. MONOD dans l'Emmidir et dans l'Ahnet. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 24, 127–132.
- Gauthier, H. (1934) Etudes zoologiques sur le Sahara Central: faune aquatique, *Mémoires de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du nord*, 4, 73–86.
- Gauthier, H. (1937) Ostracodes et Cladocères de l'Afrique du Nord (4^e note). *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 28, 147–156.

- Gauthier, H. (1939) Contribution à l'étude de la faune dulçaquicole de la région du Tchad et particulièrement des Branchiopodes et des Ostracodes. *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 1 (1), 110–244.
- Gauthier, H. & Brehm, Y. (1928) Ostracodes et Cladocères de l'Algérie et de la Tunisie. (3. note). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 19, 114–121.
- Ghaouaci, G., Yavuzatmaca, M., Külköylüoğlu, O. & Amarouayache, M. (2017) An annotated checklist of the non-marine ostracods (Crustacea) of Algeria with some ecological notes. *Zootaxa*, 4290 (1), 140–154. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4290.1.8>
- Gonzalez Mozo, M.E., Martens, K. & Baltanas, A. (1996) A taxonomic revision of European *Herpetocypris* BRADY and NORMAN, 1889 (Crustacea, Ostracoda). *Bulletin de l'institut royal des sciences naturelles de Belgique*, Biologie, 66, 93–132.
- Gouasmia, G., Amarouayache, M., Frihi, H. & Kara, M.H. (2016) Caractérisation physico-chimique de trois lacs salés permanents de la vallée de Oued Righ (Sahara Septentrional, Algérie Nord-Est). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 71 (4), 330–341. <https://doi.org/10.3406/rev.2016.1855>
- Green, A.J. & Figuerola, F. (2005) Recent advances in the study of longdistance dispersal of aquatic invertebrates via birds. *Diversity and Distribution*, 11, 149–156. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00147.x>
- Green, J., Corbet, S.A. & Betney, E. (1974) Ecological studies on crater lakes in West Cameroon. Debundsha Lake. *Journal of Zoology*, 173, 199–223. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1974.tb03126.x>
- Hammer, U.T. (1986) *Saline lakes ecosystems of the world*. Dr.W. Junk, Dordrecht, 616 pp.
- Hartmann, G. & Hiller, D. (1977) Beitrag zur Kenntnis der Ostracodenfauna des Harzes und seines nördlichen Vorlandes (unter besonderer Berücksichtigung des Männchens von *Candona candida*). *125 Jahre Naturwissenschaftlicher Verein Goslar*, 1977, 99–116.
- Hollwedel, W. & Scharf, B.W. (1988) Süßwassercladoceren und -ostracoden (Crustacea) auf den niedersächsischen Nordseeinseln Mellum und Memmert. *Drosera*, 88, 341–369.
- Horne, D.J. & Boomer, I. (2000) The role of Ostracoda in saltmarsh meiofaunal communities. In: Sherwood, B.R., Gardiner, B.G. & Harris, T. (Eds.), *British Saltmarshes*. Forrest Text, Cardigan, for the Linnean Society of London, London, pp. 182–202. [ISBN 0-95062-076-9]
- Horne, F.R. (1993) Survival Strategy to Escape Desiccation in a Freshwater Ostracod. *Crustaceana*, 65 (1), 53–61. <https://doi.org/10.1163/156854093X00379>
- Jones, T.R. (1857) *A monograph of the Tertiary Entomostraca of England*. *Monographs of the Palaeontographical Society* 9. Palaeontographical Society, London, 68 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.46366>
- Jurine, L. (1820) *Histoire des Monocles, qui se trouvent aux environs de Genève*. J.J. Paschoud, Genève, XVI + 260 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.10137>
- Karanovic, I. (2012) *Recent Freshwater Ostracods of the World: Crustacea, Ostracoda, Podocopida*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London and New York, 608 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21810-1>
- Karanovic, I. & Pesce, G.L. (2000) *Martenscypridopsis* a new ostracod genus (Crustacea: Ostracoda) from African inland waters. *Annals of Limnology*, 36 (3), 149–155. <https://doi.org/10.1051/limn/2000012>
- Kaufmann, A. (1900) Cypriden und Darwinuliden der Schweiz. *Revue suisse de Zoologie*, 8, 209–423. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.10584>
- Keyser, D. & Aladin, N. (2004) Noding in *Cyprideis torosa* and its causes. *Studia Quaternaria*, 21, 19–24.
- Keyser, D. (2005) Histological peculiarities of the nodding process in *Cyprideis torosa* (Jones) (Crustacea, Ostracoda). *Hydrobiologia*, 538, 95–106. <https://doi.org/10.1007/s10750-004-4940-x>
- Koch, C.L. (1838) *Deutschlands Crustaceen, Myriapoden und Arachniden. Ein Beitrag zur Deutschen Fauna. Heft 21*. F. Pustet, Regensburg. [unknown pagination]
- Kraus, O. (2000) *Internationale Regeln für die zoologische Nomenklatur. 4th Edition*. Goecke & Evers, Keltern-Weiler, 232 pp.
- Külköylüoğlu, O. (1999) Seasonal distribution of freshwater Ostracoda (Crustacea) in springs of Nevada. *Geosound*, 35, 85–91.
- Külköylüoğlu, O. (2004) On the usage of ostracods (Crustacea) as bioindicator species in different aquatic habitats in the Bolu region, Turkey. *Ecological Indicators*, 4, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.01.004>
- Külköylüoğlu, O. (2005) Factors effecting Ostracoda (Crustacea) occurrence in Yumrukaya Reedbeds (Bolu, Turkey). *Wetlands*, 25, 224–227. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0224:FATOOO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0224:FATOOO]2.0.CO;2)
- Külköylüoğlu, O. (2013) Diversity, distribution and ecology of nonmarine Ostracoda (Crustacea) in Turkey: application of pseudorichness and cosmoecious species concepts. *Recent Research and Development in Ecology*, 4, 1–18.

- Külköylüoğlu, O., Yılmaz, S., Yavuzatmaca, M. (2017) Comparison of Ostracoda (Crustacea) species diversity, distribution and ecological characteristics among habitat types. *Fundamental and Applied Limnology*, 190 (1), 63–86.
<https://doi.org/10.1127/fal/2017/0872>
- Külköylüoğlu, O., Yavuzatmaca, M., Yılmaz, O. (2020) Ecology and distribution of ostracods in Mardin and Muş provinces in Turkey. *Biologia*, 75, 1855–1870.
<https://doi.org/10.2478/s11756-020-00439-5>
- Le Houérou H.N., Claudin J. & Pouget M. (1977) Étude bioclimatique des steppes algériennes. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 68, n° 3–4, p. 33–74, avec une carte bioclimatique au 1/1,000,000.
- Lopez, L.C.S., Pena Rodrigues, P.J.F. & Rios, R.I. (1999) Frogs and snakes as phoretic dispersal agents of bromeliad ostracods (Limnocytheridae: *Elpidium*) and annelids (Naididae: *Dero*). *Biotropica*, 31 (4), 705–708.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1999.tb00421.x>
- Marrone, F., Pieri, V., Turki, S. & Rossetti, G. (2020) The Recent non-marine ostracods of Tunisia: an updated checklist with remarks on their regional distribution patterns and ecological preferences. *Journal of Limnology*, 79 (3), 293–307.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2020.1982>
- Martens, K. (1984) Annotated check-list of non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from African inland waters. *Musée Royal de l'Afrique Centrale Tervuren, Documentation Zoologique*, 20, 1–51.
- Martens, K. (1998) *Sex and Parthenogenesis. Evolutionary Ecology of Reproductive Modes in Non-Marine Ostracods*. Backhuys Publishers, Leiden, 336 pp.
- Martens, K. & Horne, D.J. (2009) Ostracoda. In: Likens, G.E. (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters. Vol. 2*. Elsevier, Oxford, pp. 405–414.
<https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00184-8>
- Masi, L. (1905) Nota sugli ostracodi viventi nei Dintorni di Roma ed osservazioni sulla classificazione della Cypridae. *Bollettino della Società Zoologica Italiana, Series 2*, 6 (4/5 + 7/8), 115–128 + 191–204.
- Masi, L. (1906) Contributo alla systematica delle Ilyocyprinae. *Bollettino della Società Zoologica Italiana, Seria 2*, 7 (4/6 + 7/9) & 8 (113), 133–146 + 249–268, &55–57.
- Matzke-Karasch, R. (1995) Aktuelle Gattungs- und Artmerkmale bei *Scottia*, *Cyclocypris* und *Psychrodromus* (Ostracoda). *Sonderveröffentlichungen des Geologischen Instituts der Universität zu Köln*, 97, 1–285.
- Meisch, C. (2000) Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: Schwoerbel, J. & Zwick, P. (Eds.), *Süßwasserfauna von Mitteleuropa* 8/3. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg and Berlin, pp. 1–522.
- Meisch, M., Smith, R. J. & Martens, K. (2019) A subjective global checklist of the extant non-marine Ostracoda (Crustacea). *European Journal of Taxonomy*, 492, 1–135.
<https://doi.org/10.5852/ejt.2019.492>
- Mezquita, F. (1998) *Ecology of Ostracods from springs, rivers and lakes of Eastern Iberian Peninsula*. Thesis, Universidad de Valencia, Valencia, 237 pp.
- Mezquita, F., Hernandez, R. & Rueda, J. (1999) Ecology and distribution of ostracods in a polluted Mediterranean river. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148, 87–103.
[https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(98\)00177-1](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00177-1)
- Mesquita-Joanes, F., Viehberg, F. & Smith, A.J. (2012) The biology and ecology of ostracods. In: Horne, D.J., Holmes, J.A., Rodriguez-Lazaro, J. Viehberg, F.A. (Eds.), *Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change. Vol. 17*. Developments in Quaternary Science Series, Elsevier Science Publishing, s.n., pp. 15–35.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53636-5.00002-0>
- Moniez, R. (1891) Faune des lacs salés d'Algérie. *Mémoires de la société zoologique de France*, 1891, 246–257.
- Müller, O.F. (1776) *Zoologiæ Danicæ Prodrömus, seu Animalium Danicæ et Norvegiæ indigenarum characteres, nomina, et synonyma imprimis popularium*. Hallageri, Havniciæ [Copenhagen], XXXII + 274 pp.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.63795>
- Müller, G.W. (1900) Deutschlands Süßwasser ostracoden. Original Abhandlungen aus dem Gesamtgebiete der Zoologie, *Zoologica*, 12 (30), 1–112.
- Okubo, I. (2001) Freshwater ostracod *Darwinula stevensoni* from Lake Biwa. *The bulletin of the biogeographical Society of Japan*, 56, 39–43.
- Paris, P. (1920) Ostracodes (Première série). *Biospeologica. Archives de zoologie expérimentale et générale*, 58, 475–487.
- Pieri, V., Martens, K., Stoch, F. & Rossetti, G. (2009) Distribution and ecology of non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from Friuli Venezia Giulia (NE Italy). *Journal of Limnology*, 68 (1), 1–15.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2009.1>
- Pieri, V., Marrone, F., Martens K. & Rossetti, G. (2020) An updated checklist of Recent ostracods (Crustacea: Ostracoda) from inland waters of Sicily and adjacent small islands with notes on their distribution and ecology. *The European Zoological Journal*, 87 (1), 714–740.
<https://doi.org/10.1080/24750263.2020.1839581>
- Ramdohr, A.F. (1808) Über die Gattung Cypris Müller und drei zu derselben gehörende neue Arten. *Mag Ges Naturforsch Freunde Berl Neusten Entdeck Ges Naturkd*, 2, 85–93.
- Rasouli, H., Aygen, C. & Külköylüoğlu, O. (2014) Contribution to the freshwater Ostracoda (Crustacea) fauna of Turkey: distribution and ecological notes. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20, 11–20.

- <https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14-1-02>
- Roca, J.R. & Baltanás, A. (1993) Ecology and distribution of Ostracoda in Pyrenean springs. *Journal of Crustacean Biology*, 13 (1), 165–174.
<https://doi.org/10.2307/1549131>
- Roca, J.R., Mezquita, F., Rueda, J., Camacho, A. & Miracle, M.R. (2000) Endorheic versus karstic lake: patterns of ostracod distributions and lake typology in a Mediterranean landscape (Castilla—La Mancha, Spain). *Marine and Freshwater Resources*, 51, 311–319.
<https://doi.org/10.1071/MF99103>
- Rossetti, G., Bartoli, M. & Martens, K. (2004) Limnological characteristics and recent ostracods (Crustacea, Ostracoda) of freshwater wetlands in the Parco Oglio Sud (Northern Italy). *Annales de Limnologie*, 40, 329–341.
<https://doi.org/10.1051/limn/2004030>
- Rossetti, G., Martens, K., Meisch, C., Tavernelli, S. & Pieri, V. (2006) Small is beautiful: diversity and distributional patterns of ostracods (Crustacea, Ostracoda) in marginal freshwater habitats of the province of Parma (Northern Italy). *Journal of Limnology*, 65 (2), 121–131.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2006.121>
- Rossi, V., Benassi, G., Belletti, F. & Menozzi, P. (2011) Colonization, population dynamics, predatory behaviour and cannibalism in *Heterocypris incongruens* (Crustacea: Ostracoda). *Journal of Limnology*, 70, 102–108.
<https://doi.org/10.4081/jlimnol.2011.102>
- Rossi, V., Piotti, A., Baltanás, A., Benassi, G. & Menozzi, P. (2008) Genetic diversity and mixed reproduction in *Eucypris virens* (Crustacea: Ostracoda). *Fundamental and Applied Limnology. Archiv für Hydrobiologie*, 172 (2), 147–159.
<https://doi.org/10.1127/1863-9135/2008/0172-0147>
- Rumes, B., Van der Meeren, T., Martens, K. & Verschuren, D. (2016) Distribution and community structure of Ostracoda (Crustacea) in shallow waterbodies of southern Kenya. *African Journal of Aquatic Science*, 41 (4), 377–387.
<https://doi.org/10.2989/16085914.2016.1241174>
- Samraoui, B., Segers, H., Maas, S., Baribwegure, D. & Dumont, H.J. (1998) Rotifera, Cladocera, Copepoda, and Ostracoda from coastal wetlands in northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 386, 183–193.
<https://doi.org/10.1023/A:1003538730152>
- Santamaria, L., Balsa, J., Bidondo, B., Baltanás, A. & Montes, C. (1992) Salinity tolerance of three ostracode species (Crustacea: Ostracoda) of Iberian saline lakes. *Hydrobiologia*, 246, 89–98.
<https://doi.org/10.1007/BF00014696>
- Sars, G.O. (1890) *Overview of Norges crustaceer med forelobige bemærkninger over de nye eller mindre bejendte arter: 2 (Branchiopoda, Ostracoda, Cirripedia)*. Forh Christiania Vidensk. Selsk, 80 pp.
- Sars, G.O. (1903) On the Crustacean fauna of Central Asia, part 3: Copepoda and Ostracoda. *Annuaire du Musée zoologique de l'Académie impériale des Sciences de St-Petersbourg*, 8 (2), 195–264.
- Scharf, B. & Hollwedel, W. (2010) Ostracoda und Cladocera (Crustacea) von der Insel Terschelling, Niederlande. *Drosera*, 2009, 127–141.
- Scharf, B., Herzog, M. & Pint, A. (2016) New occurrences of *Cyprideis torosa* (Crustacea, Ostracoda) in Germany. *Journal of Micropalaeontology*, 36, 120–126.
<https://doi.org/10.1144/jmpaleo2015-022>
- Schmit, O., Bode, S.N.S., Camacho, A., Horne, D.J., Lamatsch, D.K., Martens, K., Martins, M.J.F., Namiotko, T., Rossetti, G., Rueda-Sevilla, J., Schön, I., Vandekerckhove, J. & Mesquita-Joanes, F. (2013) Linking present environment and the segregation of reproductive modes (geographic parthenogenesis) in *Eucypris virens* (Crustacea: Ostracoda). *Journal of Biogeography*, 40, 2396–2408.
<https://doi.org/10.1111/jbi.12174>
- Schön, I., Gandolfi, A., Di Masso, E., Rossi, V., Griffiths, H.I., Martens, K. & Butlin, R.K. (2000) Persistence of asexuality through mixed reproduction in *Eucypris virens* (Crustacea, Ostracoda). *Heredity*, 84, 161–169.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.2000.00647.x>
- Schornikov, E.I. & Trebukhova, Y.A. (2001) Ostracods of brackish and fresh waters of southwestern coast of Peter the Great Bay. *The State of Environment and Biota of the Southwestern Part of Peter the Great Bay and the Tumen River Mouth*, 3, 56–83.
- S.E.O. (1985) s.n. *Estudio sobre la biología migratoria del orden Anseriformes (Aves) en España*, Monografías n° 38, I.C.O.N.A., 1–218.
- Smith, A.J., Horne, D.J., Martens, K. & Schön, I. (2015) Class Ostracoda. In: Thorp, J. & Rogers, D.C. (Eds.), *Thorp & Covich's Freshwater Invertebrates, Vol. 1. Ecology and General Biology. 4th Edition*. Elsevier, s.n., pp. 757–780.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385026-3.00030-9>
- ter Braak, C.J.F. (1986) Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67 (No. 5), 1167–1179.
<https://doi.org/10.2307/1938672>
- ter Braak, C.J.F. (1995) Ordination. In: Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. & van Tongeren, O.F.R. (Eds.), *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 91–173.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511525575.007>

- ter Braak, C.J.F. & Verdonschot, P.F.M. (1995) Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Ecology*, 57, 255–289.
<https://doi.org/10.1007/BF00877430>
- Thiéry, A. & Rogers, D.C. (2022) A new species of *Tanymastigites* Brtek, 1972 (Anostraca: Tanymastigidae) from Libya, with a revised key to the genus and new crustacean records (Branchiopoda, Copepoda, Ostracoda) from Algeria. *Journal of Crustacean Biology*, 42, 1–10.
<https://doi.org/10.1093/jcbiol/ruac032>
- Uçak, S., Külköylüoğlu, O., Akdemir, D. & Başak, E. (2014) Distribution, diversity and ecological characteristics of freshwater Ostracoda (Crustacea) in shallow aquatic bodies of the Ankara Region, Turkey. *Wetlands*, 34, 309–324.
<https://doi.org/10.1007/s13157-013-0499-5>
- Van der Meeren, T., Almendinger, J.E., Ito, E. & Martens, K. (2010) The ecology of ostracodes (Ostracoda, Crustacea) in western Mongolia. *Hydrobiologia*, 641, 253–273.
<https://doi.org/10.1007/s10750-010-0089-y>
- Vanschoenwinkel, B., Gielen, S., Seaman, M. & Brendonck, L. (2008a) Any way the wind blows—frequent wind dispersal drives species sorting in ephemeral aquatic communities. *Oikos*, 117, 125–134.
<https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.16349.x>
- Vanschoenwinkel, B., Waterkeyn, A., Vandecaetsbeek, T., Pineau, O., Grillas, P. & Brendonck, L. (2008b) Dispersal of freshwater invertebrates by large terrestrial mammals: a case study with wild boar (*Sus scrofa*) in Mediterranean wetlands. *Freshwater Biology*, 53, 2264–2273.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02071.x>
- Waterkeyn, A., Pineau, O., Grillas, P. & Brendonck, L. (2010a) Invertebrate dispersal by aquatic mammals: a case study with nutria *Myocastor coypus* (Rodentia, Mammalia) in Southern France. *Hydrobiologia*, 654, 267–271.
<https://doi.org/10.1007/s10750-010-0388-3>
- Waterkeyn, A., Vanschoenwinkel, B., Elsen, S., Anton-Pardo, M., Grillas, P. & Brendonck, L. (2010b) Unintentional dispersal of aquatic invertebrates via foot wear and motorvehicles in a Mediterranean wetland area. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20, 580–587.
<https://doi.org/10.1002/aqc.1122>
- Williams, W.D. (1998) *The Management of Inland Saline Waters. Guidelines of Lake Management. Vol. 6.* ILEC/ UNEP, Kusatsu, 23 pp.
- Wouters, K. (2016) On the modern distribution of the euryhaline species *Cyprideis torosa* (Jones, 1850) (Crustacea, Ostracoda). *Journal of Micropalaeontology*, 36, 21–30.
<https://doi.org/10.1144/jmpaleo2015-021>
- Zaïbi, C., Scharf, B., Viehberg, F.A., Keyser, D. & Kamoun, F. (2013) Preliminary report on the living non-marine Ostracoda (Crustacea) from Tunisia with the description of a new *Psychrodromus* species. *Zootaxa*, 3626 (4), 499–516.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.3626.4.5>





Association Tunisienne
de Biotechnologie et
Valorisation des Bio-Ressources
Tunisian Association
of Biotechnology
and Bio-Resources Valorization

ATTESTATION DE PARTICIPATION

Le Président de l'AT-BVBR, atteste que

MENAIL AIMEN ADIB

a présenté au V^{ème} congrès international de Biotechnologie et Valorisation des Bio-Ressources,
organisé par l'AT-BVBR du 20 au 23 Mars 2018 à Tabarka - Tunisie,
une communication par Affiche intitulée

C.AEEICHEN N°:85.

OSTRACODES DES PLANS D'EAU CONTINENTAUX DE LA REGION DES ZIBANS (SAHARA

SEPTENTRIONAL, ALGERIE)

MENAIL AIMEN ADIB , GHAOUACI SOUAD , GOUASMA GHOUZALA., SCHARF WILHELM BURKHARD,

AMAROUAYACHE MOUNIA



Président de l'AT-BVBR
Prof. Mohamed HANZOUKI



Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



Universität Rostock | Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät,
18057 Rostock, Wismarsche Straße 8

Badji-Mokhtar Annaba University
Department of Marine Sciences

Algeria

—

Institut für Biowissenschaften
Allgemeine und Spezielle Botanik,

Botanischer Garten

Dr. Thomas Hübener

Wismarsche Straße 8

18051 Rostock

Telefon: +49 (0)381 498 6210

Fax: +49 (0)381 498 6202

thomas.huebener@uni-rostock.de

30.11.2018

Certificate for internship

Dear colleagues,

This is to certify that Mr. MENAIL Aimen Adib, born on 07/05/1993 in Annaba (Passport number 143082434, Ph.D. student at the Marine BioSource Laboratory, Department of Marine Sciences, Badji-Mokhtar Annaba University, Algeria), completed a study visit of 30 days (1.-30.11.2018).

During the internship, Mr. Menail determined the benthic biodiversity (ostracods) from continental waters of the Algerian Sahara (a clear room microscope drawings, SEM shell pictures). He also began work on a manuscript

During the period of internship with us he was found punctual, hardworking and inquisitive.

We wish him all the best for the future.

Sincerely yours


[Dr. Thomas Hübener]

Universität Rostock
Institut für Biowissenschaften
Allgemeine und Spezielle Botanik
18051 Rostock

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



Universität Rostock | Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät,
18057 Rostock, Wismarsche Straße 8


Institut für Biowissenschaften
Allgemeine und Spezielle Botanik,
Botanischer Garten
Dr. Thomas Hübener
Wismarsche Straße 8
18051 Rostock
Telefon: +49 (0)381 498 6210
Fax: +49 (0)381 498 6202
thomas.huebener@uni-rostock.de
22.11.2019

Attestation de Stage

Je soussigné, Dr. Thomas Hübener, atteste par la présente que Mr. MENAIL Aïmen Adib, né le 07/05/1993 à Annaba, Algérie, étudiant doctorant au sein du Laboratoire Bioresources Marines, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie a effectué un stage sur la détermination des ostracodes des eaux continentales du Sahara. Des photos SEM des coquilles ont également été réalisées.

Ce stage d'une durée de 30 jours (20/11 au 19/12/2019), a permis à l'étudiant d'avancer dans la réalisation de sa thèse de doctorat.

Monsieur Menail a été un stagiaire sérieux et doté d'une grande conscience professionnelle, il s'est acquitté de ses missions de façon très satisfaisante.


Dr. Thomas Hübener



Universität Bremen · Fachbereich 02 · Postfach 33 04 40 · 28334 Bremen

**Dr. Hans Konrad
Nettmann**
Senior Lecturer
Zoologische Sammlung
der Universität Bremen
Institut für Ökologie
Fachbereich 2
Leobener Straße
Gebäude NW 2
Raum A 4020
28359 Bremen

Postanschrift
Universität Bremen
Fachbereich 2
Postfach 33 04 40
28334 Bremen

Telefon: (0421) 218 - 62906
e-mail: nettmann@uni-bremen.de

Ihr Zeichen:

Ihre Nachricht vom:

Unser Zeichen:

Datum: 25.11.19


Letter of Confirmation

Mr. Aimen Adib Menail from the Badji Mohhtar University in Annaba, Algeria has presented today a lecture with the title:

"Updating of the list of living non-marine ostracods (Crustacea) in the continental waters of the Algerian Sahara"

It was given in the context of the regular seminar for graduate students and PhD candidates on actual projects in marine and terrestrial ecology.




Dr. H. K. Nettmann

Dr. Hans Konrad Nettmann
Senior Lecturer, University of Bremen
Zoologische Sammlung der Universität
Universität Bremen, Fachbereich 2
D-28359 Bremen



جامعة بادج موقت - عنابة

BADJI MOKHTAR - ANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA



قسم علوم البحار
DEPARTMENT OF MARINE SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER

Annaba, le 06 juillet 2020

Objet : Attestation de participation (Semaine de la mer, 2019)

Réf : DSM/EXT012/2020.

Je soussigné, professeur DERBAL Farid, Chef de Département des Sciences de la mer, atteste que l'étudiant doctorant MENAIL Ayman Adib, a participé à un stage de formation algéro-tunisien intitulé « Semaine de la Mer, 2019 » qui s'est déroulé à El-Kala et Tabarka du 18 au 22 aout 2019. L'impétrant a animé une séance pratique sur l'identification des crustacés Ostracodes et a présenté également une communication orale sur les Ostracodes d'Algérie.

Cette attestation est délivrée à la demande de l'intéressé pour lui servir et valoir ce que de droit.

Le Chef de Département



الأستاذ الدكتور:
دربال فريد