



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE 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
Option: Biologie et physiologie des organismes marins

Intitulé

**Contribution à la connaissance des grands
branchiopodes d'Algérie : écologie, biologie, génétique
des chirocéphales (Anostraca)**

Par

M^{me} NOUIOUAT BOUMENDJEL Lylia

Membres du jury :

Prof. SAMRAOUI Boudjéma	Président	(Université Badji-Mokhtar, Annaba)
Prof. AMAROUAYACHE Mounia	Directrice de thèse	(Université Badji-Mokhtar, Annaba)
Prof. ABABSA Labeled	Examineur	(Université Oum El Bouaghi)
MC. BELADJAL Lynda	Examinatrice	(Université Gent, Belgique)

Année universitaire 2018-2019

REMERCIEMENTS

Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'une thèse de Doctorat en Sciences rattachée au Département des sciences de la mer de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba en Algérie.

Elle a été réalisée en deux parties. La première partie de cette recherche a été menée au département des sciences de la mer de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba dont je remercie le chef Monsieur le Professeur Farid DERBAL pour son aide logistique et scientifique, et aussi au sein du laboratoire de Bioressources Marines dirigé par Monsieur le Professeur M. Hichem KARA à qui je tiens ici à adresser également mes sincères remerciements

La deuxième partie été réalisée au niveau du Muséum nationale d'Histoire naturelle de Paris en France dans le cadre d'une convention. A cette occasion j'adresse mes plus vifs remerciements à Monsieur Guy DUHAMEL Directeur du département de Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques de Sorbonne Universités, Muséum national d'Histoire naturelle, UCN, UA, CNRS, IRD, Paris (France) qui m'a accueilli et ouvert les portes de son département et a mis à ma disposition toutes ses ressources.

Cette thèse s'est déroulée durant ces cinq dernières années, sous la responsabilité de Madame la Professeure Mounia AMAROUAYACHE (département des sciences de la mer, laboratoire Bioressources Marines) avec la collaboration de Dr Nicolas RABET (Museum national d'Histoire Naturelle, Sorbonne Université, Paris). Je souhaitais profiter de cette occasion pour les remercier tous les deux de m'avoir orientée activement pour sa réalisation. Ils m'ont en particulier fait bénéficier de leur savoir et de leur immense connaissance des sujets que nous avons abordés et ont fait preuve à mon égard de toute la patience et de la disponibilité nécessaires à la bonne conduite de cette recherche. Je leur exprime toute ma reconnaissance et mon indéfectible gratitude.

Je remercie le chef de département Monsieur Régis DEBRUYNE et Madame Céline BONOLLO du Service de Systématique Moléculaire Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France, pour leur accueil, conseils et orientations pour la réalisation de la génétique moléculaire (Extraction, PCR) de cette recherche.

Je remercie également la faculté des Sciences de l'Université Badji Mokhtar de Annaba d'avoir financé en partie cette recherche dans le cadre d'un stage de deux mois, en particulier Monsieur le Vice-doyen, Prof. Hocine FRIHI pour son soutien continu et sa

volonté constante d'assurer la réussite de l'étudiante en sciences de la mer que j'ai été et dont il a participé à l'éclosion durant mes années d'études.

Je suis également très reconnaissante à Monsieur Boudjéma SAMRAOUI, notre Professeur à l'Université d'Annaba, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider ce jury malgré ses diverses occupations. Cette thèse n'a été possible que grâce à ses travaux innovants qui ont fait progresser la recherche dans ce domaine. Je lui adresse mes plus sincères remerciements.

Mes remerciements vont également à M. Labed ABABSA d'avoir accepté de se déplacer d'Oum El Bouaghi, et de ramener avec lui mes souvenirs de jeunesse passés dans cette jolie ville, dont mes enseignants de l'époque ont su m'inculquer le goût de l'effort et du travail bien fait. Merci d'accepter de consacrer du temps à la lecture et à l'évaluation de ce manuscrit.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Madame Lynda BELADJAL, Maître de Conférences à l'Université de Gent en Belgique, qui malgré ses lourdes responsabilités, a aimablement accepté d'évaluer cette thèse. Ses remarques pertinentes me seront certainement bénéfiques.

J'exprime ma profonde gratitude en particulier à Madame la Professeure Mounia AMAROUAYACHE, Prof. DERBAL Farid et au Dr. Souad GHAOUACI qui m'ont fourni la plus grande partie des échantillons sur lesquels j'ai pu travailler, ainsi que Dr Ghouzala GOUASMIA, M^{me} Amel HARKET (doctorante) et M. Menail Aymen (doctorant) du laboratoire de Bioressources Marines (Université Badji-Mokhtar) et BOUMENDJEL Mohamed Yacine pour leurs échantillonnage et la disponibilité dont ils m'ont gratifié. Je présente également mes sincères remerciements au Dr Rouya MIMOUNI qui a participé de manière active à la traduction d'une partie de cette thèse et au Dr Ridha NOUIOUAT pour son aide logistique. Je remercie également Monsieur Thibaut BAGNI (Sorbonne Université) qui a mis à notre disposition de nouvelles séquences d'ADN de France, ainsi que Monsieur Laurent SORBA (Office de l'environnement de Corse) qui nous a fourni les échantillons de Corse.

Un grand remerciement au globe-trotter Monsieur Chérif BOUMENDJEL qui a sans arrêt transporté durant toutes ces années, entre les deux laboratoires des deux continents, des

échantillons des espèces décrites dans cette recherche, et sans lesquels tout ce travail n'aurait pas pu se faire, faute de matériel initial.

Je remercie également les gardes forestiers de Reghaia pour l'aide qu'ils nous ont apporté dans la recherche des sites de leur région.

Mes sincères remerciements à Monsieur Jean-François CART qui a accepté que nous nous servions de ses photos pour illustrer ce travail de recherche.

Je ne manquerais pas de remercier également Madame Géraldine TOUTIRAIS du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris pour son aide technique (Plateau technique de microscopie électronique-PTME).

Enfin, je transmets mes plus sincères remerciements au Docteur Christopher ROGERS (Université Kansas City, USA) pour la relecture de mon article et pour ses commentaires très utiles qui m'ont ouvert de nouvelles perspectives et permis de mieux appréhender les problématiques de systématique évoquées.

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
01	Schéma de <i>Chirocephalus</i> : A : Vue latéral de la femelle ; B : Vue ventrale du mâle. Dessins modifiés, d'après Alonso (1996).	07
02	Larve de <i>Chirocephalus</i> (Photo de J.F.CART).	07
03	Morphologie d'un mâle <i>Chirocephalus</i> A : <i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803 de France ; B : antenne frontale <i>C. diaphanus</i> de France ; C : accouplement <i>C. diaphanus</i> de France (Photos de J.F.CART).	09
04	Morphologie d'une femelle de <i>C. salinus</i> (Daday, 1910) de Corse en France (Photo de J.F.CART) ; A : antenne frontale courte ; B : sac ovigère.	09
05	Morphologie des cystes de <i>Chirocephalus</i> ; A : <i>C. diaphanus</i> (Photo de Margarida Cristo) ; <i>C. salinus</i> de Sidi Salem (Algérie), (Photo de L. Boumendjel).	10
06	Clés de détermination de l'espèce <i>C. salinus</i> et <i>C. diaphanus</i> : A : région céphalique du mâle (a : antennomère proximal ; b : antennomère distale ; c : prolongements latéro-basales ; d : lame dorsale ; e : antennule ; f : projection basale de l'antennomère distal ; g : lame basale). B : Segment abdominal d'une femelle <i>Chirocephalus</i> (a : sac ovigère) ; C : thoracopode (a : endopodite ; b : endites (6) ; c : préépipodite ; d : épipodite ; e : exopodite. Dessins modifiés, d'après Daday (1910) ; Nourisson et Thiéry (1988) et Sellier (1945).	11
07	Localisation géographique des différents sites hébergeant le genre <i>Chirocephalus</i> au Nord Est algérien.	14
08	Quelques biotopes de <i>C. salinus</i> Daday, 1910 en Algérie ; (A, B, C, D © G. Gouasmia ; E, F © A. Harkat) ; A : Mare Souk Rguibet (El Tarf) ; B : Mare Ain Seynour (Souk Ahras) ; C : Mare El Batha (Souk Ahras) ; D : Mare El Malahmar (Souk Ahras) ; E ; Mare El Tahouna (Souk Ahras) ; F : Mare Lamouadjen (Souk Ahras).	15
09	Longueur totale à la fourche d'un chirocéphale (Photo modifié d'après J.F.CART).	18

10	Carte illustrant la répartition des populations de <i>Chirocephalus</i> Daday, 1910 testées pour la génétique en Algérie et en Corse. Présente étude : □ Localités de <i>C. salinus</i> , Etoile : Localités de <i>C. sanhadjaensis</i> (Ain-Magroun) ; ■ Localités de <i>Chirocephalus</i> sp6. (Réghaïa). Etudes antérieures : □ Localités de <i>C. diaphanus</i> (Alger) ; □ Localités de <i>C. diaphanus</i> de Bône (Annaba).	29
11	Visualisation après coloration au BET et électrophorèse sur gel d'agarose à 2 %.	32
12	Arbre phylogénétique de différentes espèces du genre <i>Chirocephalus</i> , basé sur les données des séquences nucléotidiques de COI. L'arbre a été construit à l'aide de la méthode du Neighbour Joining (NJ) avec un bootstrap de 1000 répliques.	39
13	Carte illustrant la répartition de <i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> , en Algérie. (Étoiles : Localités de <i>C. sanhadjaensis</i> , Ligne pointillée : frontières de province, Noir : régions urbaines, gris : lac Fetzara).	46
14	Biotope de <i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> , A : mare d'Ain Magroun ; B : mare de Belkroun.	47
15	<i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> , mâle d'Ain-Magroun : figures A-D ; mâle de Belkroun : figure E ; A : tête, côté gauche, vue antérieure ; B : appendice antennaire ; C : deuxième antenne ; D : détail agrandi de l'apophyse de l'antennomère distale ; E : Tête, côté droit, vue antérieure.	48
16	<i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> d'Ain-Magroun. Mâle : figures A-F ; femelle : figures G-I ; A : première paire de membre thoracique ; B : détail agrandi de l'endopode P1 ; C : détail agrandi des endites P1 ; D : onzième paire de membre thoracique ; E : sixième paire de membre thoracique ; F : détail élargi des endites de la sixième paire de membre thoracique ; G : première paire de membre thoracique ; H : onzième paire de membre thoracique ; I : sixième paire de membre thoracique.	50
17	<i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> d'Ain-Magroun. Mâle : figures A-B; femelle : figures C-D. A : extrémité réversible de l'hémipénis ; B : segments génitaux du mâle ; C : Telson et sac ovigère de la femelle, D : cercopodes de la femelle.	51
18	Micrographies MEB d'oeufs. Figures A-C-E : Œufs de <i>C. sanhadjaensis</i> d'Ain-Magroun ; Figures B-D-F : Oeufs de <i>C. sanhadjaensis</i> de Belkroun. Barres d'échelle : A, B : 200 µm ; C, D, E et F : 100 µm.	52

19	Carte illustrant la répartition de l'espèce de <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov. de Réghaïa dans la région d'Alger (Algérie) ; ● : Localités de <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp.nov. (Présente étude) ; ○ : Localités <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp.nov. (Collection de MNHN de Paris) ; ■ : Localités <i>C. diaphanus</i> de France morphologiquement très proche utilisé à titre de comparaison.	54
20	Biotope de <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp.nov. ; A: mare de Réghaïa à sec (pour le prélèvement du sédiment) ; B : mare de Réghaïa inondé (photo de M. Amarouyache).	55
21	<i>Chirocephalus algeriensis</i> sp.nov. de Réghaïa. Mâle, A : appendice antennaire ; B : lame basale; C : deuxième antenne frontale ; D : appendice frontale ; E : détail agrandi de la lame dorsale.	56
22	<i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov. de Réghaïa (Algérie) Mâle : figures A – H ; femelle : figures I - K. A : première paire de thoracopodes; B : détail agrandi du préépipodite P1 ; C : détail agrandi de l'endopode P1 ; D : détail agrandi des endites P1 ; E : onzième paire de thoracopodes ; F : détail agrandi des endites P11 ; G : sixième paire de thoracopodes; H : détail agrandi des endites de la sixième paire de thoracopodes ; I : première paire de thoracopodes ; J : onzième paire de thoracopodes ; K : sixième paire de thoracopodes.	58
23	<i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov. de Réghaïa. Mâle : figures A, B, C. A : segments génitaux ; B : processus basal de l'hémipénis; C : extrémité réversible de l'hémipénis gauche; figure D : telson (segments abdominaux) et sac ovigère de la femelle.	58
24	Comparaison de la projection proximale de l'antennomère distale de la deuxième antenne de <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov. avec différentes populations de <i>C. diaphanus</i> de France : Figures A : population de Réghaïa ; B : population de Var (Bonne Cougne) ; C : population de Meuse (Bouconville sur Madt); D : population de Etendard st Maximin; E : population de l'Essonne (Marolles en Hurepoix); F : population de Loire Atlantique (Guérande).	60
25	Comparaison de la carène dorsale de la lame basale de <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov. (A) avec celles de différentes populations de <i>C. diaphanus</i> de France (B-G) : Figures A : population de Réghaïa; B : population du Var (Bonne Cougne); C : population de la Meuse (Bouconville sur Madt); D : population du Var (L'Etendard à St Maximin); E : population de l'Essonne (Marolles en Hurepoix); F : population de Loire Atlantique (Guérande). G : population du Var (Camp Signe).	61

26	<i>Chirocephalus salinus</i> Daday, 1910. Mâle, A : Deuxième antennes de la population de Sidi Salem; B-F : détail agrandi de l'apophyse basale de l'antennomère distal. B : population de Sidi Salem (Annaba) ; C : population de Vignes Boutheldja (El Tarf) ; D : population de Berrihène (El Tarf) ; E : population de Corse ; F : population de Souk Rguibet; G : antenne frontale de la population de Sidi Salem.	63
27	<i>Chirocephalus salinus</i> Daday, 1910. Mâle, A : lame basale de la population de Sidi Salem, B-G : détail agrandi de l'apex (pointe distale) de la lame basale ; B : population de Sidi Salem ; C : population Bir Osmane (Guelma) ; D : population Corse (France); E : population El Hadjar (Annaba) ; F : population de Souk Rguibet (SoukAhras) ; G : population d'Ain Saynour ; H : appendice antennaire de la population de Sidi Salem.	64
28	<i>Chirocephalus salinus</i> Daday, 1910. Mâle : figures A–G ; femelle : figures H-J. A : première paire de membre thoracique ; B : détail agrandi de l'endopode P1 ; C : détail agrandi des endites P1; D : onzième paire de membre thoracique ; E : détail agrandi des endites P11 ; F : sixième paire de membre thoracique ; G : détail agrandi des endites de la sixième paire de membre thoracique ; H : première paire de membre thoracique ; I : onzième paire de membre thoracique ; J : sixième paire de membre thoracique	65
29	<i>Chirocephalus salinus</i> Daday, 1910 de Sidi Salem (Annaba-Algérie). Mâle ; figures A-B ; femelle : figures C-D. A, B : segments génitaux du mâle ; C : segments abdominaux et sac ovigère de la femelle, D : cercopodes de la femelle.	66
30	Micrographies MEB d'œufs. Figures A-B : Œufs de <i>C. salinus</i> Daday, 1910 d'Algérie ; Figures C, D : oeufs de <i>Chirocephalus</i> sp.nov.de Réghaïa E-F : oeufs de <i>C. sanhadjaensis</i> d'Ain-Magroun. Barres d'échelle : A, C, E ; 200 µm ; B, D, F : 100 µm.	67
31	Clé simplifiée de détermination des espèces de <i>Chirocephalus</i> d'Algérie.	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
01	Sites échantillonnés et paramètres physico-chimiques.	20
02	Longueurs totales à la fourche (LTf) en mm (moyenne $\pm$ E.T.), des femelles (♀) et des mâles (♂) de <i>C. salinus</i> des différents sites échantillonnés.	23
03	Sex-ratio, fécondité et diamètre des cystes chez les différentes populations de chirocéphales.	24
04	Test statistique de corrélation.	25
05	Informations sur les populations de <i>Chirocephalus</i> analysées dans cette étude.	30
06	Nouvelles séquences obtenues des espèces de <i>Chirocephalus</i> .	34
07	Données sur les séquences nucléotidiques COI de Genbank utilisées dans la présente étude.	36
08	Liste des espèces de <i>Chirocephalus</i> d'Algérie présentes au MNHN de Paris.	70

SOMMAIRE

Remerciements

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE1

I. GENERALITES SUR LE GENRE *CHIROCEPHALUS*

1. Généralités sur les anostracés.....6

2. Présentation du genre *Chirocephalus*8

2.1. Position systématique8

2.2. Caractéristiques morphologiques des chirocéphales8

2.2.1. Morphologie du mâle8

2.2.2. Morphologie de la femelle9

2.2.3. Morphologie des cystes10

3. Caractéristiques morphologiques de *Chirocephalus salinus* et *C. diaphanus*10

II. DISTRIBUTION ET DONNEES BIOLOGIQUES DE *CHIROCEPHALUS SALINUS* (CRUSTACEA, ANOSTRACA) DANS LE NORD-EST DE L'ALGERIE

1. Introduction12

2. Matériel et méthodes13

2.1. Milieux d'études13

2.2. Climat des régions d'étude.....15

2.2.1. Région d'Annaba15

2.2.2. Région de Souk Ahras16

2.2.3. Région de Skikda16

2.2.4. Région d'El Tarf16

2.2.5. Région de Guelma17

2.3. Echantillonnage17

2.4. Identification des chirocéphales	17
2.5. Etude écologique et biologique des chirocéphales	17
2.5.1. Abondance des individus	17
2.5.2. Biométrie	17
2.6. Reproduction	18
2.7. Etude statistique.....	19
3. Résultats	19
3.1. Caractéristiques environnementales des populations de chirocéphales.....	19
3.2. Paramètres biologiques et écologiques	22
3.2.1. Biométrie des adultes	22
3.2.2. Reproduction.....	23
3.3. Etude statistique.....	25
4. Discussion.....	25

III. ANALYSE PHYLOGENIQUE DU GENRE *CHIROCEPHALUS* PREVOST, 1803 EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE ET CLARIFICATION DU STATUT DES ESPECES *C. SALINUS* ET *C. DIAPHANUS* DE L'ALGERIE

1. Introduction	28
2. Matériel et méthodes	28
2.1. Echantillonnage des chirocéphales	28
2.2. Etude génétique	31
2.2.1. Extraction d'ADN.....	31
2.2.2. Amplification de l'ADN par PCR.....	31
2.3. Alignement et analyse phylogénétique	33
3. Résultats	38
3.1. Arbres phylogénétiques	38
4. Discussion.....	40

IV. STATUT TAXONOMIQUE DU GENRE *CHIROCEPHALUS* PREVOST, 1803 EN ALGERIE : DESCRIPTION DE *CHIROCEPHALUS SANHADJAENSIS* SP. NOV., ET *CHIROCEPHALUS ALGERIENSIS* SP. NOV. ET REDESCRIPTION DE *C. SALINUS* DADAY, 1910

1. Introduction	43
2. Matériel et méthodes	43
2.1. Echantillonnage	43
2.2. Analyse morphologique	44
2.3. Etude de la collection du MNHN de Paris	44
2.4. Clé d'identification des espèces de <i>Chirocephalus</i> d'Algérie	45
3. Résultats	46
3.1. Taxonomie.....	46
3.1.1. <i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> sp. nov.	46
3.1.1.1. Type de localité.....	46
3.1.1.2. Type de matériel	47
3.1.1.3. Description de <i>Chirocephalus sanhadjaensis</i> sp.nov.....	48
3.1.1.4. Diagnostic différentiel.....	53
3.1.2. <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov.....	55
3.1.2.1. Type de localité	55
3.1.2.2. Description de <i>Chirocephalus algeriensis</i> sp. nov.....	56
3.1.2.3. Diagnostic différentiel.....	60
3.1.3. <i>Chirocephalus salinus</i> Daday, 1910	62
3.1.3.1. Description de <i>Chirocephalus salinus</i> Daday, 1910	63
3.1.3.2. Diagnostic différentiel.....	67
3.2. Etude de la collection du MNHN de PARIS	70
3.3. Clé d'identification des espèces de <i>Chirocephalus</i> d'Algérie	72
4. Discussion.....	73
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	75
BIBLIOGRAPHIE	78
RESUMES	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.92

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les grands branchiopodes sont le groupe de crustacés inférieurs qui rassemble les anostracés, notostracés, spinicaudates et lévicaudates. Ils représentent désormais le groupe pilote des invertébrés des milieux aquatiques temporaires, étant à la tête de la chaîne alimentaire (Belk 1982). Depuis les travaux pionniers de Daday (1910) et de Linder (1941), de nombreux genres et nouvelles espèces de l'ordre Anostraca ont été décrits, élargissant les connaissances sur la biodiversité du groupe. Des travaux plus récents ont contribué à l'ajustement de la taxonomie actuelle de cet ordre (Belk et Brtek 1995, 1997 ; Brtek 1997 ; Brtek et Mura 2000 ; Rogers 2002, 2013). Des analyses moléculaires combinées aux données morphologiques ont été menées afin de clarifier les relations phylogénétiques entre les familles et les genres (Remigio et Hebert 2000, Spears et Abele 2000, Weekers *et al.* 2002).

Parmi les anostracés, le genre *Chirocephalus* a été décrit pour la première fois par Petiver, en 1709, sous le nom de «*Squilla lacustris minima, dorso natante* » (Baird, 1850). En 1755, Scholsser a signalé sa présence à Norwich, en Angleterre, en le qualifiant d'insecte inconnu. La première description a été donnée par Shaw (1791) ; cependant, ce dernier a cru devoir rapporter cette espèce au *Cancer stagnalis* de Linné et l'a confondue avec *Apus pisciformes* de Schaffer. Cette confusion se retrouve, d'ailleurs, dans la littérature jusqu'en 1803, date à laquelle Prévost collecte dans la région de Montauban (France) de nombreux spécimens de cette espèce qu'il nomme alors *Chirocephalus diaphanus* (chirocéphale diaphane). L'identité de ce chirocéphale avec le *Cancer stagnalis*, décrit par Shaw, ne peut être mise en doute et c'est pourquoi Daday, en 1910, rejette la dénomination diaphane pour retenir celle de *stagnalis*. Cette opinion a été contestée par Gurney, en 1920, parce que Shaw a effectivement décrit le chirocéphale, mais l'a confondu avec le *Cancer stagnalis* de Linné, l'espèce se rapportant, selon Simon, 1886, au genre *Tanymastix*. Après le congrès international de zoologie qui s'est déroulé à Londres en 1958, la dénomination *Chirocephalus diaphanus* Prévost, 1803 a été définitivement adoptée pour cette espèce.

Actuellement, *Chirocephalus*, est le deuxième plus grand genre d'anostracés, avec 54 espèces (Rogers 2013; Cottarelli *et al.* 2017), réparties principalement dans les régions tempérées du Paléarctique avec la plus grande diversité en Eurasie (Brtek et Thiéry 1995; Brtek et Mura 2000). Brtek (1995) a divisé le genre en 5 grands groupes : *diaphanus*, *bairdi*, *spinicaudatus*, *pristicephalus* et *sinensis*. Le groupe « *diaphanus* » est le groupe le plus riche

en espèces. Mura (2001) a testé la validité de ces 5 groupes en comparant la morphologie des œufs de résistance, examinés par microscope électronique à balayage. L'analyse de ce caractère supplémentaire a donné des résultats contradictoires. Certains groupes sont facilement reconnaissables par la morphologie de leur cystes, tandis que dans d'autres cas, celle-ci est tellement variée qu'elle ne soutient aucun groupement. Une telle image controversée signifie que les informations morphologiques ne peuvent être placées dans un cadre phylogénétique.

Selon Brtek et Thiéry (1995), les espèces de *Chirocephalus* appartenant au groupe « *bairdi* » (Brtek 1995) sont «Ponto-méditerranéen». Leur répartition commence de la côte sud-est de la mer Méditerranée dans la région située entre la mer Noire et la mer de Marmara en Turquie jusqu'à Kerkyra, en Grèce et au Latium en Italie. On y retrouve entre autres, les espèces : *C. kerkyrensis* Pesta, 1936 ; *C. orghidani* Brtek, 1966 et *C. brevipalpis* Orghidan, 1953. La plupart des espèces de *Chirocephalus* rencontrées en Turquie appartiennent au groupe *bairdi* (*C. murae* Brtek et Cottarelli, 2006; *C. anatolicus* Cottarelli et al. 2007 ; *C. brteki* Cottarelli et al. 2010; *C. vornatscheri* Brtek, 1968 ; *C. algidus* Cottarelli et al. 2010; *C. cupreus* Cottarelli et al. 2007; *C. diaphanus carinatus* Daday, 1910; *C. paphlagonicus* Cottarelli, 1971; *C. ponticus* Beladjal et Mertens, 1997; *C. tauricus* Pesta, 1921 ; *C. sarpedonis* Cottarelli et al. 2017).

Les espèces du groupe «*pristicephalus*» (Brtek 1995) sont distribuées de la Serbie à la Russie *C. shadini* Smirnov, 1928. Quelques espèces sont réparties dans la région d'Europe centrale (*C. carnuntunus* Brauer, 1877). Les espèces appartenant au groupe *spinicaudatus* (Brtek 1995) présentent des aires de répartition restreintes. On retrouve en France l'espèce endémique *C. spinicaudatus* Simon, 1886, en Roumanie *C. robustus* et *C. chyzeri* que l'on retrouve aussi en Slovaquie avec *Chirocephalus slovacicus* Brtek, 1971, *C. croaticus* Steuer, 1899 en Croatie et *C. horribilis* Smirnov, 1948 en Russie. Toutes les espèces appartenant au groupe « *sinensis* » sont présentes uniquement en Chine (*C. mongolianus* Uéno, 1940 ; *C. nankinensis* Shen, 1933 et *C. sinensis* Thiele, 1907).

Le groupe « *diaphanus* » (Brtek 1995), comprend un grand nombre d'espèces de *Chirocephalus* dont la plupart est distribuée dans le bassin méditerranéen. *C. diaphanus* Prévost, 1803, est l'espèce de grands branchiopodes la plus répandue en France métropolitaine (Thiéry et Gasc 1991 ; Nourisson et Thierry 1988 ; Defaye et al. 1998). Selon Fonseca et al. (2008) cette espèce est capable de coloniser une large variété d'habitats d'eau

douces, tant en plaine qu'en haute altitude (Alonso 1996; Defaye *et al.* 1998; Mura 1999; Demeter et Stoicescu 2008). Cette espèce est également présente dans d'autres pays d'Europe occidentale (Italie, Pays-Bas, Angleterre, Espagne, Grèce...), d'Europe de l'Est (Pologne, Hongrie, Roumanie...) jusqu'à l'Arabie Saoudite en passant par des pays comme la Turquie, la Syrie, la Jordanie, Israël. L'espèce *C. salinus* Daday, 1910 appartenant à ce groupe (*diaphanus*) a été signalée dans les marais salants de l'ouest de la France, en Loire atlantique, et dans les eaux douces de Corse (France) et de Sardaigne (Italie). La plupart des espèces de *Chirocephalus* d'Italie appartiennent également au groupe « *diaphanus* ». *C. marchesonii* Ruffo et Vesentini, 1957 *C. sibyllae* Cottarelli et Mura, 1975 et *C. ruffoi* Cottarelli et Mura, 1984, sont endémiques de ce pays et vivent dans des masses d'eau de montagne à hautes altitudes.

Sur le continent africain, *Chirocephalus* n'a été signalé qu'en Afrique du Nord, y compris la Lybie où l'espèce *C. festae* Colosi, 1922 n'a été collectée qu'en Cyrénaïque (Barka). Selon Belk et Brtek (1995), ce taxon mérite une révision. Cependant, il n'existe pas d'études recensant ce genre dans le reste de l'Afrique.

Au Maghreb, la faune des larges Branchiopodes est relativement bien connue (Gauthier 1928 ; Gauthier 1933 ; Thiéry 1987 ; Beladjal *et al.* 1995 ; Samraoui et Dumont 2002 ; Samraoui *et al.* 2006 ; Kara et Amarouayache 2012 ; Van den Broeck *et al.* 2015; Marrone *et al.* 2016). Elle se caractérise par une grande diversité et un degré d'endémisme prononcé. Au Maroc, selon Thiéry (1991), le genre *Chirocephalus* n'est représenté que par une seule espèce *C. diaphanus*. Celle-ci est également fréquente en Tunisie selon plusieurs auteurs (ex. Guernsey 1909 ; Daday 1910 ; Seurat 1922 ; Massal 1951 ; Turki et Turki 2010). Dans ce pays, une deuxième espèce *C. recticornis* Brauer, 1877a été signalée par Gurney en 1909, qui ne l'a trouvée qu'une seule fois.

En Algérie, selon la littérature, deux espèces de *Chirocephalus* existent. La première, *C. diaphanus* Prévost, 1803, citée par Simon en 1886, a été identifiée par Daday en 1910 à Frais vallon (Alger), Kef El Akhdar (Médéa) et Bône (Annaba). Gauthier en 1928 a collecté cette espèce en Algérie, à Bou-Saâda (M'Sila), Letourneux (Derrag, Médéa), mare l'Eckral (Alger), forêt de Réghaïa (Boumerdès), Bône (Annaba) et Ghardimaou (entre Souk Ahras et la Tunisie). Beladjal *et al.* (1995) ont rapporté la présence de *C. diaphanus* à Theniet El Had (Tissemsilt) et enfin Samraoui *et al.* (2002) ont signalé sa présence dans plusieurs mares temporaires en Numidie.

La deuxième espèce connue en Algérie est *C. salinus* Daday, 1910. Elle a été signalée pour la première fois en Algérie par Samraoui *et al.* (2006) dans la zone côtière de l'Est de l'Algérie (Annaba), dans les mares de Laalalig et des Salines. Cette espèce a été collectée pour la première fois en tant que sous-espèce au Croisic en Loire Atlantique (France) par Daday (1910b). La description a été proposée juste après la publication de sa Monographie systématique des phyllopoques anostracés en 1910. Daday a décrit cette sous-espèce après avoir observé l'existence de différences morphologiques et de dimension entre les populations du Croisic vivant en eau douce et celles des marais salants. Les premiers, vivants en eau douce ont une forme typique tandis que ceux des marais salants sont morphologiquement différents. *C. salinus* a ensuite été considéré comme une espèce à part entière après les travaux de Cottarelli et Mura (1978), portant sur l'étude d'une population morphologiquement similaire à celle des marais salants du Croisic (Loire Atlantique) mais provenant de mares d'eau douce de Sardaigne. Selon Daday (1910), cette espèce se distingue de l'espèce *C. diaphanus* par la forme de la lame basale de l'appendice antennaire mâle. *C. salinus* a ensuite été découvert dans les mares temporaires d'eau douce, en Corse, France (Champeau et Thiery 1990).

Apparemment, toutes les espèces de *Chirocephalus*, collectées dans le paléarctique, dont la morphologie ressemble à celle de *C. diaphanus* Prévost, 1803 au sens strict de France ont été dénommées *C. diaphanus*. Selon Belk et Brtek (1995). En raison de la présence d'espèces cryptiques dans le genre *Chirocephalus*, celui-ci a besoin d'être révisé en utilisant à la fois des techniques moléculaires et morphologiques. En effet, les espèces d'anostracés algériens ont été classées en tant que *C. diaphanus* en se basant uniquement sur leurs caractères morphologiques sans étudier leur statut taxonomique et phylogénétique. Cependant, il est difficile, en raison par exemple de l'intraspecificité des espèces, de baser leur identification uniquement sur leur étude morphologique. Ce statut a besoin d'être clarifié en utilisant la génétique moléculaire. Ceci permet, lors de l'examen des caractères morphologiques, une meilleure évaluation des variations de ces espèces. Pour cela, il est important d'avoir un aperçu plus détaillé des relations phylogénétiques entre les populations maghrébines et celles d'Europe Occidentale pour mieux les définir. Une comparaison des caractères morphologiques des populations de *Chirocephalus* algériennes et ceux de *C. diaphanus* de France est indispensable afin de déterminer quelques critères discriminants permettant d'identifier les espèces algériennes.

Un échantillonnage intensif en Numidie entre 2013 à 2017 a été effectué, afin d'actualiser les connaissances sur la biodiversité des grands branchiopodes en Algérie. Celui-ci a révélé la présence de l'espèce *C. salinus*, collectée dans 38 sites de 5 wilayas (Annaba, El Tarf, Guelma, Skikda et Souk Ahras) (Ghaouaci, 2018).

Ce travail est une continuité des travaux sur l'écologie et la biologie des grands branchiopodes (Anostraca) d'Algérie dont la majorité concerne la crevette du sel *Artemia* (ex : Amarouyache *et al.* 2009 et 2010 ; Amarouyache et Kara 2017 ; Amarouyache *et al.* 2017). Il vise à mieux connaître ce groupe en général et les chirocéphales en particulier, dans le but d'actualiser les connaissances sur sa biodiversité et son écologie et d'obtenir ainsi une banque de données nécessaires pour des travaux de gestion et de protection des zones humides. Quatre aspects ont été abordés dans cette étude.

- ✓ Le premier concerne la connaissance des chirocéphales (mode de vie, adaptation...), leurs caractéristiques morphologiques (différence entre les mâles et les femelles), et la morphologie de leurs œufs. Quelques critères d'identification de l'espèce ont été donnés.
- ✓ Le deuxième concerne l'écologie et la biologie des différentes populations de *C. salinus* Daday, 1910 collectées en Numidie, dans cinq wilayas (milieux d'études, paramètres physico-chimiques, biométrie, reproduction et étude statistique).
- ✓ Le troisième est consacré à l'analyse génétique mitochondriale (COI) de plusieurs populations de *Chirocephalus*, récoltées dans plusieurs mares temporaires d'eau douce des zones humides et sub-humides d'Algérie, de France et du Maroc (réalisation de PCRs (Réaction de Polymérisation en Chaîne) après extraction de l'ADN).
- ✓ Le dernier aspect se focalise sur les illustrations, l'analyse morphologique des différentes espèces de *Chirocephalus* d'Algérie et de France (deuxièmes antennes, appendices antennaires, organes génitaux, et appendices thoraciques), la micrographie des œufs, et l'examen des types de *Chirocephalus* de France présents au Museum national d'Histoire naturelle de Paris, *C. salinus* Daday, 1910 du Croisic et *C. diaphanus* Prévost, 1803 de Guérande (Loire Atlantique).

GENERALITES SUR LE GENRE *CHIROCEPHALUS*



1. Généralités sur les anostracés

Les anostracés sont des petits crustacés, qui peuvent atteindre une longueur de 40 mm. Ils sont des habitants spécialisés des eaux temporaires (Renier *et al.* 2013), en développant des adaptations efficaces pour résister à un assèchement complet de leur biotope. Ils colonisent plusieurs types de systèmes temporaires d'eau douce, mares, fossés, ornières, tourbières et terres agricoles inondées, avec peu ou pas de prédateurs. Leur tégument est sans carapace d'où le nom du groupe d'anostracés auquel ils appartiennent. Ils nagent librement avec le ventre vers le haut. Ils ont des appendices thoraciques foliacés servant à la fois à la locomotion, à la respiration et à la filtration des particules alimentaires telles que le phytoplancton, les protozoaires et les débris organiques. Ils ont des sexes séparés avec un dimorphisme sexuel apparent, c'est-à-dire que les mâles et les femelles ont un aspect différent. En effet, les mâles ont des antennes bien développées qui servent lors de la copulation à tenir la femelle. Celle-ci a un sac ovigère tubuleux ou globuleux.

Les anostracés survivent d'année en année, développant des adaptations efficaces pour résister à un assèchement complet de leur biotope, telles que la production d'œufs appelés œufs de résistance ou cystes. Ils ont un cycle de vie court qui se déroule pendant la phase d'inondation pour une période d'un peu plus de 3 mois. Les cystes présents dans la terre ne sont pas détruits, ils y demeurent à l'état de vie latente et éclosent dès que les conditions du milieu sont redevenues favorables. Comme chez de nombreux taxons des milieux temporaires, les cystes peuvent être dispersés et coloniser de nouveaux milieux. Cette dispersion est assurée par le vent, les animaux via leurs pattes ou par l'endozoochorie (Beladjal *et al.* 2007 ; Frisch *et al.* 2007 ; Beladjal et Mertens 2009).

Parmi les anostracés, la famille des Chirocephalidae se distingue par la longueur des somites génitaux mâles et femelles adultes, supérieure à leur largeur. L'article proximal de la deuxième antenne frontale mâle est pourvu d'un appendice antennaire (serriforme). La partie basale des gonopodes est granulée ou spinuleuse (sur sa face interne). La partie apicale des gonopodes est pourvue d'une épine, de plus grande longueur et de forme différente que celle de la famille des Artemiopsidae (Brtek 1966). Les vésicules séminales sont bien développées, et situées au niveau des deux somites génitaux. Le sac ovigère est en forme de fuseau, dilaté latéralement à son extrémité distale. Il se distingue par une ouverture génitale, se terminant par deux lèvres.

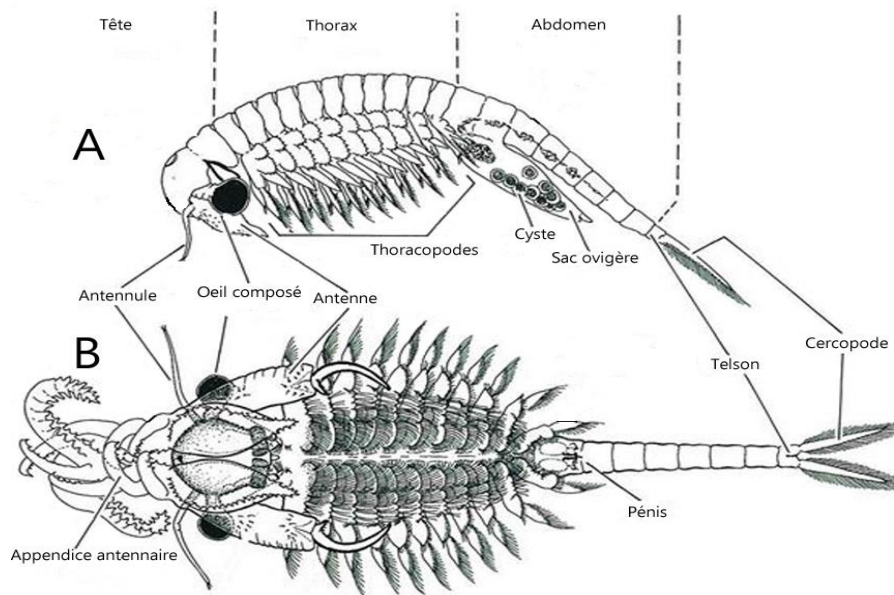


Figure 1. Schéma de *Chirocephalus* : A : Vue latérale de la femelle ; B : Vue ventrale du mâle.
Dessins modifiés, d'après Alonso (1996).

Les chirocéphales sont ovipares et produisent exclusivement des œufs de résistance ou cystes. Ce sont des embryons en diapause entourés d'une enveloppe chitineuse qui les protège contre les chocs mécaniques et les radiations ultraviolettes lors de l'assèchement du milieu. Dès que celui-ci est inondé à nouveau, les cystes éclosent et les nauplii passent par plusieurs mues avant d'atteindre l'âge adulte. La phase larvaire (Fig. 2) dure de 10 à 15 jours, puis elle est suivie d'une période juvénile d'une vingtaine de jours pendant laquelle les individus ressemblent aux adultes, mais sont sexuellement immatures. La phase adulte dure une quarantaine de jours (Nourisson 1964).



Figure 2. Larve de *Chirocephalus* (Photo de J.F.CART).

2. Présentation du genre *Chirocephalus*

2.1. Position systématique : Les chirocéphales sont des crustacés spécialisés. Leur position systématique est la suivante :

- **Classe :** Branchiopoda Latreille, 1817
- **Sous-classe :** Sarcostraca Tasch, 1969
- **Ordre :** Anostraca Sars, 1867
- **Sous-ordre :** Anostracina Weekers *et al.* 2002
- **Famille :** Chirocephalidae Daday, 1910
- **Sous-famille :** Chirocephalinae Daday, 1910
- **Genre :** *Chirocephalus* Prévost, 1803

2.2. Caractéristiques morphologiques des chirocéphales

2.2.1. Morphologie du mâle

Les mâles de chirocéphales (Fig. 3A) se distinguent par la forme de l'antenne qui est développée et généralement bi-articulées (Fig. 3B). Ils présentent une morphologie variable suivant les espèces. Les antennes servent de crochets pour maintenir la femelle pendant l'accouplement (Fig. 3C). L'article proximal antennomère de la deuxième antenne frontale développe un processus dont la morphologie est plus ou moins complexe. Cette structure porte le nom d'appendice antennaire. L'appareil génital du mâle est formé de deux organes symétriques situés au niveau des deux premiers segments abdominaux, de part et d'autre du tube digestif. Chaque organe se compose d'un testicule tubulaire auquel fait suite un spermiducte qui conflue avec une vésicule séminale à l'extrémité d'un hémipénis dévaginable. (Nourisson et Thiéry 1988).

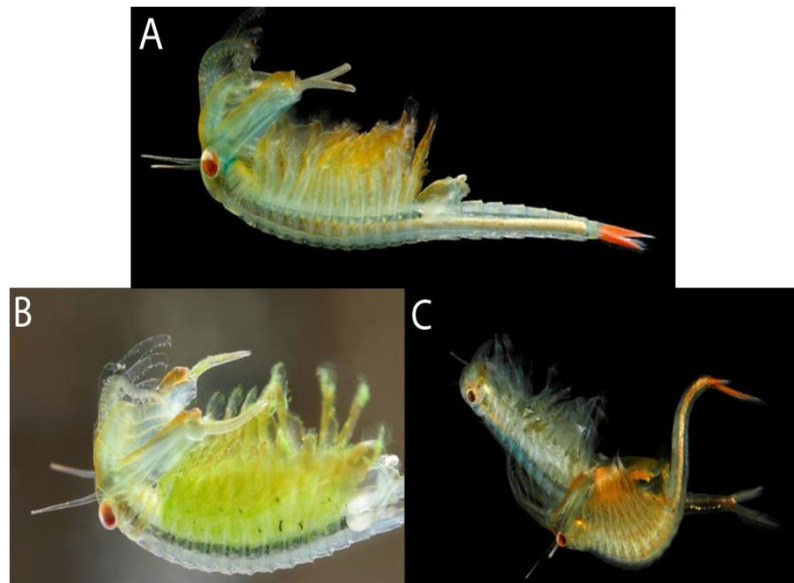


Figure 3. Morphologie d'un mâle *Chirocephalus* A : *C. diaphanus* Prévost, 1803 de France ;
B : antenne frontale *C. diaphanus* de France ; C : accouplement *C. diaphanus* de France
(Photos de J.F.CART).

2.2.2. Morphologie de la femelle

Contrairement au mâle, les antennes de la femelle de chirocéphale (Fig. 4A) sont réduites, courtes et trapues. L'appendice antennaire est absent. L'appareil génital de la femelle se compose de deux ovaires plus ou moins rectilignes, prolongés par deux oviductes qui débouchent dans un utérus impair. Les ovaires s'étendent latéralement du premier au dernier segment abdominal. L'utérus constitue une poche incubatrice ou sac ovigère, fait saillie ventralement au niveau des deux premiers segments abdominaux (Fig. 4B). L'utérus est entouré de volumineuses glandes coquillières qui sécrètent l'enveloppe externe de l'œuf (Nourisson et Thiéry 1988).



Figure 4. Morphologie d'une femelle de *C. salinus* (Daday, 1910) de Corse en France (Photo de J.F.CART) ; A : antenne frontale courte ; B : sac ovigère.

2.2.3. Morphologie des cystes

Les cystes sont sphériques, de couleur jaune orangée (Fig. 5A), enveloppés d'un chorion chitineux qui leur confère une protection contre les chocs mécaniques, les radiations ultraviolettes et les prédateurs (Persoone et Sorgeloos 1980). Leur surface est hérissée de crêtes élevées dessinant des polygones (Fig. 5B) plus ou moins réguliers (Nourisson et Thiéry 1988). Le diamètre des œufs varie en fonction de l'espèce, dépasse 400 μm chez certaines espèces de *Chirocephalus*.

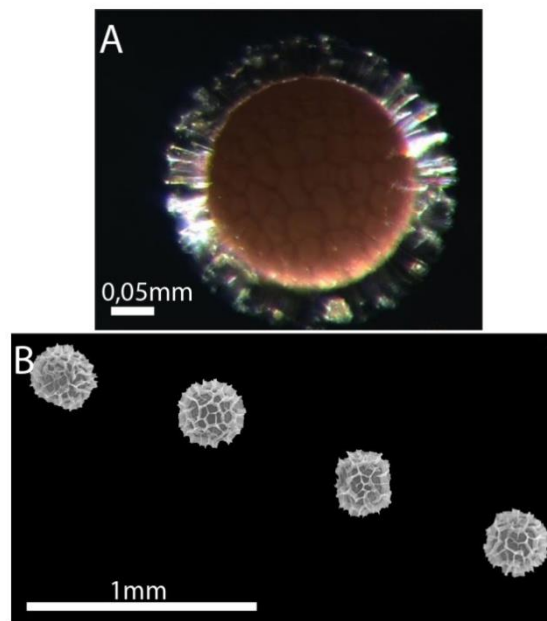


Figure 5. Morphologie des cystes de *Chirocephalus* ; A : *C. diaphanus* (Photo de Margarida Cristo) ; *C. salinus* de Sidi Salem (Algérie), (Photo de L. Boumendjel).

3. Caractéristiques morphologiques de *Chirocephalus salinus* et *C. diaphanus*

- Les caractères utilisés pour déterminer les variations morphologiques entre les espèces chez les *Chirocephalus* portent essentiellement sur des structures observées chez les mâles, visibles au microscope optique après montage entre lame et lamelle, tels que : Antenne : forme et taille de l'antennomère proximal (Fig. 6Aa), antennomère distal (Fig. 6Ab), apophyse basale de l'antennomère proximal et projection basale de l'antennomère distal (Fig. 6Af).
- Appendice antennaire : morphologie et taille de la lame basale (Fig. 6Ag), et de la lame dorsale (Fig. 6Ad). Présence ou absence des prolongements latéro-basales (Fig. 6Ac).

- Appendice génital : forme du pénis chez le mâle et du sac ovigère chez la femelle (Fig. 6Ba).
- Thoracopodes (Fig. 6C) : forme des endites, endopodites, exopodites, épipodites, préépipodites.
- Morphologie du labrum, mandibules et maxilles.
- Œufs : diamètre des œufs, pour la morphologie des œufs il faut passer à la Télégraphique.

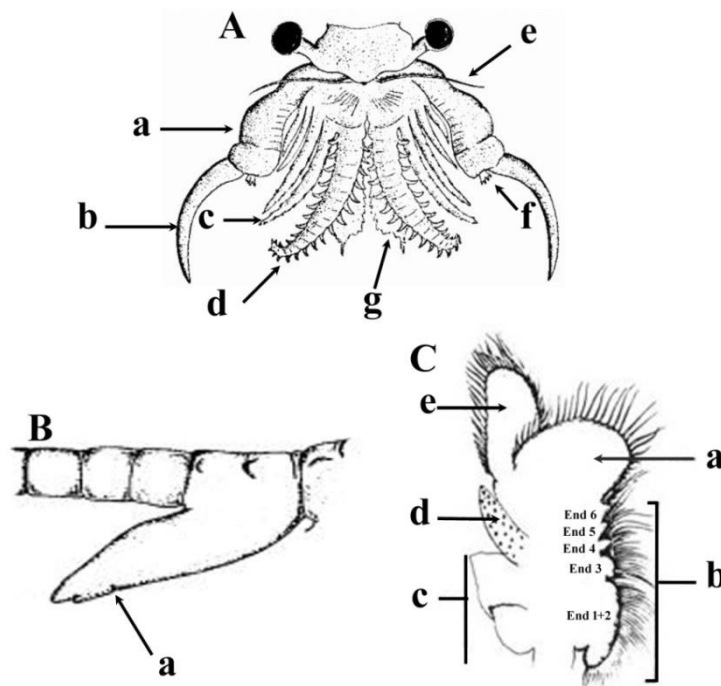


Figure 6. Clés de détermination de l'espèce *C. salinus* et *C. diaphanus* : A : région céphalique du mâle (a : antennomère proximal ; b : antennomère distale ; c : prolongements latéro-basales ; d : lame dorsale ; e : antennule ; f : projection basale de l'antennomère distal ; g : lame basale). B : Segment abdominal d'une femelle *Chirocephalus* (a : sac ovigère) ; C : thoracopode (a : endopodite ; b : endites (6) ; c : préépipodite ; d : épipodite ; e : exopodite). Dessins modifiés, d'après Daday (1910) ; Nourisson et Thiéry (1988) et Sellier (1945).

**DISTRIBUTION ET DONNEES BIOLOGIQUES DE
CHIROCEPHALUS SALINUS (CRUSTACEA, ANOSTRACA)
DANS LE NORD-EST DE L'ALGERIE**

1. Introduction

Les études concernant la distribution des grands branchiopodes des eaux continentales d'Algérie ont débuté à la fin du XIX^e siècle avec les travaux de Blanchard et Richard (1889) et se limitent à des enquêtes et des échantillonnages ponctuels (Samraoui *et al.* 2006). Les données écologiques et biologiques disponibles concernent principalement les crevettes de la saumure *Artemia* (ex. Amarouayache *et al.* 2009, Amarouayache et Kara 2017) sur lesquelles de récents travaux ont été entrepris à des fins d'aquaculture. Les anostracés d'eau douce ou les crevettes féériques sont mal connues. Parmi ce groupe, les chirocéphales vivent dans diverses eaux intérieures temporaires telles que mares, fossés, ornières et terres agricoles inondées (Thiéry 2017). Ces types de biotopes sont très abondants dans la partie Nord-Est de l'Algérie, appelée aussi Numidie de l'est dans le sens de Marre (1992). Cette région d'environ 13 420 km² est la plus humide d'Algérie (600 - 1100 mm) et abrite 80 % de la biodiversité totale du pays (de Bélair 2005 ; Ghaouaci *et al.* 2017) en faisant un véritable point chaud de biodiversité. Ses plaines retiennent les eaux de pluies en raison de la présence de cordons de dunes sableuses le long du littoral et conduisent à la formation de mares et de marécages. De nombreux sites se trouvant dans le parc national d'El-Kala ont le statut de conservation de Ramsar et revêtent une importance internationale grâce aux efforts déployés au cours de la dernière décennie par des écologistes pour protéger la biodiversité (Samraoui et de Bélair 1998, Anonyme 2004).

À ce jour, au moins 19 espèces de chirocéphales sont connues dans la région méditerranéenne Brtek (1995). En Afrique du Nord, on ne connaît que 3 espèces issues de la littérature; *C. salinus* Daday, 1910 ; *C. diaphanus* Prévost, 1803 et *C. reticornis* Brauer, 1877, de Tunisie par Gurney (1909), mais cette dernière n'a jamais été retrouvée depuis le début du siècle dernier (Marrone *et al.* 2016). La présence de *C. salinus*, uniquement en Algérie parmi les pays d'Afrique du Nord, a été rapportée pour la première fois par Samraoui *et al.* (2006) dans deux sites à Annaba (auparavant Bône). La distribution du genre est limitée aux régions bioclimatiques humides et sub-humides définies par Gauthier (1928) dans le nord du pays, où les précipitations annuelles sont supérieures à 600 mm (Gauthier 1928 ; Beladjal *et al.* 2003 ; Samraoui *et al.* 2002, 2006). Malheureusement, cette région est influencée par la pression humaine, puisque 80% du pays est représenté par le désert du Sahara. La Numidie est occupée par plus de 3 millions d'habitants et est sujette aux changements anthropologiques extrêmement rapides observés au cours de la dernière décennie, entraînant la disparition de nombreux écosystèmes d'eau douce par remplissage et/ou drainage et leur pollution. En effet,

les zones marécageuses sont indésirables et considérées comme des nids à moustiques. Au cours du siècle dernier, plusieurs espèces de poissons ont été inoculées, en particulier *Gambusia affinis*, prédateur potentiel de petits invertébrés, y compris de grands branchiopodes (Haiahem *et al.* 2017).

Nous présentons ici les premières données sur la répartition du genre *Chirocephalus* en Numidie (Annaba, El-Tarf, Skikda, Guelma et Souk Ahras). L'objectif est de contribuer à la connaissance de la biodiversité du genre afin de recueillir des informations utiles pour l'évaluation et la conservation futures des écosystèmes menacés. La répartition géographique, les exigences écologiques et certains aspects de la biologie de quelques populations sont fournis.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieux d'études

Au total 38 sites ont été échantillonnés entre 2013 et 2017 (Fig. 7), pendant la période humide de décembre à avril dans l'Est algérien (Annaba, El-Tarf, Skikda, Guelma, Souk-Ahras). Les sites sont localisés à des altitudes comprises entre 1 m au-dessus du niveau de la mer et plus de 1000 m. a.s.l. Ils incluent plusieurs types de biotopes tels que mares temporaires, fossés de route, terres agricoles inondées, bassins artificiels, tourbières et même un cours d'eau (Tahouna) (Fig. 8). La profondeur varie entre un centimètre environ et 2,5 m au maximum et les superficies de moins d'un mètre à un hectare environ. Les conditions météorologiques dans les 5 wilayas concernées sont résumées. Les paramètres physico-chimiques : salinité, température, solides totaux dissous, oxygène, potentiel hydrogène, conductivité ont été mesurés lors de l'échantillonnage à l'aide d'un multi paramètre de terrain (Hanna HI 9829).

Pour l'étude biologique et écologique, le choix des localités dépend du nombre des individus mâles et femelles adultes disponible dans chaque site.

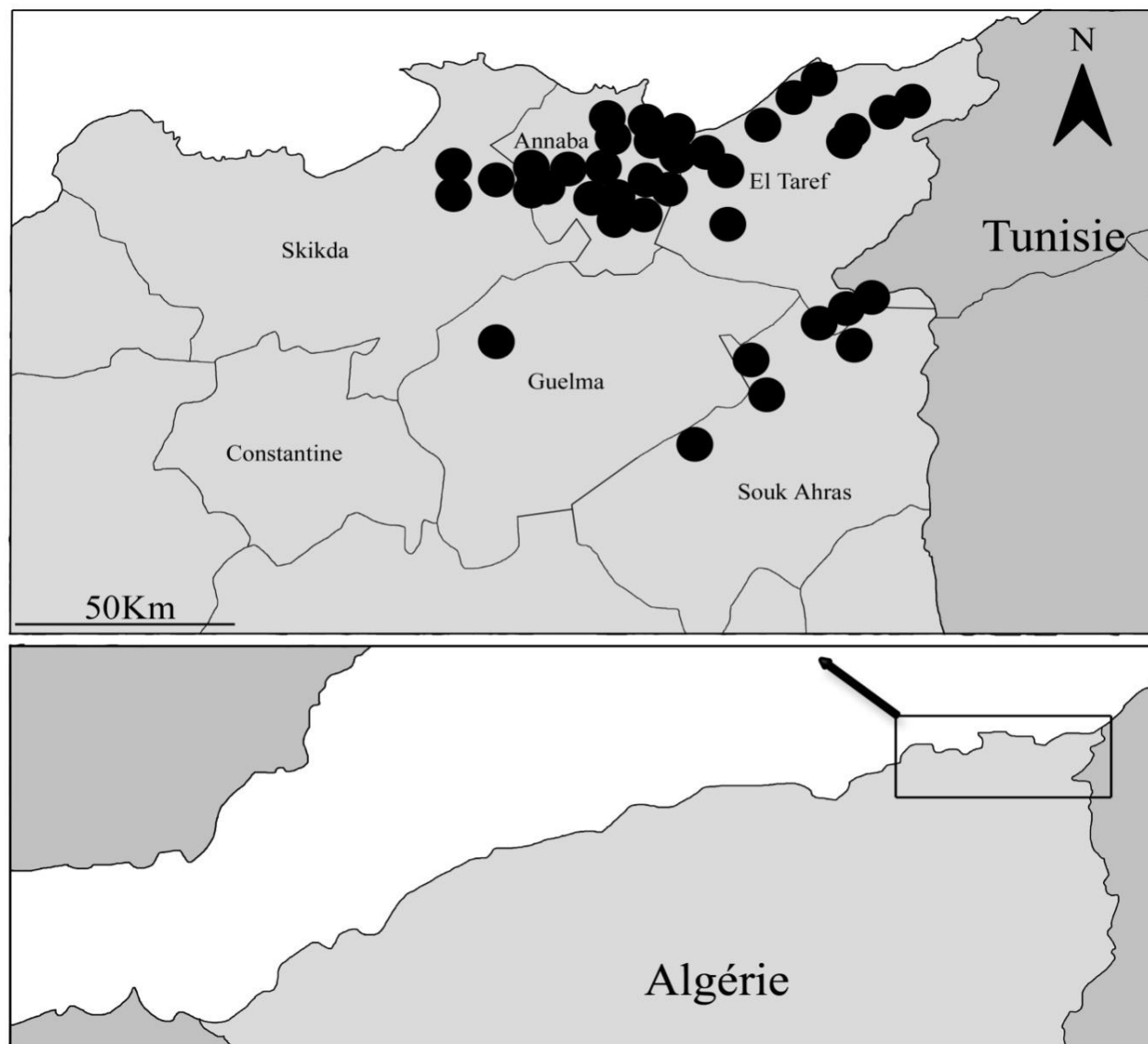


Figure 7. Localisation géographique des différents sites hébergeant le genre *Chirocephalus* au Nord Est algérien.

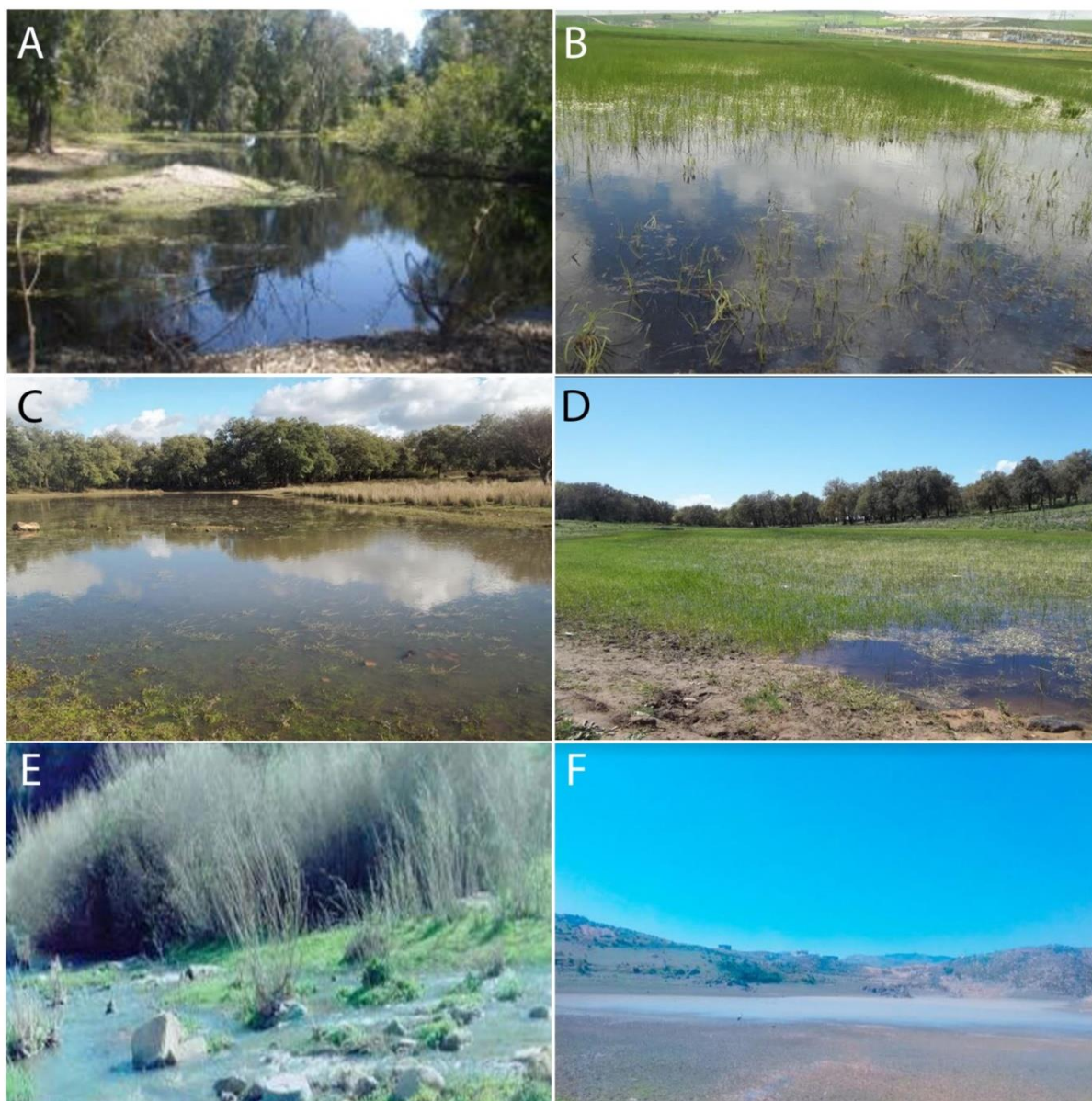


Figure 8. Quelques biotopes de *C. salinus* Daday, 1910 en Algérie ; (A, B, C, D © G. Gouasmia ; E, F © A. Harkat) ; A : Mare Souk Rguibet (El Tarf) ; B : Mare Ain Seynour (Souk Ahras) ; C : Mare El Batha (Souk Ahras) ; D : Mare El Malahmar (Souk Ahras) ; E ; Mare El Tahouna (Souk Ahras) ; F : Mare Lamouadjén (Souk Ahras).

2.2. Climat des régions d'étude

2.2.1. Région d'Annaba

La wilaya d'Annaba est située à l'extrême Est du pays, ouverte sur le littoral méditerranéen avec une côte de 80 km. Elle possède un climat méditerranéen, humide en hiver et chaud en été. La pluviométrie varie entre 650 et 850 mm/an et la température moyenne varie entre 14°C et 34°C (ANDI 2015). Presque toutes ses zones humides se situent sur la plaine au même niveau que celui de la mer.

2.2.2. Région de Souk Ahras

La wilaya de Souk Ahras se situe à l'extrême Est du pays et présente un relief avec une altitude moyenne de 1000 m au Nord et de 650 m au Sud. Situé sur l'Atlas tellien, elle est exposée aux influences climatologiques méditerranéennes d'une part, et désertiques d'autre part (sub- humide). L'été est chaud et sec avec une température moyenne de 25° à 32° C respectivement en juillet et août et un hiver froid et humide avec des températures moyennes entre 1° et 15° C en janvier avec une moyenne de précipitation de 650 mm/an au nord et 350 mm/ an au sud. On relève un certain nombre de jours de gel qui augmente du littoral vers l'intérieur (ANDI 2015). Les mares temporaires de la région se trouvent généralement en montagne.

2.2.3. Région de Skikda

La wilaya de Skikda se situe dans le Nord-Est du pays, dans l'espace géographique compris entre l'Atlas tellien et le littoral méditerranéen. Elle appartient aux domaines bioclimatiques humides et sub-humides, au climat à variante douce et tempérée au niveau littoral et froid à l'intérieur. Les températures sont douces en hiver (11°C en janvier) et chaudes en été (24°C en août) sur le littoral, alors qu'au niveau du territoire intérieur où les amplitudes sont plus marquées, la température est moins douce en hiver 9°C et chaude en été 27°C (ANDI 2015). Les précipitations moyennes annuelles sont de 1078 mm/an. Ce taux de précipitations ainsi que la présence d'un cordon dunaire favorisent la formation de plusieurs mares temporaires après les pluies ou par résurgence, qui constituent le complexe des zones humides de Guerbes Sanhadja, d'importance internationale.

2.2.4. Région d'El Tarf

Situé à l'extrémité Est du pays, la région d'El Tarf se caractérise par plusieurs sites humides classés par la convention de Ramsar (1971), et forme ce que l'on appelle le complexe humide d'El Kala. Les conditions climatiques différenciées se trouvent du Nord au Sud de la wilaya d'El Tarf, le domaine sub-humide chaud et humide, est réparti du Nord-Ouest au Nord-Est. La température la plus froide est en moyenne de 16°C en janvier et février, alors que juillet et août sont les mois les plus chauds avec une température moyenne de 33°C. La moyenne des précipitations annuelles sur 17 ans (1996 - 2003) est de 838 mm. Le mois le plus pluvieux est décembre. Comme la région de Skikda, le taux de pluies élevé et le cordon dunaire favorise la formation de mares et de marécages. Ces derniers se situent au même niveau d'altitude que celui de la mer.

2.2.5. Région de Guelma

La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est du pays, dans la région sub-humide à semi-aride. Elle se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage du Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. La région est caractérisée par un climat froid et pluvieux en hiver et chaud en été. La température moyenne varie de 4°C en hiver à 35,4°C en été, avec une moyenne annuelle de 17,3°C. Quant à la pluviométrie, elle est de 526 mm/an à la station de Guelma (ANDI 2015).

2.3. Echantillonnage

L'échantillonnage des chirocéphales a été réalisé à l'aide d'un tamis de 400 µm de vide de maille pour les pré-adultes et les adultes identifiables. Ils ont été récupérés et conservés dans de l'alcool à 96° pour servir à l'étude génétique et dans du formol à 4 % pour l'étude morphologique.

2.4. Identification des chirocéphales

Les chirocéphales ont été identifiés selon Daday (1910 a, b; 1913) ; Cottarelli *et al.* (1978), Nourisson et Thiéry (1988). Les caractères utilisés portent essentiellement sur des structures observés chez les mâles tels que : la deuxième antenne frontale, l'appendice antennaire, l'appareil génital, les appendices thoraciques.

2.5. Etude écologique et biologique des chirocéphales

2.5.1. Abondance des individus

L'abondance des individus est désignée approximativement par + lorsqu'il y a au moins un individu mais que le nombre reste très faible quel que soit l'effort d'échantillonnage, ++ lorsqu'il y a assez d'individus pour faire l'étude biologique et +++ lorsqu'il y a plusieurs individus dans un seul trait du tamis d'échantillonnage.

2.5.2. Biométrie

Au total, 612 individus adultes (mâles et femelles) entre 24 populations, ont été mesurés du bord antérieur de la tête au bord postérieur de la furcae (Fig. 9) sous un stéréomicroscope, équipé d'un micromètre oculaire.



Figure 9. Longueur totale à la fourche d'un chirocéphale (Photo modifié d'après J.F.CART).

2.6. Reproduction

➤ Sex-ratio

Il est exprimé par la formule $SR = \text{nombre de mâles} / \text{nombre de femelles}$.

➤ Fécondité

La fécondité représente le nombre moyen d'œufs de résistance produits par portée. Elle est rapportée à la longueur totale des femelles et un coefficient de corrélation est calculé.

➤ Diamètre des cystes

Les cystes de chaque population ont été récupérés après dissection des sacs ovigères des femelles. Ils ont été hydratés à l'eau douce pendant 2h. Leur diamètre a été ensuite mesuré en utilisant un micromètre monté sur microscope oculaire (gr $\times 10$). Le nombre de cystes (n) mesuré varie entre 11 et 228 en fonction du nombre de femelles ovigères disponibles. Il est important d'utiliser des cystes au développement complet (portant des ornements).

2.7. Etude statistique

Le coefficient de corrélation est calculé entre la longueur totale des femelles et la fécondité, pour chaque site et déterminé en utilisant le logiciel Excel (Microsoft Excel, 2013).

3. Résultats

3.1. Caractéristiques environnementales des populations de chirocéphales

Les données environnementales et l'abondance des différentes populations sont listées dans le tableau 1.

Tableau 1. Sites échantillonnés et paramètres physico-chimiques.

Site	Type de site	Wilaya	Coordonnées géographiques	Surface (m ²)	Altitude (m)	T (°C)	Conductivité (µm/cm)	TDS (ppm)	Salinité (psu)	Oxygène (%)	DO (mg/l)	pH	Abondance
El Tahouna	Mare	Souk Ahras	36°19'52.67"N 7°54'0.41"E	30	2	-	-	-	-	-	-	-	+++
Les Salines	Fossé	Annaba	36° 50.34'N 07° 47.46' E	<1	1	12,8	431	215	0,21	-	-	7,61	+++
Cité Rym	Mare		36°52'43.34"N 07°43'38.31"E	5000	2	16,7	722	361	3	51	5,56	8,03	+
Oued El Nil	Mare		36°49'53.01"N 07°38'2.78"E	20	21	10,6	302	151	0,15	46,5	5,05	8,78	+
El Malahmar	Mare	Souk Ahras	36°25'42.94" N 08°13'40.86 "E	2700	847	13,7	151	71,16	0,1	-	-	7,66	++
Lahnancha	Mare		36°12'48.01"N 07°41'30.39"E	3500	789	-	-	-	-	-	-	-	+
Lamouadjén	Mare		36°22'42.88"N 8°08'40.02"E	5435	900	-	-	-	-	-	-	-	+
Ain Zana	Etang		36°23'50.95"N 8°12'49.48"E	140	920	-	-	-	-	-	-	-	+
Ain Sanour	Mare		36°17'53.67"N 07°54'0.47"E	5000	200	12	447,66	210,91	0,2	-	-	7,54	+
El-Batha	Mare		36°25'50.31"N 08°14'35.42"E	5000		17,7	130	68	0,05	-	-	6,89	+
Berrihene	Etang	El Tarf	36°50'02.40"N 08°06'44.34"E	5000	16	10,7	346	173	0,17	-	-	7,28	+++
Echatt	Fossé		36°49'13.77"N 07°49'38.76"E	10	2	14,8	549	274	0,25	75,1	7,58	7,8	++
Les salines	Mare	Annaba	36°49'59.77"N 07°47'56.10"E	100	2	11,9	1559	779	0,84	85,5	9,3	8,65	+
Ain-Magroun	Mare	Skikda	36°50'20.99"N 07°17'01.17"E	5000	19	9,4	154	77	0,07	36,5	4,18	7,13	++
Boukhadra	Mare	Annaba	36°52'18.75"N 07°43'33.68"E	5000	2	13,2	2022	1011	1,04	40	4,1	8,99	+
Jnen Echouk	Mare	El Tarf	36°40'54.67"N 07°43'59.22"E	200	20	16,4	331	165	0,16	61	5,88	8,51	+
Souk Rguibet	Mare		36°53'42.2"N 08°17'29.6"E	5000	6	15,7	343	172	0,17	-	-	6,16	+++

El-Kous	Mare		36°48'35.23"N 07°51'57.79"E	5000	6	16,5	334	167	0,16	69	6,92	8,38	++
Boutheldja 1	Fossé		36°46'36.88"N 08°13'17.04"E	20	16	9,2	157	80	0,07	50	5,79	7,6	++
Boutheldja 2	Mare		36°46'37.33"N 08°13'17.03"E	5000	17	9,5	193	96	0,09	47,9	5,5	8,04	++
El-Hadjar	Mare	Annaba	36°46'58.81"N 07°44'19.68"E	5000	11	16,6	441	220	0,21	76,1	7,33	8,3	++
El-Frine	Fossé	El Tarf	36°50'22.38"N 08°25'39.65"E	20	31	21,8	533	267	0,28	78,2	6,78	7,69	+++
El-Asfour	Mare		36°39'13.71"N 07°56'36.24"E	500	70	9,8	218	109	0,1	61,5	6,91	7,49	++
El-Karma	Canal	Annaba	36°45'35.50"N 07°40'41.42"E	50	15	21,6	968	484	0,48	54,7	4,72	-	+++
Ben M'hidi	Fossé	El Tarf	36°46'22.44"N 07°53'41.14"E	10	7	12	7135	3560	3, 96	93	9,8	7,42	+++
El Eulma 1	Mare	Annaba	36°41'04.58"N 07°37'44.80"E	10	90	19,6	1641	820	0,83	69,8	6,25	8,16	+
El Frine	Mare	El Tarf	36°49'46.44"N 08°25'16.01"E	5000	27	17,1	423	181	0,11	97,1	9,24	8,95	++
Bir Osmane	Mare	Guelma	36°26'20.73"N 07°16'34.89"E	10.000	403	17,5	498	246	0,24	34,5	3,22	7,1	+++
Sidi Salem	Mare	Annaba	36°50'30.72"N 07°49'37.52"E	500	2	16,3	484	242	0,35	59,3	5,77	7,74	+++
Draoueche	Mare	El Tarf	36°50'48.47"N 08°4'29.37"E	31	1	15,7	347	175	0,17	48,3	4,71	7,16	+++
Lalaalig	Fossé	Annaba	36°45'35.50"N 07°40'41.42"E	2	2	21,1	1559	220	0,21	76,1	-	8,3	+++
Chbaita Mokhtar	Mare		36°46'7.04"N 07°44'17.16"E	50	10	15,4	502	251	0,24	48,3	4,76	7,77	+
Aib Ammar	Mare		36°49'43.32"N 07°35'1.20"E	100	16	12	296	151	0,14	27	2,87	8,58	+
El Makroun (Tacha)	Fossé	Annaba	36°52'04.52"N 07°25'03.43"E	50	9		-		0,12	-	-	-	+++
BelKroun	Trou	Skikda	36°51'59.13"N, 7°23'37.35"E	16	9	10,9	262	130	0,12	32,9	3,6	7,15	++
Ben Azouz	Mare		36°51'12.80"N, 07°17'34.85"E	500	13		-	-	0,09	-	-	-	+
Mechtat (Ain Guedida)	Trace de Tracteur	Annaba	36°43'35.8"N 7°27'45.00"E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++
El Eulma 2	Mare		36°44'23 9"N 7°25'13"E	-	-	20,7	539	270	0.26	27,2	2,4	7,3	+

- La salinité des sites échantillonnés est comprise entre un minimum de 0,05 psu à El-Batha et un maximum de 3,96 psu à Ben M'hidi. La température est comprise entre 9,22°C (Boutheldja) et 21,84°C à El Frine.
- Le pH est essentiellement neutre, comme données extrêmes, la tourbière de Souk Rguibet présente un pH acide de 6,16 et le site d'El-Frine présente un pH basique de 8,95. La teneur en oxygène dissous est comprise entre un minimum de 2,87 mg/L (Aïb Amar) et un maximum de 9,8 mg/L à Ben M'hidi.
- La conductivité est comprise entre 130 µS/cm dans le site El-Batha et 7135 µS/cm en tant que valeur maximale à Ben M'hidi.
- La concentration totale des sels dissous (TDS) dans l'eau est remarquablement élevée dans le fossé de Ben M'hidi, à 3560 ppm, tandis que la plus faible est de 68 ppm enregistrée dans le site d'El-Batha.
- Les sites les plus pauvres en chirocéphales durant notre visite ponctuelle sont El Eulma 1, Boukhadra, Jnen Echouk, Ain Seynour, Cité Rym et les plus riches sont Bir Osmane, Sidi Salem, Draouèche, Lalaalig, El-Karma, Ben M'hidi, El-Frine, Les Salines, Berrihène, Souk Rguibet.

3.2. Paramètres biologiques et écologiques

3.2.1. Biométrie des adultes

Le tableau 2 liste les tailles moyennes des mâles et des femelles jusqu'à la fourche dans les différents sites. Les longueurs totales moyennes à la fourche des mâles sont comprises entre un minimum de 9,46 mm dans Les Salines (mare) et un maximum de 22,54 mm au site El Kous. Les femelles ont une taille moyenne jusqu'à la fourche d'un minimum de 10,56 mm enregistré dans El Malahmar et un maximum de 20,64 mm au site El Frine.

Tableau 2. Longueurs totales à la fourche (LTf) en mm (moyenne $\pm$ E.T.), des femelles (♀) et des mâles (♂) de *C. salinus* des différents sites échantillonnés.

Site	Date	Nombre mâles	Ltf males	Nombre femelles	Ltf femelles
Bir Osmane	19/03/2015	38	12,14 $\pm$ 1,08	33	12,13 $\pm$ 1,37
Les Salines (mare)	13/01/2015	9	9,46 $\pm$ 2,01	16	11,30 $\pm$ 2,01
Ain Seynour	22/03/2015	6	14,62 $\pm$ 3,15	3	19,82 $\pm$ 2,33
Berrihène	-	23	13,64 $\pm$ 1,90	24	14,27 $\pm$ 2,37
Laalalig	20/02/2017	8	19,18 $\pm$ 2,68	—	—
El Frine	22/03/2015	2	17 $\pm$ 3	2	19,5 $\pm$ 0,5
El Frine (fossé)	13/03/2015	5	21,48 $\pm$ 1,45	4	20,64 $\pm$ 0,98
Souk Rguibet	13/03/2015	38	15,49 $\pm$ 1,49	22	14,46 $\pm$ 0,5
Aéroport (fossé)	02/01/2015	2	14,53 $\pm$ 1,26	1	15
El Hadjar	15/01/2015	2	14,53 $\pm$ 0,12	2	15,8 $\pm$ 1,58
Draouche	15/01/2015	4	13,43 $\pm$ 0,79	7	13,39 $\pm$ 0,48
El Eulma	22/03/2015	—	—	-	20,49 $\pm$ 1,63
Boutheldja vigne	01/01/2015	25	16,61 $\pm$ 3,85	31	15,27 $\pm$ 3,56
El Karma	22/03/2015	3	20,80 $\pm$ 1,22	4	19,55 $\pm$ 2,72
Ben M'hidi	02/01/2015	21	15,35 $\pm$ 0,97	21	14,75 $\pm$ 1,13
El Malahmar	18/03/2017	31	9,81 $\pm$ 1,56	30	10,56 $\pm$ 1,4
El Kous	15/01/2015	3	22,54 $\pm$ 1,08	2	17,75 $\pm$ 0,75
El Asfour	mars-15	8	17,32 $\pm$ 1,2	4	15,52 $\pm$ 0,53
Jnen El chouk	15/01/2015	4	18,35 $\pm$ 3,67	1	17
Face Rym (Boukhadra)	23/12/2014	—	—	1	11,08
El Batha	26/02/2014	2	16,55 $\pm$ 0	6	17,25 $\pm$ 0,56
Sidi Salem	13/03/2015	36	14,76 $\pm$ 0,79	127	14,11 $\pm$ 1,007
Cité Rym	10/12/2013	—	—	1	18,19

3.2.2. Reproduction

Le tableau 3 liste les valeurs de, la sex-ratio, la fécondité, et le diamètre des cystes chez les femelles des chirocéphales dans les différents sites.

- La sex-ratio est soit en faveur des mâles, soit en faveur des femelles selon les sites. Dans les différents sites étudiés qui hébergent *C. salinus*, elle varie entre un minimum de 0, 28 et 1,72 lorsque les deux sexes sont présents dans l'échantillon.

- La fécondité moyenne la plus faible est observée chez la population de *C. salinus* d'El Malahmar avec 4,22 cystes/portée et la plus élevée chez celle d'Ain Seynour avec 228 cystes/portée.
- Le diamètre des cystes de *C. salinus* est compris entre un minimum de $287,79 \pm 14,26$ μm chez la population d'El Malahmar (Souk Ahras) et un maximum de $336,02 \pm 22,05$ μm chez la population de Berrihène.
- La taille à la première maturité sexuelle est comprise entre une taille minimale de 10 mm observée chez la population des Salines (mare), Bir Osmane et El Malahmar et une taille maximale de 14 mm chez la population de Berrihène.

Tableau 3. Sex-ratio, fécondité et diamètre des cystes chez les différentes populations de chirocéphales.

Sites	Sex ratio	Fécondité (cystes/portée)	Diamètre des cysts (μm)
Bir Osmane	1,15	$21,84 \pm 8,51$	$327,35 \pm 34,11$
Les Salines (mare)	0,56	$22,33 \pm 13,52$	$326,47 \pm 19,46$
Ain Seynour	2	228	-
Berrihène	0,95	$51,16 \pm 22,16$	$336,02 \pm 22,05$
El Frine	1	211 ± 6	$332,03 \pm 23,92$
El Frine (fausse)	1,25	$57,33 \pm 50,44$	-
Souk Rguibet	1,72	$37,16 \pm 18,13$	$331,02 \pm 23,82$
Aéroport (fossé)	2	11	-
Draouche	0,57	$37,5 \pm 5,5$	-
Boutheldja vigne	0,80	$116,5 (76,9)$	$327,94 \pm 28,08$
El Karma	0,75	117 ± 37	-
Ben M'hidi	1	39,33	$303,52 \pm 32,20$
El Malahmar	1,03	$4,22 \pm 1,58$	$287,79 \pm 14,26$
El Kous	1,5	—	-
El Asfour	2	$43,5 \pm 1,5$	$312,57 \pm 49,87$
Jnen El chouk	4	—	-
El Batha	0,33	$30,83 \pm 12,1$	-
Sidi Salem	0,28	$19,80 \pm 11,81$	-

3.3. Etude statistique

Le test de de corrélation entre la longueur totale à la fourche (LTf) des femelles et la longueur totale à la fourche des mâles (LTm) montre qu'il existe des différences significatives entre les longueurs des populations des différents sites échantillonnés Fobs = 1,26 et que les femelles sont toujours plus grandes que les mâles et Fthéo = 4,30; $\alpha = 0,05$.

Tableau 4. Test statistique de corrélation.

	Effectifs	Ltm	Ltf	Fecund	Tem	Sal	PH	Oxy
Effectifs	1,00							
Ltm	-0,31	1,00						
Ltf	-0,43	<u>0,92</u>	1,00					
Fecund	-0,38	0,43	<u>0,60</u>	1,00				
Tem	-0,01	0,17	0,31	0,44	1,00			
Sal	0,04	-0,04	-0,09	-0,10	-0,11	1,00		
PH	-0,18	0,54	<u>0,56</u>	0,34	0,16	-0,04	1,00	
Oxy	-0,14	<u>0,63</u>	<u>0,57</u>	0,27	0,13	0,50	0,56	1,00

4. Discussion

Chirocephalus salinus Daday, 1910 a été rarement signalé en Méditerranée, au Croisic en Loire Atlantique et dans la réserve Tre Paddule en Corse en France (Daday 1910 ; Champeau et Thiéry 1990) dans plusieurs mares temporaires en Sardaigne en Italie (Cottarelli et Mura 1978) et dans les mares temporaires de Laalalig et Les Salines en Numidie selon Samraoui *et al.* (2006). Cependant, aucune donnée n'est disponible sur son histoire de vie. Un échantillonnage intensif a montré que cette espèce, longtemps confondue avec *C. diaphanus* Prévost, 1803 (Simon 1886, Daday 1910, Gauthier 1928, Samraoui *et al.* 2002), est répandue dans le nord-est de l'Algérie et que son aire de répartition correspond à la limite entre les régions subhumides et semi-arides vers le sud (AM, Obs. pers.).

Chirocephalus salinus a été récolté dans 38 sites parmi les 47 échantillonnés (80%) susceptibles d'abriter des anostracés étant habités par *Lepidurus apus* (Notostraca) et/ou *Cyzicus tetracercus* (Spinicaudata). Il s'agit d'une des rares espèces d'anostracés signalée dans

la région en plus de *Tanyastix stagnalis* (Linnaeus 1758) qui co-habite avec *C. salinus* dans le champ sablonneux d'El-Frine (Ghaouaci 2018) et avec une nouvelle espèce de chirocéphales dans la région de Guesrbes Sanhadja qui sera décrite dans les chapitres suivants. *C. salinus* fréquente plusieurs types de mares temporaires dont la superficie varie entre quelques centimètres et environ un hectare. Il s'agit de fossés, de traces de tracteurs, de « trous », tourbières, terres agricoles inondées et exceptionnellement un cours d'eau (Tahouna). Les eaux courantes ne devraient pas abriter les anostracés, il s'agit d'un cas rare où les chirocéphales d'une mare avoisinante ont été entraînés par les eaux d'une rivière. Selon Rogers (2014), les biotopes hébergeant les grands branchiopodes sont exclusivement remplis par les pluies et les eaux de surface. Cette idée n'est pas soutenue puisque les tourbières et les mares à fond sablonneux de la Numidie se remplissent généralement les dernières par résurgence (Belouahem-Abed *et al.* 2009). Parmi les biotopes les plus fréquents, les champs agricoles inondés. La présence très fréquente des chirocéphales dans ce type de mares serait probablement liée à l'inoculation des œufs de résistance avec des graines, comme observé dans d'autres régions (Marrone 2017).

Plusieurs études ont montré que la distribution des grands branchiopodes dépend des facteurs biotiques et abiotiques tels que la présence/absence de prédateurs, la couverture végétale (Hamer et Appleton 1991), les précipitations, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Dumont et Negrea 2002) et la composition géochimique du sol (Rogers 2014). *C. salinus* d'Algérie est présent dans les eaux de pluie (0,05 psu) ainsi que dans l'eau salée (jusqu'à 4 psu), où les sels proviennent de l'eau de mer drainée via des cours d'eau vers certains sites situés au niveau de la mer. Hormis le premier signalement de cette espèce dans les marais salants du Croisic, les autres sites de Corse et d'Italie sont d'eau douce.

Dans la région méditerranéenne, caractérisée par un climat tempéré, les masses d'eau se remplissent après les premières fortes pluies de novembre et sont généralement sèches à partir du mois de mai. L'enquête mensuelle a montré que les individus adultes de *C. salinus* sont généralement apparus en décembre et parfois plus tard en février dans les tourbières (Ain-Magroun, Souk-Rguibet) et ont complètement disparu en mars lorsque les têtards sont devenus abondants. Ceci est en accord avec les observations de Cottarelli et Mura (1978) pour les populations italiennes et montre un cycle de vie assez long chez cette espèce. Même si la température mesurée lors de l'échantillonnage était comprise entre 9° C et 21° C, il convient de noter que la température de l'air diurne peut varier entre 0°C comme dans la région de Souk Ahras, à plus de 27° C dans la journée, ce qui influe la température de l'eau dans des

mares de quelques centimètres. Ceci montre la tolérance de l'espèce vis-à-vis des variations des paramètres physico-chimiques du milieu. De telles observations ont été rapportées pour d'autres espèces d'anostracés (Mura et Zarattini 2000).

La taille et la fertilité des adultes de *C. salinus* sont extrêmement variables d'une population à l'autre. Selon Nourisson (1964), il existe des formes naines et des formes géantes de chirocéphales. Les formes géantes se rencontrent dans les eaux troubles, probablement en raison de la grande quantité de nourriture disponible. En effet, c'est dans les sites troubles que l'on a trouvé les plus gros individus (ex : Souk-Rguibet). Inversement, le nanisme peut être lié à de faibles niveaux de nourriture ou à une densité élevée d'individus (Wurtsbaugh et Gliwicz 2001). La compétition entre deux espèces, dont l'aire de répartition est proche, pourrait également entraîner une différenciation de la taille et de la fécondité observée chez les populations de *Phallocryptus spinosa* des lacs salés d'Algérie, où la population vivant avec *Artemia salina* était nettement plus importante que les autres (Amarouyache 2014). La population de *C. salinus* d'El-Frine cohabitait avec *Tanymastix stagnalis* était significativement plus fertile que la majorité des populations étudiées.

Malgré la large distribution de *C. salinus* en Numidie, la présence de cette espèce reste menacée par plusieurs facteurs. La rapidité avec laquelle ses habitats sont détruits est alarmante; des sites (ex : mare de Sidi Salem) ont disparu juste après notre visite à Annaba et à El-Tarf, par remplissage, pour des projets de construction. D'autre part, l'apport en eau diminuera certainement à cause des changements climatiques rapides conduisant à la sécheresse, et de l'augmentation de l'exploitation des eaux souterraines pour l'agriculture et l'industrie. Même si de nombreux plans d'eau permanents ont bénéficié de mesures de conservation, en raison de la présence d'oiseaux d'eau migrateurs (Samraoui et Samraoui 2008), les mares temporaires sont négligées en raison du manque de connaissances sur leur importante faune d'invertébrés (Ghaouaci *et al.* 2017; 2018). Des mesures de conservation sont nécessaires de toute urgence pour protéger ces habitats vulnérables et leur biodiversité.

**ANALYSE PHYLOGENIQUE DU GENRE *CHIROCEPHALUS*
PREVOST, 1803 EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE ET
CLARIFICATION DU STATUT DES ESPECES *C. SALINUS* ET
C. DIAPHANUS DE L'ALGERIE**

1. Introduction

La biodiversité des chirocéphales est peu connue en Algérie. Le genre *Chirocephalus* Prévost, 1803 a été cité pour la première fois d'Algérie par Simon (1886) qui a découvert l'espèce *C. diaphanus* Prévost, 1803 au Frais-Vallon, près d'Alger, au Kef-el-Akdar (Médéa) et à Bône (actuellement Annaba). Cette espèce a été ensuite nommée par Daday, 1910 *C. stagnalis* Show, qui a rejeté la dénomination de *diaphanus*. Dans son travail extensif sur les crustacés des eaux continentales d'Algérie, Gauthier (1928) a, par la suite, rapporté la présence de *C. stagnalis* (= *C. diaphanus*) dans plusieurs localités des régions humides et sub-humides (compris entre 700 et 800 mm/an). Cette espèce a ensuite été signalée par Beladjal *et al.* (1995) à Theniet El Had (Tissemsilt), ensuite par Samraoui et Dumont (2002) dans plusieurs sites du Nord Est algérien.

La deuxième espèce de chirocéphales, *C. salinus* Daday, 1910 a été signalée pour la première fois en Algérie par Samraoui *et al.* (2006) dans deux mares de la région d'Annaba, dans la zone côtière de l'Est de l'Algérie, sans pour autant en donner une description morphologique.

En Algérie, aucune étude phylogénétique moléculaire sur les espèces de *Chirocephalus* n'a été réalisée. Les informations sur la relation phylogénétique entre les espèces de *Chirocephalus* du Maghreb et celles de l'Europe occidentale ne sont pas encore connues. Dans ce travail, des analyses phylogénétiques ont été réalisées afin de vérifier les différentes lignées du genre *Chirocephalus* existant en Algérie et connaître les liens phylogéniques qui existent entre les espèces algériennes et ceux d'Europe occidentale et du Maroc. Pour cela, des PCRs (Réaction de Polymérisation en Chaîne) ont été réalisés après extraction de l'ADN sur ces anostracés. Les séquences obtenues ont été utilisées pour élaborer des phylogénies et ainsi répondre à notre problématique initiale.

2. Matériel et méthodes

2.1. Echantillonnage des chirocéphales

Les spécimens ont été collectés sur le terrain, à l'aide d'un tamis de 400 µm, entre décembre 2015 et mars 2017. Les sédiments ont été recueillis lorsque les mares temporaires étaient à sec durant notre visite. L'élevage des différentes populations à partir de 200 g de sédiments contenant les œufs de résistance des chirocéphales a été effectué dans un récipient de 20 L contenant de l'eau distillée. La température de l'eau était comprise entre 12 et 16°C,

le cycle de lumière naturelle jour/nuit et l'aération était continue grâce à un aérateur. Les spécimens se nourrissaient d'algues et de bactéries développées dans ces sédiments. Certains spécimens, obtenus à partir d'élevage au laboratoire, ou d'échantillons sur le terrain, ont été conservés dans de l'éthanol à 96 % afin de les rendre accessible à l'analyse moléculaire. Les autres ont été conservés dans du formol à 4% puis repassés à l'alcool pour l'étude morphologique.

Les détails des sites d'échantillonnage utilisés pour la génétique moléculaire sont fournis dans la figure 10 et le tableau 5.

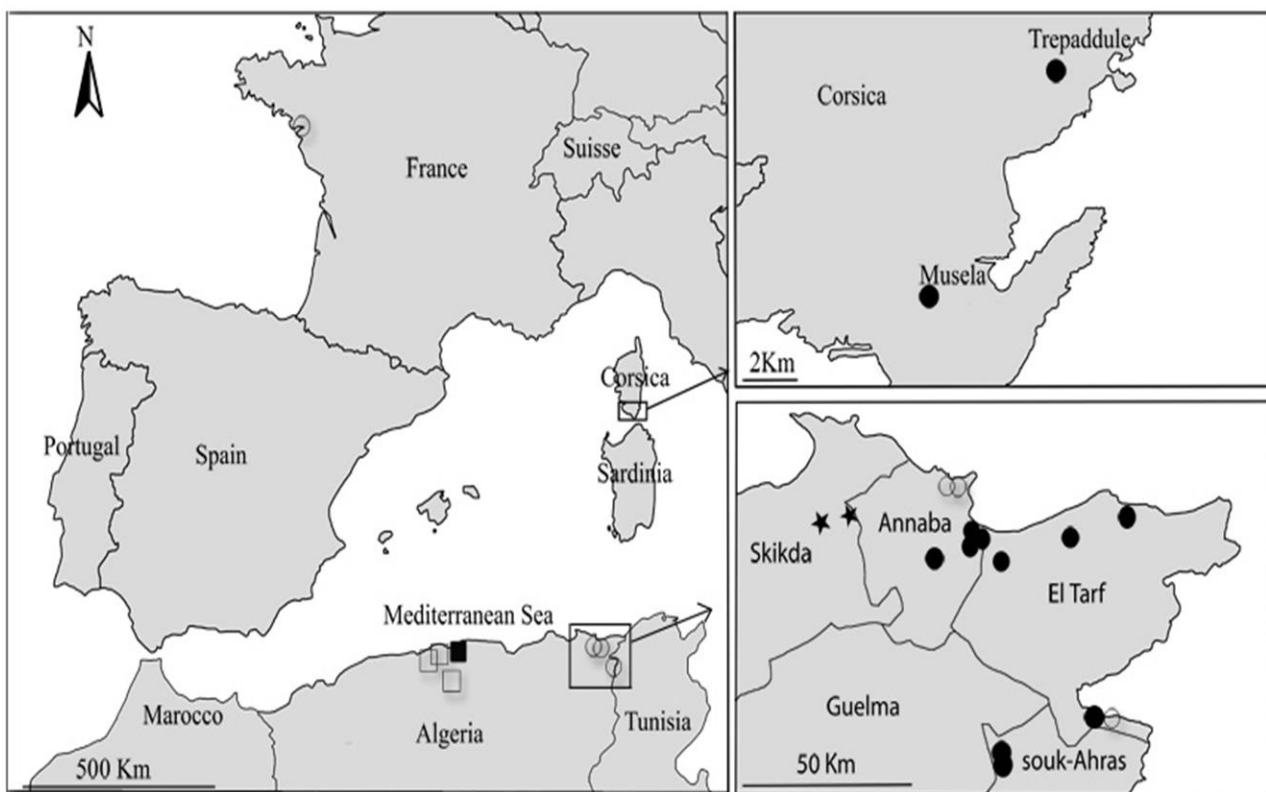


Figure 10. Carte illustrant la répartition des populations de *Chirocephalus* Daday, 1910 testées pour la génétique en Algérie et en Corse. Présente étude : ● Localités de *C. salinus*, Etoile : Localités de *C. sanhadjaensis* (Ain-Magroun) ; ■ Localités de *Chirocephalus* sp6. (Réghaïa). Etudes antérieures : □ Localités de *C. diaphanus* (Alger) ; ○ Localités de *C. diaphanus* de Bône (Annaba).

Tableau 5. Informations sur les populations de *Chirocephalus* analysées dans cette étude.

Espèces	Localités	Régions	Coordonnées géographiques	Date de fixation	Nom du collecteur	Collecte sur terrain /élevage
<i>Chirocephalus</i> sp	Ain-Magroun	Skikda	36°50'20.99"N, 7°17'01.17"E	10/06/2016	S. Ghaouaci et L. Boumendjel	élevage L. Boumendjel et N. Rabet
				06/12/2016		
				16/12/2016		
				05/01/2017		
				02/03/2017	M. Amarouayache	collecte sur terrain
<i>C. salinus</i> Daday, 1910	Ben M'hidi	El Tarf	36°46'22.44"N, 7°53'41.14"E	02/03/2017	M. Amarouayache	collecte sur terrain
	Souk-Rguibet		36°53'42.2"N, 8°17'29.6"E	09/06/2016	M. Amarouayache	élevage L. Boumendjel
				26/01/2017		
				21/02/2017		
				17/03/2017		
	Berrihène	36°50'02.4"N, 8°06'44.34"E	11/02/2017	M. Amarouayache	collecte sur terrain	
	Tahouna	Souk Ahras	36°46'59.77"N, 7°43'50.10"E	18/03/2017	A. Harket et S. Litim	collecte sur terrain
	08/03/2017					
	Ain Seynour		36°17'53.67"N, 7°54'0.47"E	08/03/2017		
	El Malahmar		36°25'42.94"N, 8°13'40.86"E	09/05/2016	G. Gouasmia	Elevage L. Boumendjel
				18/03/2017	A. Harket et S. Litim	collecte sur terrain
	Sidi Salem		36°50'30.06"N, 7°49'35.47"E	10/05/2016	S. Ghaouaci et L. Boumendjel	Elevage L. Boumendjel
				05/01/2017		
				26/01/2017		
				17/03/2017		
	Lalaalig	Annaba	36°45'35.50"N, 7°40'41.42"E	02/03/2017	M. Amarouayache	collecte sur terrain
	Les Salines		36°50' 34"N, 7° 47.46' E	02/03/2017		
	Aéroport I		36°48'57.9"N, 7°48'25"E	02/03/2017		
<i>Chirocephalus</i> sp	Boudouaou	Boumerdes	36°44'29.80"N, 3°22'6.73"E	09/03/2017	L. Boumendjel	Elevage L. Boumendjel N. Rabet M. Amarouayache
<i>C. salinus</i> Daday, 1910	Tre Paddule	Corse	41°27'56.75"N, 9°14'31.66"E	03/05/2017	L. Sorba	Elevage N. Rabet
				27/02/217	J.F.Cart	Elevage N. Rabet)

2.2. Etude génétique

2.2.1. Extraction d'ADN

Un prélèvement de tissus d'environ 1 mm³ a été effectué à partir de pattes. Un total de 114 individus de différentes espèces de *Chirocephalus*, *Lepidurus* sp, *Cyzicus* sp, et *Tanyastix stagnalis* de différents sites d'Algérie, *C. salinus* de Corse collecté par L. Sorba et J.F Cart, *C. diaphanus* de Guérande (zone des marais salants du Croisic) en France collecté par A. Soilleux. Chaque fragment a été déposé dans l'un des puits d'une plaque en contenant 96 tubes, avec très peu d'alcool à 96 % afin de la faire sécher. Pour digérer les tissus, un mélange de 2,5 ml de BP (Protéinase Buffer) Protéinase K et 18 ml de T1 (Lysis Buffer) a été préparé. Un volume de 200 µL de ce mélange a été déposé dans chaque puit. La plaque a ensuite été placée dans une étuve à 65° C pendant 12h. La fin des étapes a été réalisée grâce au robot (Eppendorf ep Motion 5075), semi-automatique. Pour cela, les tampons suivants : respectivement BQ1 (Guanidinium hydrochloride 50-66 %), BW (Wash Buffer, Guanidinium hydrochloride 36-50 % et 2-propanol 20-50 %), B5 (Wash Buffer), BE (Elution Buffer) ont été préparés dans une gouttière puis déposés dans le robot avec la plaque des échantillons d'ADN. Une fois l'extraction finie, la plaque a été retirée du robot, les puits fermés avec un film en aluminium et conservé à -20°C.

2.2.2. Amplification de l'ADN par PCR

Pour l'amplification par PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne), un fragment du gène COI a été amplifié en utilisant l'amorce directe LCO1490 50-GGTCAACAAATCATAAAGATTGG-30 et l'amorce inverse HCO2198 50-TAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-30 (Folmer *et al.* 1994). La réaction PCR a été réalisée dans un volume total de 20 µl. Chaque réaction contenait la composition suivante : 12,44 µl (H₂O), 2 µl (Tampon Taq10x coralLoad), 1 µl de DMSO (DiMéthyl SulfOxyde), 1 µl de BSA (Sérum d'Albumine Bovine), 0,8 µl de dNTP (DésoxyNucléotide TriPhosphate), 0,32 (COIH), 0,32 µl (COIL), 0,12 µl de Taq (ADN polymérase recombinante, Quiagen) et 2 µl de l'ADN. Un témoin négatif constitué du mélange sans ADN a été effectué pour chaque PCR afin de vérifier l'absence de contamination. La plaque a été fermée avec un film, centrifugé et déposée dans le Thermocycleur (Biometra® ou Bio-Rad C1000 Touch Thermal Cycler). Ce dernier a automatisé la réaction de PCR avec les cycles suivants:

- 1-Dénaturation initiale (5 min à 94° C)
40 cycles pour les étapes 2,3 et 4
- 2-Dénaturation (30 s à 94° C)
- 3-Hybridation des amorces (30 s à 50° C)
- 4-Elongation (1 min 30 s à 72° C)
- 5-Elongation terminale (8 min à 72° C)

Une électrophorèse sur gel d'agarose 2 % a été réalisée afin de vérifier la présence et la taille de l'ADN amplifié. Pour cela, un mélange de 0,8 g d'agarose et 40 ml de TAE (Tris-acetate-EDTA) et 0,8 μ de BET (un agent intercalant de l'ADN : Bromure d'Ethydium) a été préparé. Chaque puit du gel a été rempli avec 3 μ l de PCR (sans ajout de colorant et de glycérol initialement contenu dans le tampon CoralLoad) et le dernier puit du témoin avec 1,2 μ l de marqueur XIV (14). La migration a été effectuée dans une électrophorèse contenant du TAE, réglé à 100 volts pendant 20 min. La lecture a été effectuée dans une chambre à UV, qui révèle la présence du BET. Les produits de PCR, dont la migration sur le gel est visible et positive (Fig. 11), ont été envoyés pour séquençage par la méthode de Sanger *et al.* (1977) à l'entreprise de service de séquençage « Eurofin » MWG Operon (Allemagne). Ils y sont séquencés dans les deux sens à l'aide des amorces *forward* et *reverse* (LCOI et HCOI) que nous avons fourni à l'entreprise.

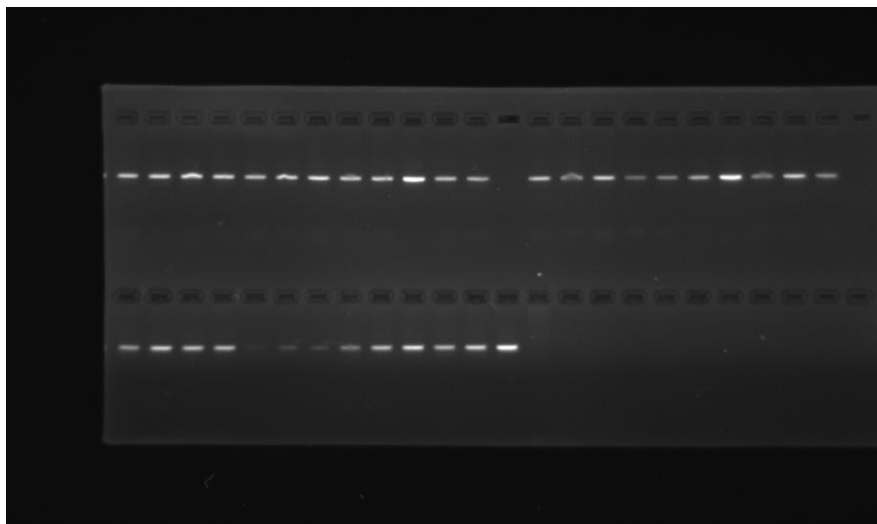


Figure 11. Visualisation après coloration au BET et électrophorèse sur gel d'agarose à 2 %.

2.3. Alignement et analyse phylogénétique

Les 114 séquences d'ADN d'Algérie et de France obtenues ont été nettoyées manuellement à l'aide du logiciel Chromas version 2.6.4 puis alignées en utilisant l'alignement multiple CLUSTALW (Thompson *et al.* 1994) dans le logiciel Geneious version 11.1.4. Un « BLAST » dans le site NCBI a été effectué pour s'assurer d'une contamination. Nous avons aussi utilisé 46 individus de différentes espèces de *Chirocephalus* et *Eubbranchipus grubii* de France (séquencés par N. Rabet et T. Bagni). Au final nous avons obtenu 106 séquences, lisibles (contenant 17 intercalaires), des différentes espèces de *Chirocephalus* de France et d'Algérie (dont 79 séquencées par L. Boumendjel; 5 par T. Bagni et 22 par N. Rabet). Elles ont été regroupées en haplotypes avant analyse génétique en utilisant le logiciel Geneious.

Au total, 32 haplotypes de *Chirocephalus* d'Algérie et France ont été ainsi obtenues et vont être déposées dans GenBank (Tabl 6). Plusieurs séquences de *Chirocephalus* disponibles, ont été extraites de GenBank (Tabl. 7) et ont permis de couvrir l'aire de répartition du genre en Europe et en Afrique du Nord (cf. Ketmaier *et al.* 2003; Ketmaier *et al.* 2012; Zarattini *et al.* 2013; Reniers *et al.* 2013 ; Cottarelli *et al.* 2017). La nouvelle séquence d'*Eubbranchipus grubii* de France (séquencée par N. Rabet) a été utilisée en tant que groupe externe, comme étant un autre genre appartenant à la famille des Chirocephalidae.

Le logiciel Gblock a été utilisé pour vérifier les positions mal alignées et les régions divergentes des séquences. Nous avons fait le choix de ne pas avoir de données manquantes en réduisant le nombre de séquences utilisables dans Genbank. Au total, 62 haplotypes de *Chirocephalus* et *Eubbranchipus grubii* (groupe externe) de 543 pb ont été alignés.

Pour la construction de l'arbre phylogénétique nous avons utilisé deux méthodes :

- Le NJ (Neighbour-joining) avec un bootstraps 1000 répliques que l'on trouve dans le logiciel Geneious Tree Builder.
- L'analyse de maximum de vraisemblance (*Maximum Likelihood*- ML) qui a été réalisée avec PhyML v3.0_360-500M (Guindon et Gascuel 2003) dans le site LIRMM phylogénie mode à la carte avec un bootstraps 100 répliques. Le modèle d'évolution utilisé est le (ML): HKY85+G+1 (G = 1,83) (Hasegawa, Kishino et Yano 1985).

Les différents résultats obtenus permettent d'évaluer la fiabilité de nos hypothèses phylogénétiques.

Tableau 6. Nouvelles séquences obtenues des espèces de *Chirocephalus*.

Code Haplotype	Séquence utilisée	Espèce de <i>Chirocephalus</i>	Haplotype	Séquencé par	Localités	
M1	5B6spAM	<i>C. sanhadjaensis</i>	5B3spAM	L. Boumendjel	Ain-Magroun (Skikda)	
M2	3B6spAM	<i>C. sanhadjaensis</i>	-	T. Bagni		
S1	5C3saBR	<i>C. salinus</i>	5C6saBR	L. Boumendjel	Berrihène (El Tarf)	
			5C1saBR			
			5A11saBR			
S2	5C12saML	<i>C. salinus</i>	3B5saML	T. Bagni	El Malahmar (El Tarf)	
			5E3saML	L. Boumendjel		
			5C11saML			
			5C10saML			
			5E1saML			
			5C9saML			
			5E2saML			
S3	5C2saBR	<i>C. salinus</i>	5A7saSR	L. Boumendjel	Souk Rguibet (El Tarf)	
			5A6saSR			
			5A9saSR			
			5A3saSR			
			5A2saSR		Corse (France)	
			5D1saCO			
			5A12saBR			
			5C5saBR			Berrihène (El Tarf))
S4	5F12saSS	<i>C. salinus</i>	5F6saSS	L. Boumendjel	Sidi Salem (Annaba)	
			5F9SASS			
			5F11saSS			
			5F10saSS			
			5F5saSS			
			3G2saEH	T. Bagni	Ben M'hidi (El Tarf))	
			6E3saBM	L. Boumendjel		
			6A3saBM			
			5H10spLS		Les Salines (Annaba)	
			6B1saLS			
			5H9spLS		L. Boumendjel	Lalaalig (Annaba)
			5H2spLG			
			5H4spLG			
			5H3spLG			
			5G11spLG			
5H1spLG						
5H7spLG						

S5	5F4saSS	C. salinus	5H1spLG	L. Boumendjel	Lalaalig (Annaba)
			5G11spLG		Les Salines (Annaba)
			5H9spLS		
S6	6E2spAR	C. salinus	6F1spAR	L. Boumendjel	Aéroport (Annaba)
			6C1saLS		Les Salines (Annaba)
			5H11spLS		
			5H12spLS		
			6A1saLS		
S7	6H2saBM	C. salinus	6C3saBM		Ben M'hidi (El Tarf))
S8	5G7saAS	C. salinus	5E8saTH	L. Boumendjel	Tahouna (Souk Ahras)
			5E9saTH		
			5F1saTH		
			5E12saTH		
			5E6saTH		
			5E7saTH		
			5E11saTH		
			5G6saAS		Ain Seynour (Souk Ahras)
			5G1saAS		
			5G4saAS		
S9	5D7saCO	C. salinus	5D8saCO	T. Bagni	Corse (France)
			5D3saCO		
			5D2saCO		
			3G1saCO		
			5D4saCO		
S10	6B3saBM	C. salinus	-	L. Boumendjel	Ben M'hidi (El Tarf)
S11	5H1saLG	C. salinus	-		Lalaalig (Annaba)
S12	5G12saLG	C. salinus	-		Lalaalig (Annaba)
S13	6H3saBM	C. salinus	-		Ben M'hidi (El Tarf)
S14	6G3spBM	C. salinus	-		Ben M'hidi (El Tarf)
S15	5D6saCO	C. salinus	-		Corse (France)
S16	6D2saAR	C. salinus	-		Aéroport (Annaba)
S17	1B1saSS	C. salinus	-		T.Bagni
S18	6C2saAR	C. salinus	6A2spaR	L. Boumendjel	Aéroport (Annaba)
			6G1spaR		
D1	2B5diCD	C. diaphanus	2C5diCD	N. Rabet	Chamarande (France)
			3C2diRG		Regneville (France)
			3D2diRG		
			3B4diAC		Anctoville (France)
			3C4diAC		
			5D12diGU	L. Boumendjel	Guérande (France)
			5D11diGU		

D2	1F7diCH (Chambord)	<i>C. diaphanus</i>	ID8diMR	N. Rabet	Marville (France)
			IC8diMR		
D3	2D2diBV (Bouconville)	<i>C. diaphanus</i>	2G2diNC		Nancy (France)
			2H2diNC		
D4	1H8diMN	<i>C. diaphanus</i>	1G8diMN		Mennecy (France)
D5	3F6diSG	<i>C. diaphanus</i>	-		Camp Signes Mare 2 Var (France)
D6	3G6diSG	<i>C. diaphanus</i>	-		Camp Signes Mare 2 Var (France)
D7	2C4diMJ	<i>C. diaphanus</i>	-		Méjannes le Clap Gard (France)
D8	3F5diAP	<i>C. diaphanus</i>	-		Ampus Var (France)
D9	3B7diBC	<i>C. diaphanus</i>	-		Bonne Cogne - Gonfaron Var (France)
D10	3C7diBC	<i>C. diaphanus</i>	-		Bonne Cogne - Gonfaron Var (France)
B1	6F3spBD	<i>Chirocephalus</i> sp6	6C4spBD	L. Boumendjel	Réghaïa (Boumerdès)
Z	3F7spIZ	<i>Chirocephalus</i> sp1	-	N. Rabet	Plateau d'Itzer, Khenifra mare 9 (Maroc)
P2	2H1snSR	<i>C. spinicaudatus</i>	-		Saron (France)

Tableau 7. Données sur les séquences nucléotidiques COI de Genbank utilisées dans la présente étude.

Taxon	N° d'accension	Localité	Haplotype	Référence
<i>C. kerkyrensis</i> Pesta, 1936	JN246508.1	Sud de l'Italie Francavilla sul Sinni, Basilicate, mare Avena	H6	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246505.1	Albanie Cepa, Dumre – mare Merhojes	H3	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246503.1		H1	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246526.1	Grèce Kokkini, île de Corfou,- mare KO3	H24	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246529.1	Grèce Kokkini, île de Corfou,- mare KO4	H27	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246511.1	Italie centrale Circeo National Park, Latina, - mare T3	H9	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246512.1	Italie centrale Circeo National Park, Latina, – mare T3	H10	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)

	JN246515.1	Italie centrale Circeo National Park, Latina, – mare T3	H13	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246519.1	Italie centrale	H17	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246516.1	Italie centrale Castel Porziano, Rome, - mare A1	H14	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
	JN246521.1	Italie centrale Nettuno, Rome – Bosco di Fogliano	H19	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
<i>C. ruffoi</i> Cottarelli et Mura, 1984	AY188999.1	Italie	cytochrome oxidase subunit I (COI) gene	Ketmaier <i>et al.</i> (2016)
<i>C. marchesoni</i> Ruffo et Vesentini, 1957	JN246530.1	Italie Lac de Pilato-Marche	H28	Ketmaier <i>et al.</i> (2012)
<i>C. sibyllae</i> Cottarelli et Mura, 1975	AY189001.1	Italie Palazzo Borghese-Marche (AP) 1700 m	cytochrome oxidase subunit I (COI) gene,	Ketmaier <i>et al.</i> (2003).
<i>C. salinus</i> Daday, 1910	AY189000.1	Ozieri-Sardaigne	cytochrome oxidase subunit I (COI) gene	Ketmaier <i>et al.</i> (2003).
<i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803	JX990360.1	Bulgarie: Rila	BRilV2	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990335.1	Espagne Doñana	SDonM3	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990344.1	Maroc (Benslimène)	MBensV1	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	AY188996.1	Italie	cytochrome oxidase subunit I (COI) gene	Ketmaier <i>et al.</i> (2003)
	JX990358.1	Chaillevette (Nouvelle- Aquitaine)	4FChaiM2	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990355.1	Lac des Rives (Occitanie)	FLarivM1	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990350.1	Roque Haute (Occitanie)	FRoquehV1	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990353.1	Leucate (Occitanie)	4FLeuV1	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990339.1	Pays-Bas: Vijlen	5VijlM1	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990345.1	Flassans sur Issole (Provence-Alpes-Côte d'Azur)	FVarloV1	Reniers <i>et al.</i> (2013)

	JX990347.1	Valliguières (Occitanie)	FValligV2	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	MF458642.1	Sud Est de la France	P_RCL2_01	Corse <i>et al.</i> (2017)
	JX990337.1	Portugal: Sagres	PsagV1	Reniers <i>et al.</i> (2013)
	JX990338.1	Portugal: Sagres	PSagM1	Reniers <i>et al.</i> (2013)

3. Résultats

3.1. Arbres phylogénétiques

Au total, 61 haplotypes de chirocéphales et une séquence *Eubbranchipus grubii* (groupe externe) de 543 pb ont été alignés. La construction de l'arbre phylogénétique par la méthode NJ (Neighbour-joining) et l'analyse du maximum de vraisemblance (*Maximum Likelihood-ML*) reconnaissent 13 lignées évolutives distinctes, intégrées dans une grande polytomie (Fig. 12). On note la présence de lignées séparées qui correspondent à différentes séquences d'espèces de *Chirocephalus* : *Chirocephalus* sp1 du Maroc (Z) ; *C. marchesoni* d'Italie, et une nouvelle espèce de *Chirocephalus* sp d'Ain-Magroun d'Algérie. Les différentes populations de *C. salinus* d'Algérie et de Corse sont regroupées dans un grand clade bien soutenu. Il en est de même pour les séquences de *C. kerkyrensis* d'Italie. Une différence remarquable est observée au sein du clade italien qui rassemble trois espèces de *Chirocephalus*: *Chirocephalus* sp1, *C. salinus* et *C. ruffoi*. Un autre clade réunit les espèces de *Chirocephalus* sp4 de Ben Slimane (Maroc) et *Chirocephalus* sp3 de Donana au sud de l'Espagne (MBen-SDon). *C. sibyllae* d'Italie présente aussi une lignée séparée. *Chirocephalus* sp6 d'Algérie présente une lignée séparée du clade *C. diaphanus* qui regroupe toutes les populations de France et des Pays Bas. Les données génétiques montrent que les différents haplotypes de *C. diaphanus* provenant de France convergent vers la division du clade *C. diaphanus* de France en trois sous-groupes, qui correspondent à des zones géographiques différentes du pays. La première lignée rassemble les populations de *C. diaphanus* du Sud de la France. La deuxième, réunit une population française du Var (FVar) avec une population du nord des Pays-Bas (NVijl). La troisième, comprend des populations du Nord de la France (D2, D3, D4, 4FLeuV1, d4FChaiM2, FLarivM1, FRoqehV1).

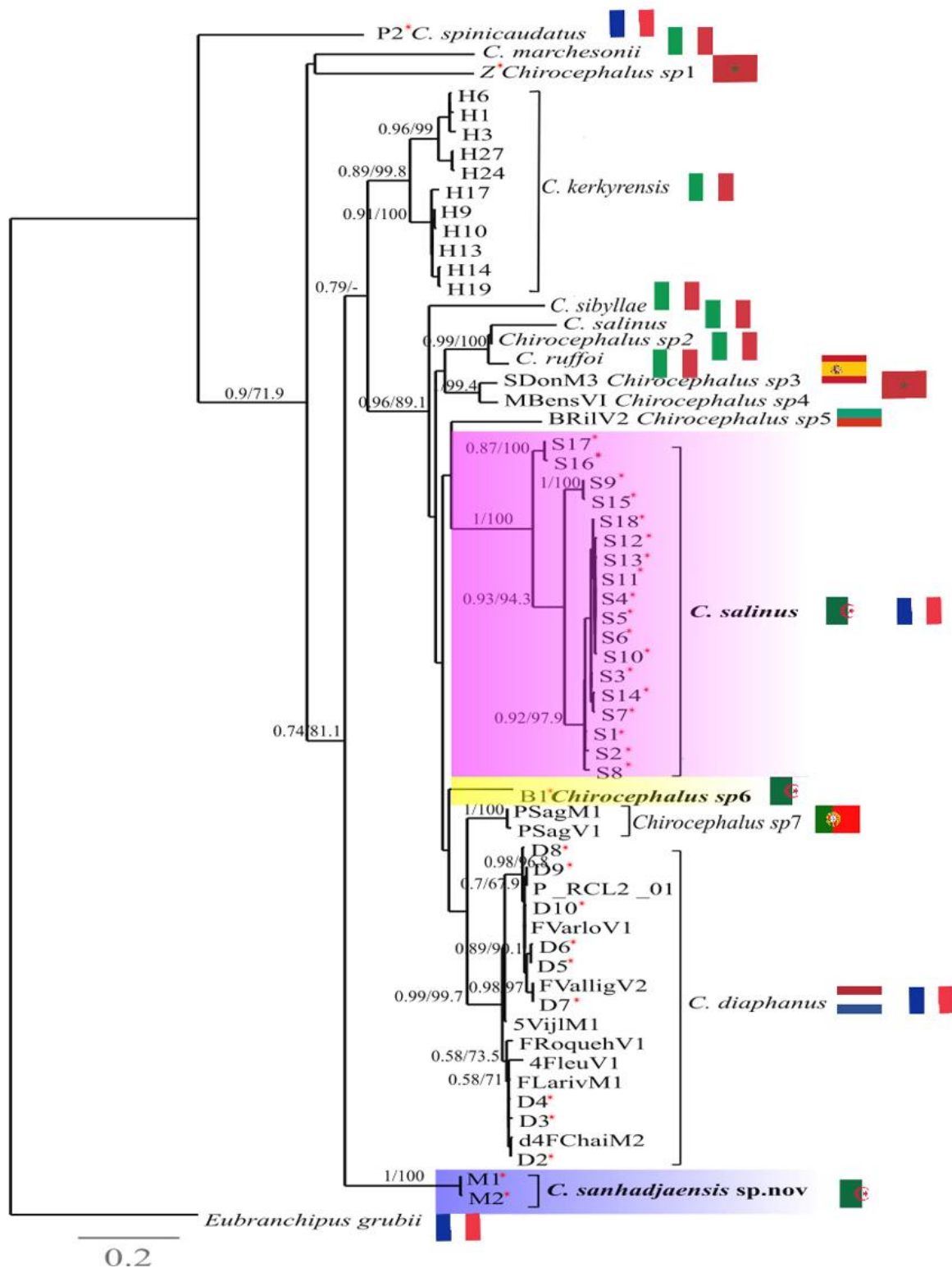


Figure 12. Arbre phylogénétique de différentes espèces du genre *Chirocephalus*, basé sur les données des séquences nucléotidiques de COI. L'arbre a été construit à l'aide de la méthode du Neighbour Joining (NJ) avec un bootstrap de 1000 répliques.

4. Discussion

L'utilisation de différentes méthodes de construction d'arbres phylogénétiques a permis de distinguer la présence de trois lignées séparées du genre *Chirocephalus* en Algérie.

- Une première lignée correspond à l'espèce *C. salinus* Daday, 1910, signalée dans les travaux de Samraoui *et al.* (2006) dans deux localités du Nord-Est algérien.
- Une deuxième lignée, nouvelle représentée par la population du complexe des zones humides Guerbès-Sanhadja (Ain-Magroun) qui semble être une espèce typique de cette région, avec une distribution limitée à cette zone. Nous avons donné le nom de cette région à cette nouvelle espèce *Chirocephalus sanhadjaensis*.
- Une troisième lignée, *Chirocephalus* sp 6 correspond à la population de Réghaïa. Nous avons proposé de la nommer « *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. ».

Ces deux nouvelles espèces algériennes méritent d'être décrites.

Au Maroc, nous avons constaté l'existence de deux lignées nouvelles de chirocéphales: *Chirocephalus* sp1 qui correspond à la population du Plateau d'Itzer, Khenifra et *Chirocephalus* sp4 de Ben Slimène. Ces deux nouvelles espèces marocaines seront décrites morphologiquement et des noms d'espèces seront proposés dans des études ultérieures.

Les espèces *C. kerkyrensis* Pesta, 1936 ; *C. sibyllae* Cottarelli et Mura, 1975 ; *C. marchesonii* Ruffo et Vesentini, 1957, représentent des lignées séparées bien soutenues ce qui confirme leur statuts taxonomiques.

Nous avons désigné sous le nom de *Chirocephalus* sp toutes ces espèces, de Réghaïa (*Chirocephalus* sp6) en passant par le Maroc (*Chirocephalus* sp4), l'Italie (*Chirocephalus* sp2), l'Espagne (*Chirocephalus* sp3), la Bulgarie (*Chirocephalus* sp5) et le Portugal (*Chirocephalus* sp7). Elles étaient jusqu'à présent désignées comme *C. diaphanus* alors que génétiquement, elles présentent des lignées nettement séparées du clade *C. diaphanus* de France et des Pays Bas qui lui, représente le vrai *C. diaphanus*, dans sa description la plus stricte. Ces espèces cryptiques méritent (Reniers *et al.* 2013,) d'être étudiées morphologiquement pour trouver les caractères qui les distinguent de *C. diaphanus*.

Le genre *Chirocephalus* se caractérise par une variation génétique intra-spécifique importante. Par conséquent, ses espèces ne sont pas souvent clairement définies, ce qui empêche une démarcation taxonomique, sur la base de caractères externes (Brtek et Thiéry, 1995 ; Mura *et al.* 2002 ; Renier *et al.* 2013). Jusqu'à présent, les études phylogénétiques et

phylogéographiques ont tenté de clarifier les relations évolutives au sein de ce genre. Certaines espèces, actuellement reconnues, devraient éventuellement être à nouveau séparées en plusieurs espèces, comme dans le cas de *C. diaphanus* sensu lato (Reniers *et al.* 2013).

La nouvelle espèce de *Chirocephalus* sp6, de Réghaïa en Algérie sera décrite et comparée avec les différentes populations de *C. diaphanus* de France, afin de préciser les variations morphologiques entre lignées. L'existence de plusieurs lignées cryptiques dans le bassin méditerranéen (Portugal, Espagne, Bulgarie, Maroc, Italie, Algérie), morphologiquement rattachées au groupe « *diaphanus* », peut être due à divers facteurs tels que la distance entre les populations, la capacité de dispersion des espèces, le relief géographique et les modèles de migrations historiques (Schaal *et al.* 1998 ; Taberlet *et al.* 1998 ; Petit *et al.* 2003 ; Stewart *et al.* 2010). L'histoire évolutive de ces espèces du groupe « *diaphanus* » a été fortement influencée par les oscillations climatiques survenues au cours du Quaternaire. La capacité de *C. diaphanus* à tolérer les conditions de gel et d'eau froide lui a probablement permis de persister, tout au long des glaciations du Pléistocène dans un refuge plus septentrional du sud de la France Renier *et al.* (2013). Selon Taberlet *et al.* (1998); Hewitt (2000) les ancêtres communs les plus récents des lignées ibérique, italienne et orientale ont précédé le début du Pléistocène, illustrant le fait que ces populations ont connu des trajectoires évolutives indépendantes, favorisant la divergence et la spéciation. Les haplotypes très divergents trouvés dans différentes zones méditerranéennes, suggèrent la présence à long terme d'un habitat convenable dans ces zones tout au long du Pliocène et du Pléistocène Cela a entraîné des niveaux élevés de diversités cryptiques autour de ces refuges, mais aussi des haplotypes plus répandus sur le continent européen et probablement aussi en Afrique (Reniers *et al.* 2013).

La phylogénie révèle que les différentes populations de *C. salinus* (Algérie –Corse) forment ensemble un groupe bien soutenu que l'on retrouve quel que soit le modèle phylogénique utilisé. L'absence des populations de *C. salinus* de Sardaigne dans le clade Algérie-France, peut être due à une hybridation des espèces de *C. salinus* de Sardaigne avec des lignées locales de *C. diaphanus* et une introgression des gènes mitochondriaux expliquant la divergence apparente entre les populations de *C. salinus* échantillonnées. Selon Reniers *et al.* (2013), l'espèce *C. salinus* pourrait être polyphylétique et la morphologie de sa lame basale ne pas être informative sur le plan taxonomique. L'hybridation pourrait expliquer la faible divergence génétique entre ces populations.

La présence de *C. salinus* en Algérie, en Corse et en Sardaigne peut être expliquée par leur situation géographique, la présence d'une connexion à travers la mer méditerranéenne entre le Nord Est de l'Algérie et les îles d'Europe occidentale, influencée par le climat (vent) de ces régions et aidée par le flux migratoire des oiseaux (Mura et Belmonte 2004). *Chirocephalus salinus* est une espèce très abondante en Algérie, trouvée dans plusieurs systèmes temporaires en Numidie. Sa distribution limitée en Europe occidentale suggère que cette espèce est originaire des zones humides et sub-humide d'Algérie et a trouvé refuge en Europe occidentale. Cette espèce a peut-être été introduite en Europe occidentale à partir de l'Algérie, dans des zones où elle a trouvé des conditions climatiques favorables ressemblant à celles de l'Algérie, d'où elles sont originaires.

L'absence de nouvelles récoltes au Croisic pourrait être due à la disparition de l'espèce en Loire Atlantique, bien que cela ne soit pas prouvé. Cette disparition pourrait s'expliquer par le fait que cette espèce n'a pas pu s'adapter aux conditions de vie de ce milieu caractérisé par le climat tempéré océanique de cette région. Par ailleurs, ces populations sont peut être sensible aux conditions de salinité du milieu dans lequel elles évoluent. En effet, Daday en 1910 l'a récolté au Croisic dans un marais salant. Cependant, toutes les récoltes que nous avons effectuées se sont déroulées dans des mares d'eau douce à l'exception du site de Ben M'hidi, légèrement salé (3,96 ppm) (voir chapitre précédent). Cela indique que cette espèce peut supporter de légers degrés de salinité de son milieu évolutif. Une augmentation de salinité de son environnement, pourrait expliquer sa disparition au Croisic.

Chirocephalus salinus est probablement une espèce originaire d'Algérie. En effet, son abondance et sa large distribution dans plusieurs régions du Nord Est algérien tend à le prouver. Cette espèce collectée au Croisic, uniquement à une seule reprise montre qu'elle n'est pas endémique de cette région et sa présence n'y était sûrement qu'accidentelle.

STATUT TAXONOMIQUE DU GENRE *CHIROCEPHALUS*

PREVOST, 1803 EN ALGERIE :

DESCRIPTION DE

***CHIROCEPHALUS SANHADJAENSIS* SP. NOV., ET**

***CHIROCEPHALUS ALGERIENSIS* SP. NOV. ET**

REDESCRIPTION DE *C. SALINUS* DADAY, 1910

1. Introduction

La faune algérienne des grands branchiopodes a fait l'objet de nombreuses études au cours du siècle dernier (Simon 1886 ; Gauthier 1928 ; Gauthier 1933 ; Beladjal 1995 ; Samraoui et Dumont 2002 ; Samraoui *et al.* 2006 ; Kara et Amarouayache 2012 ; Rais et Amarouayache 2018). Malheureusement, jusqu'à présent, les informations concernant la mise à jour des collections des grands branchiopodes d'Algérie n'est pas possible. En effet, il n'existe pas de musée d'Histoire naturelle qui pourrait recueillir les collections, dans ce pays. Les espèces de ce groupe ont besoin d'être révisées pour valider leur statut taxonomique.

Dans cette étude, nous décrirons deux nouvelles espèces de *Chirocephalus* : *Chirocephalus sanhadjaensis* Boumendjel, Rabet et Amarouayache, 2018 d'Ain-Magroun (région de Skikda) et *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. de Réghaïa (région de Boumerdès), en Algérie. Une comparaison des caractères morphologiques de la nouvelle espèce de Réghaïa, avec différentes populations de *C. diaphanus* Prévost, 1803 de France, les plus proches morphologiquement, a été effectuée afin de retenir les critères qui permettent de les distinguer. Nous fournirons également une description détaillée de l'espèce *C. salinus* Daday, 1910 d'Algérie, à partir de plusieurs populations réparties dans différentes localités du Nord Est algérien et en Corse.

Les types de *Chirocephalus* de France, existant au MNHN de Paris, ont été examinés. A cette occasion, nous avons découvert une partie de la collection du *Chirocephalus* d'Algérie ce qui a permis d'examiner ces différentes populations algériennes et confirmer leur statut taxonomique.

Nous présenterons dans ce chapitre la clé d'identification des espèces de *Chirocephalus* algériennes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Echantillonnage

Les spécimens de chirocéphales ont été récoltés sur le terrain ou après élevage au laboratoire à partir de terres provenant des mares asséchées (voir méthodes dans le chapitre précédant).

2.2. Analyse morphologique

Au total, 25 individus adultes, 19 mâles et 6 femelles, de la mare temporaire d'Ain-Magroun (Skikda) ; 13 individus adultes, 6 mâles et 7 femelles, de la mare de Réghaia (Boumerdès) et une dizaine d'individus adultes (mâles et femelles) de chaque population de *Chirocephalus*, collectés dans les quatre provinces d'Algérie (Annaba, El Tarf, Skikda, Souk Ahras) et de France (sud de la Corse) ont été examinés. Ils ont été mesurés, du bord antérieur de la tête au bord postérieur de la furcae, sous un stéréo-microscope (Nikon SMZ-1), équipé d'un micromètre oculaire. Les appendices antennaires, les deuxième antennes, les organes génitaux, le labrum, les mandibules (droite et gauche), les maxillaires (I et II) et les appendices thoraciques ont été disséqués et montés sur des lames en verre pour examen au microscope (WILD HEERBRUGG SUISSE M20-35442), équipé d'une caméra lucida.

Pour réaliser des photos au microscope électronique, les œufs ont été collectés dans le sac ovigère des femelles. Ils ont été séchés à l'air et recouverts par pulvérisation cathodique de platine dans un métalliseur (LEICA EM ACE600). Pour les micrographies, nous avons utilisé un microscope électronique à balayage MEB (HITACHI SU3500).

Les animaux d'Ain Magroun (Skikda) ont été déposés au Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) de Paris, en France.

Une comparaison complémentaire a aussi été réalisée avec la collection patrimoniale du MNHN de Paris et de la collection personnelle de Dr Nicolas Rabet (MNHN).

Les spécimens des différentes populations de *C. salinus*, *C. sanhadjaensis*. et *C. algeriensis* sp.nov. d'Algérie ont été collectés par Prof. M. Amarouayache, Dr. G. Gouasmia, Dr. A. Harkat, Dr. S. Ghaouaci, L. Boumendjel et ceux de *C. diaphanus* de France ont été collectés par N. Rabet.

2.3. Etude de la collection du MNHN de Paris

Nous avons examiné les échantillons de *Chirocephalus* d'Algérie déposés par E. Simon et H. Gauthier au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (série MNHN-IU-2007- 437, 433, 445, 420, 419, 457, 430, 422) ainsi que les types de *C. salinus* Daday, 1910 du Croisic et *C. diaphanus* Prévost, 1803 de Guérande en Loire Atlantique . La manipulation des spécimens a été limitée autant que possible. Les informations sont réunies dans le (Tabl. 8) dans lequel les noms des localités sont donnés selon les étiquettes et les noms actuels indiqués entre parenthèses.

2.4. Clé d'identification des espèces de *Chirocephalus* d'Algérie

Une clé d'identification permettant de distinguer rapidement les trois espèces de *Chirocephalus* algérienne a été effectuée, à partir des études morphologiques que nous avons réalisées.

3. Résultats

3.1. Taxonomie

Classe : Branchiopoda Latreille, 1817

Sous-classe : Sarcostraca Tasch, 1969

Ordre : Anostraca Sars, 1867

Sous-ordre : Anostracina Weekers *et al.* 2002

Famille : Chirocephalidae Daday, 1910

Sous-famille : Chirocephalinae Daday, 1910

Genre : *Chirocephalus* Prévost, 1803

3.1.1. *Chirocephalus sanhadjaensis* (Boumendjel, Rabet, Amarouayache 2018)

Étymologie : Le qualificatif spécifique «*sanhadjaensis*» fait référence au complexe de zones humides d'importance internationale de Guerbes-Sanhadja (Ramsar 2001) où sont situées les mares hôtes d'Ain-Magroun et de Belkroun.

3.1.1.1. Type de localité

Ain-Magroun est une mare d'eau douce temporaire (coordonnées : 36 ° 50'20,99 "N, 7 ° 17'01.17" E, altitude 19 m a.s.l.) (Fig. 13). La mare est située dans une prairie de la ville de Ben Azzouz (wilaya de Skikda, nord-est de l'Algérie) et fait partie du complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja. La mare a une forme ovale et une superficie d'environ 1000 m², avec une profondeur maximale de 0,5 m (Fig. 14A) et à quelques dépressions humides à sa périphérie. Elle est généralement inondée en janvier ou février et se dessèche en avril. Lors de notre échantillonnage, en janvier 2015, le pH de l'eau était de 7,13, sa conductivité de 154 µS / cm et sa température de 9,4 ° C.

Chirocephalus sanhadjaensis semble être limité à la localité type et à deux petites mares temporaires situées à Belkroun (Ben Azzouz, province de Skikda) à environ 10 km à l'Est de l'étang d'Ain-Magroun (36 ° 51'59.13 "N, 7 ° 23'37.35" E, altitude 6 m). Ces mares sont des points d'eau artificiels pour l'abreuvement du bétail, d'une superficie d'environ 16 m² et d'une profondeur maximale d'environ 2,5 m. Lors de notre échantillonnage, en décembre 2017, le pH de l'eau était de 7,15, sa conductivité de 262 µS / cm et sa température de 10,9 ° C (Fig. 14B). La répartition de cette espèce semble se limiter au complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja, où les activités agricoles sont importantes.

3.1.1.2. Type de matériel

Holotype : (MNHN-IU-2017-2317), mâle de 17,8 mm de longueur totale; Algérie: province de Skikda : mare temporaire d'Ain-Magroun ; 11 janvier 2015 ; S. Ghaouaci coll ; conservé dans de l'éthanol à 96 % après fixation au formol. **Allotype** : (MNHN-IU-2017-2318), femelle de longueur totale de 16,8 mm : mêmes données que l'holotype. **Paratypes** : deux mâles de 16 et 17,6 mm de longueur totale (MNHN-IU-2017-2319) ; mêmes données que l'holotype. Deux femelles de 12 et 12,8 mm de longueur totale (MNHN-IU-2017-2320) ; Algérie : province de Skikda : Belkroun ; 20 décembre 2017 ; M. Amarouayache coll ; conservées dans de l'éthanol à 96 % après fixation au formol.

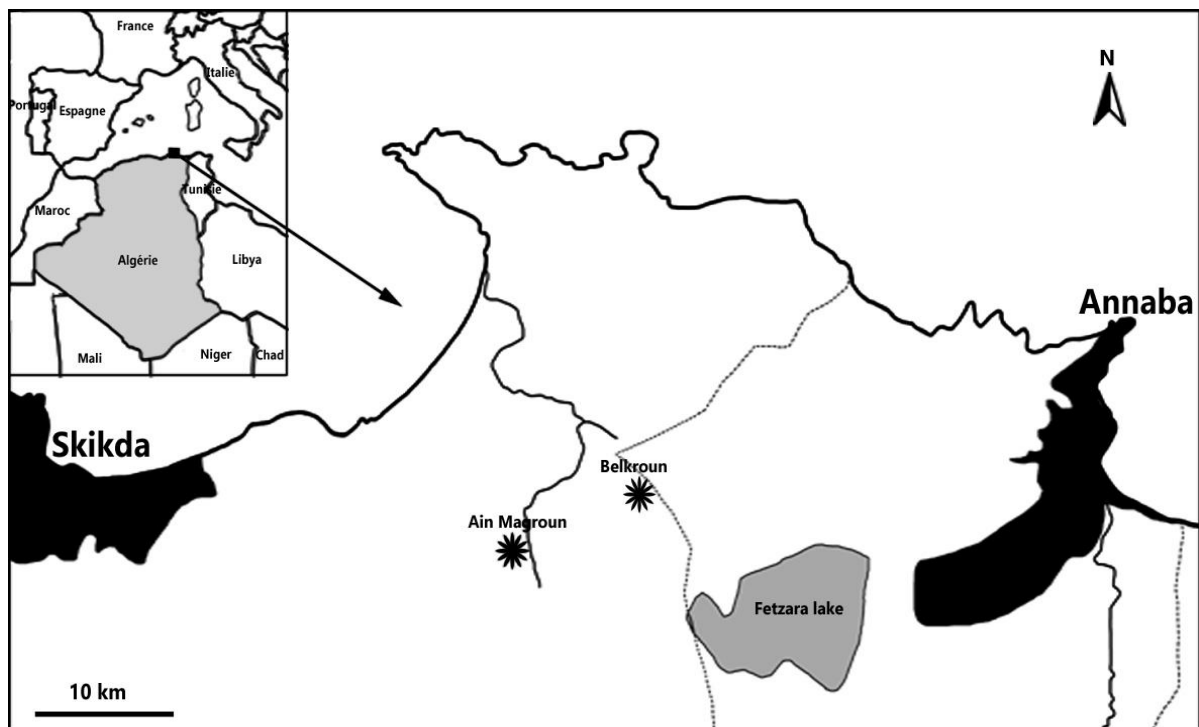


Figure 13. Carte illustrant la répartition de *Chirocephalus sanhadjaensis* en Algérie. (Étoiles : Localités de *C. sanhadjaensis* sp. Nov., Ligne pointillée : frontières de province, Noir : régions urbaines, gris : lac Fetzara).



Figure 14. Biotope de *Chirocephalus sanhadjaensis*, A : mare d'Ain Magroun ; B : mare de Belkroun.

3.1.1.3. Description de *Chirocephalus sanhadjaensis*

❖ Description du mâle

Longueur moyenne de $17,4 \pm 1,66$ mm (14 - 21,3 mm, N = 19). Les spécimens vivants ont une couleur de transparente à verdâtre avec un furcae corail.

Première antenne : filiforme, avec soies apicales et longueur égale à 0,7 x celle de la deuxième antenne proximale.

Deuxième antenne (Fig. 15A) : antennomère proximale incurvée médialement; portant une apophyse de longueur totale $\sim 1,1$ x l'antennomère distal. L'apophyse sub-conique, digitiforme, apex avec des denticules, longueur totale $\sim 0,25$ x de l'antennomère proximale. L'antennomère distale de la deuxième antenne avec une courbure à environ 30° , orientée médialement, tronquée apicalement, et portant une saillie proximale et une autre spiniforme juste en aval de la saillie proximale. Projection proximale lobiforme, surface distale portant des denticules ou des spinules tronquées apicales, longueur totale $\sim 0,2$ x la longueur de l'article (Fig. 15D).

Appendice d'antenne (Fig. 15B) : longueur totale 0,6 x la seconde antenne. Lamelle basale (lamelle ventrale) triangulaire, à sommet allongé, avec une petite carène dorsale. Les bords de la lamelle basale portent de petites papilles uniformément réparties et un bord médial

pourvu de trois rangées de papilles. Les papilles du bord latéral ont chacune un denticule apical. La lame dorsale de l'appendice antennaire, de longueur 1,7 x la lame basale, est dentelée dans sa moitié distale, avec des marges médiales et latérales portant des papilles sous-triangulaires (plus grandes au centre) diminuant distalement et un apex aigu. Les papilles médiales ont un bord postérieur bordé de soies courtes.

Labrum : lobe distal arrondi, 0,5 x plus long que son bord distal.

Mandibule : asymétrique, mandibule droite avec deux épines aiguës postéro-apicales, de longueurs égales. La surface molaire de la mandibule gauche porte une rangée de huit dents robustes sur la marge externe latérale.

Maxilla I : typique pour le genre (Cottarelli *et al.* 2007; Cottarelli *et al.* 2010). Soies aciculé et droites; présence d'une épine aiguë postérieure ventrale.

Maxilla II : portant deux robustes soies apicales plumeuses, à peu près égales.

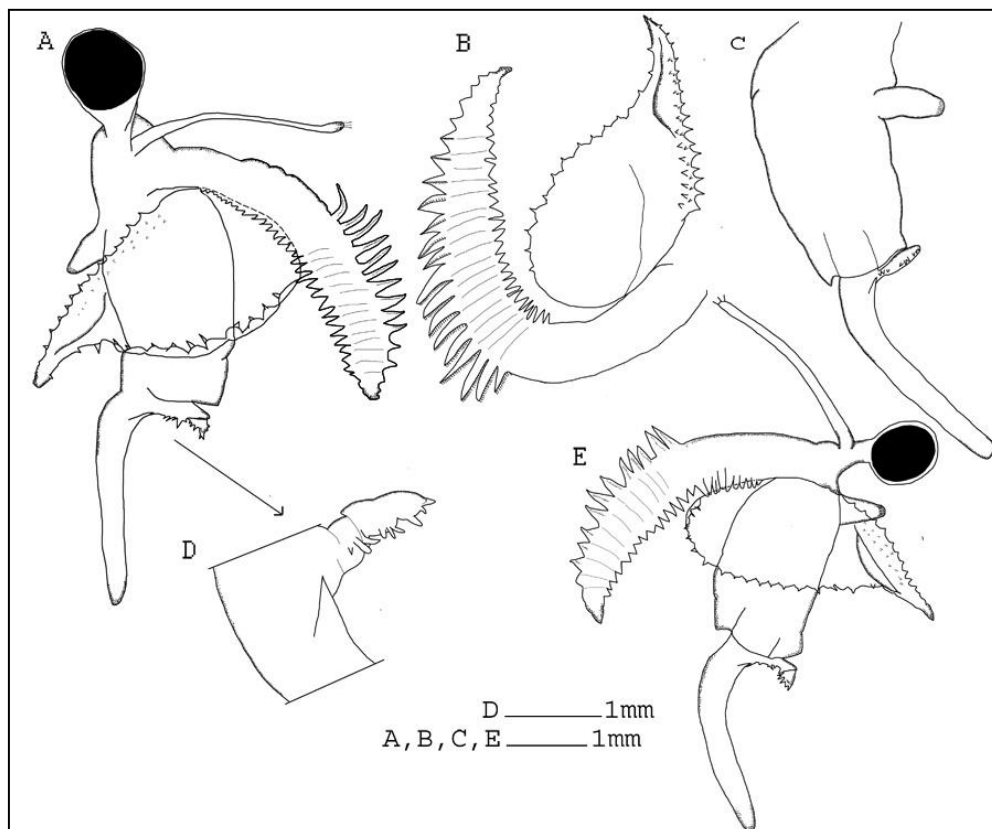


Figure 15. *Chirocephalus sanhadjaensis*, mâle d'Ain-Magroun : figures A-D ; mâle de Belkroun : figure E ; A : tête, côté gauche, vue antérieure ; B : appendice antennaire ; C : deuxième antenne ; D : détail agrandi de l'apophyse de l'antennomère distale ; E : Tête, côté droit, vue antérieure.

Appendices thoraciques : typiques du genre. **Thoracopodes I** : (Fig. 16A) avec les trois premières endites (I à III) arquées, arrondies. Endites I et II fusionnées, quatre à cinq fois plus larges que longues. Endite III deux fois plus large que longue, avec deux épines aiguës plumeuses de 0.5 x la largeur de l'endite. Endites I à III bordées de longues soies plumeuses, quatre à cinq fois la longueur de l'endite, diminuant médialement en longueur. Endites IV à VI arrondies aussi larges que longues (Fig. 16C). Endite IV avec six épines aiguës plumeuses, chacune mesurant 2 x la longueur de l'endite. Endites V et VI à quatre épines aiguës plumeuses, chacune ayant 2 x la longueur de l'endite.

Thoracopode VI (Fig. 16E) : avec les endites I et II soudées, arquées, arrondies, 5 x plus larges que longues. Endite III arquée, arrondie, deux fois plus large que longue. Endites I à III bordées de longues soies plumeuses de cinq à six fois la longueur de l'endite, leur longueur diminuant médialement. Endites IV et V lamellaires, avec deux épines aiguës plumeuses, chacune de deux fois la longueur de l'endite. Endite VI lamellaire, avec trois épines aiguës plumeuses, chacune de deux fois la longueur de l'endite.

Thoracopodes I à X : avec endopodes (Fig. 16B) larges, formant un angle droit avec le membre, portant de courtes épines marginales aiguës et plumeuses. Exopode oval, bordé de quelques petites épines de plumeuse et de longues soies plumeuses apicales. Epipodite sub-cylindrique, longueur 4 x la largeur. Praepipodite complètement divisé en deux, largement arrondi distalement, avec marge dentelée et inerme.

Thoracopode XI (Fig. 16D) : avec endites I et II fusionnées, arquées, arrondies, six fois plus larges que longues. Endite III, arquée, arrondie, deux fois plus large que longue. Endites I à III bordées des soies plumeuses, deux à trois fois la longueur de l'endite, longueur médiane décroissante. Endites IV à VI arrondies aussi larges que longues (Fig. 16F). Endite IV et V avec 3 épines aiguës plumeuses chacune deux fois la longueur de l'endite. Endite VI avec quatre épines aiguës plumeuses, chacune deux fois la longueur de l'endite.

Thoracopode XI sans praépipodite (lame branchiale) et avec un épipodite conique trois fois plus long que sa largeur, avec apex aigu et sans épine ou soies.

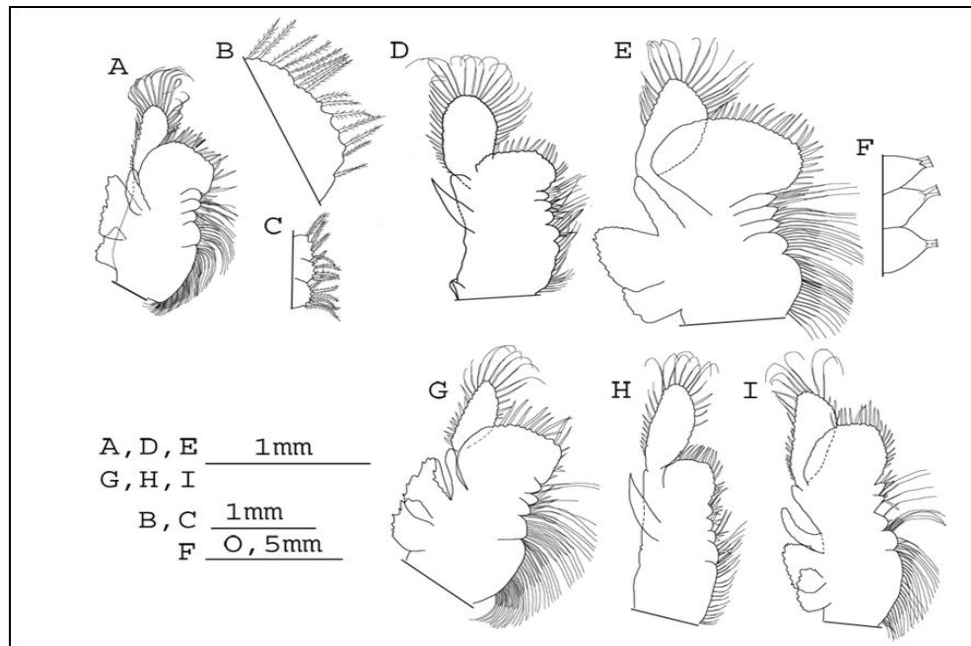


Figure 16. *Chirocephalus sanhadjaensis* d'Ain-Magroun. Mâle : figures A-F ; femelle : figures G-I ; A : première paire de membre thoracique ; B : détail agrandi de l'endopode P1 ; C : détail agrandi des endites P1 ; D : onzième paire de membre thoracique ; E : sixième paire de membre thoracique ; F : détail élargi des endites de la sixième paire de membre thoracique ; G : première paire de membre thoracique ; H : onzième paire de membre thoracique ; I : sixième paire de membre thoracique.

Gonopode (Fig. 17B) : typique du genre, avec un lobe conique latéral. Partie basale rigide des gonopodes sub-triangulaire, à marge médiane portant de denticules denses. Partie réversible des gonopodes (Fig. 17A) représentée par un sommet conique et incurvé portant un minuscule tubercule.

Telson : lisses, sans saillies. La longueur du cercopode ne dépasse pas la longueur des trois derniers segments abdominaux. Cercopode bordés de longues soies plumeuses.

❖ Description de la femelle

Adultes d'une longueur moyenne de $17,9 \pm 2$ mm (14 - 19,7 mm, N = 6), transparents à verdâtres avec furcae de couleur vermillon.

Première antenne : avec soies apicales.

Deuxième antenne : aplatie, à sommet sub-conique aiguë, légèrement plus courte de 20 % que la première paire d'antennes.

Thoracopodes I-XI (Fig. 16G, H, I) : identiques à ceux du mâle.

Premier somite génital (Fig. 17C) : atteint la moitié de la longueur du second.

Sac ovigère : conique, se prolongeant jusqu'au troisième ou quatrième somite abdominal avec gonopore typique du genre.

Somites et cercopodes abdominaux (Fig. 17D) : similaires à ceux du mâle.

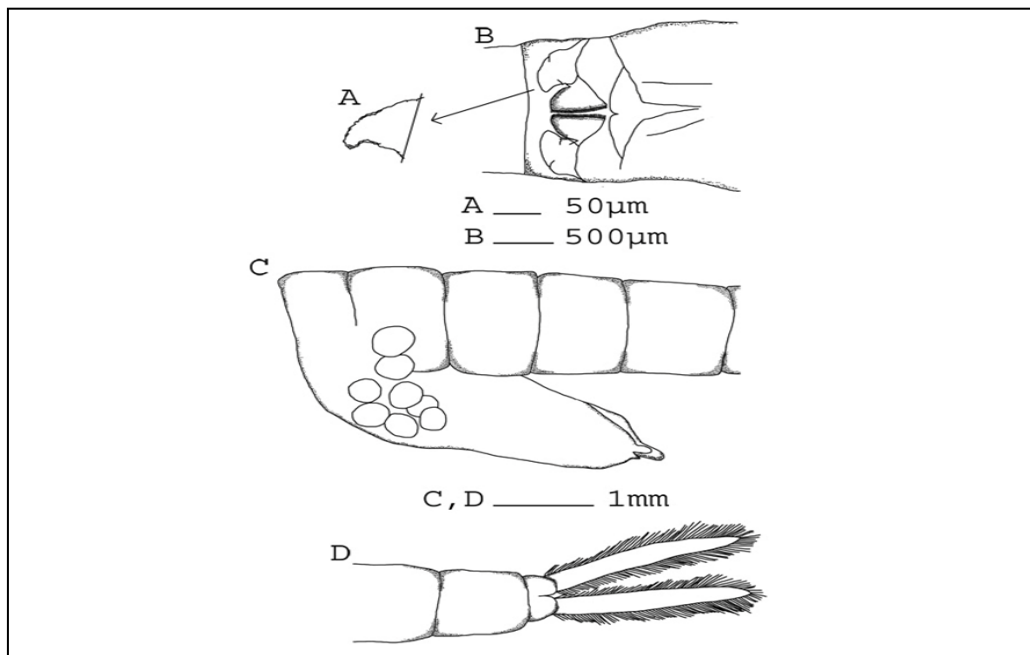


Figure 17. *Chirocephalus sanhadjaensis* d'Ain-Magroun. Mâle : figures A-B; femelle : figures C-D. A : extrémité réversible de l'hémipénis ; B : segments génitaux du mâle ; C : Telson et sac ovigère de la femelle, D : cercopodes de la femelle.

Œufs (Fig. 18) : Coquille à haute et fine structure palissadée délimitant des polygones plus ou moins réguliers. Diamètre des œufs: $(448, 24 \pm 30, 93 \mu\text{m}, n = 90)$.

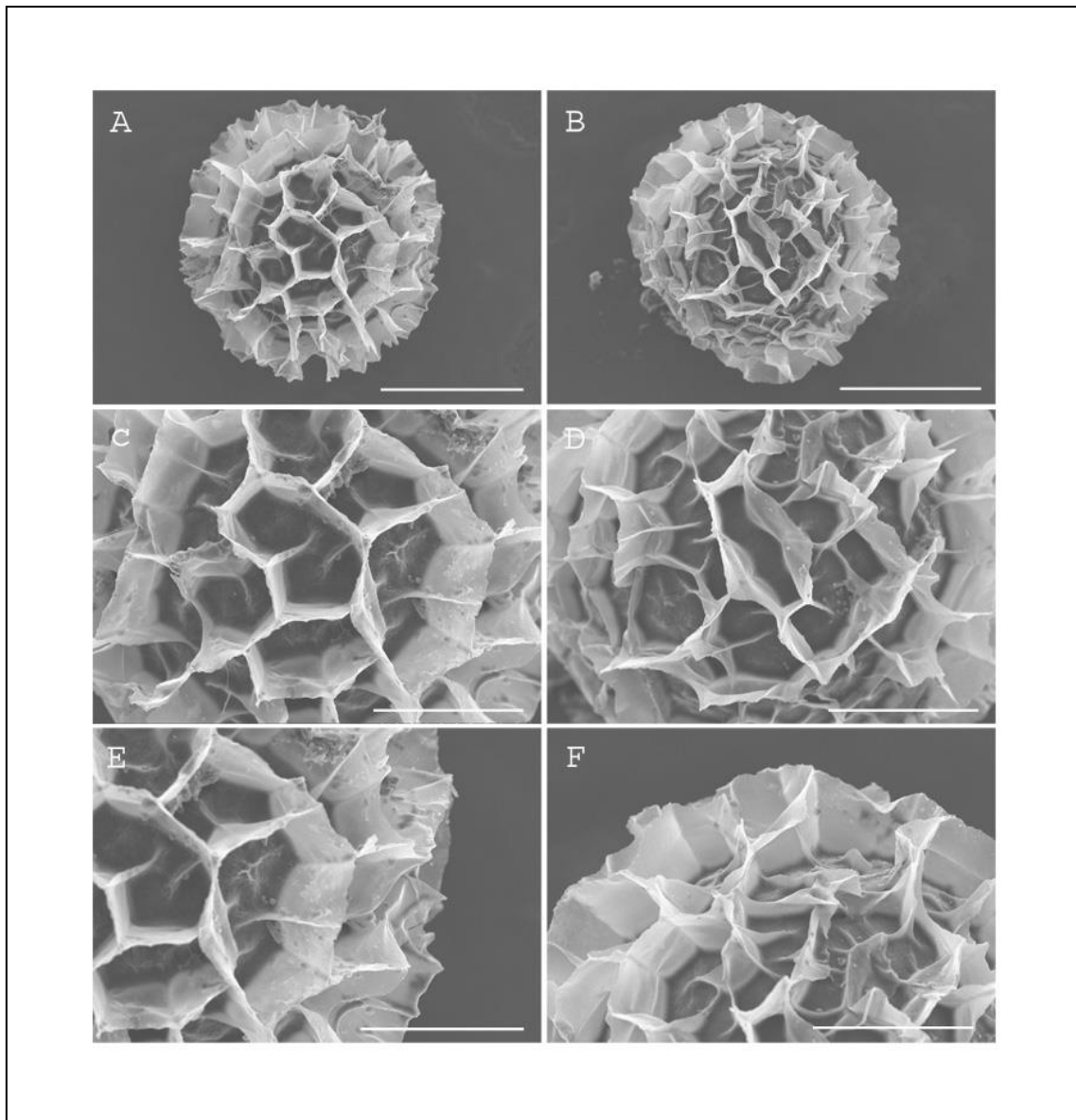


Figure 18. Micrographies MEB d'oeufs. Figures A-C-E : Œufs de *C. sanhadjaensis* d'Ain-Magroun ; Figures B-D-F : Oeufs de *C. sanhadjaensis* sp. nov. de Belkroun. Barres d'échelle : A, B : 200 μm ; C, D, E et F : 100 μm .

3.1.1.4. Diagnostic différentiel

Chirocephalus sanhadjaensis ressemble le plus à *C. marchesoni* et *C. tauricus*. Ces espèces sont séparées de tous les autres *Chirocephalus* par la forme de l'appendice antennaire du mâle et par la grosse taille de leurs œufs. *Chirocephalus sanhadjaensis* sp. nov. est différent de *C. marchesoni* et *C. tauricus* par l'antennomère distale de la deuxième antenne avec une projection baso-médiale distincte et des projections spiniformes proximales présentes uniquement chez cette espèce.

Chez *C. sanhadjaensis* l'antennomère distale de la deuxième antenne mâle est légèrement incurvée dans sa partie proximale et presque droite pour la longueur apicale, comme chez *C. marchesonii* Ruffo et Vesentini, 1957, *C. neumanni* Hartland-Rowe, 1967 et *C. algidus* Cottarelli *et al.* 2010. Ce n'est pas le cas chez *C. diaphanus* Prévost, 1803 ou *C. salinus* Daday, 1910, où la partie distale est plus incurvée, ni chez *C. tauricus* Pesta, 1921, où l'antenne distale s'élargit apicalement et est un peu spatulée.

Chez *C. sanhadjaensis* le processus basal de l'antennomère distale de l'antenne est bien développé, plutôt rectiligne, avec des denticules et un sommet légèrement incurvé. Chez *C. marchesonii*, le processus basal de l'antennomère distale est court et légèrement pointu, dépourvu de dents. *Chirocephalus algidus*, présente lui un processus basal assez allongé et étroit, droit et dentelé. Chez *C. tauricus*, il est petit et pointu, avec un sommet incurvé, dirigé vers l'arrière (Cottarelli *et al.* 2010).

Les longues expansions digitiformes baso-latérales de la lame dorsale sont présentes chez de nombreuses espèces du genre *Chirocephalus*, par ex. *C. diaphanus*, *C. salinus*, ou chez des représentants d'autres groupes d'espèces du genre *Chirocephalus*, par ex. *C. sarpedonis* Cottarelli *et al.* 2017, *C. croaticus* Steuer, 1899, *C. kerkyrensis* Pesta, 1936. Elles sont absentes chez *C. sanhadjaensis* comme chez *C. appendicularis* Vávra, 1905, *C. marchesoni*, *C. tauricus*, *C. skorikowi* Daday, 1913, *C. weisigi* Smirnov, 1933, *C. neumanni*, *C. ponticus* Beladjal et Mertens, 1997 et *C. algidus* Cottarelli *et al.* 2010. La lame dorsale de *C. sanhadjaensis* et *C. marchesoni* est 1,5 x plus long que la lame basale. Chez *C. tauricus* et *C. weisigi*, la lame dorsale est courte et représente la moitié de la longueur de la lame basale, tandis que chez *C. algidus*, la lame dorsale est un peu plus longue que la lame basale (Cottarelli *et al.* 2010). Cette dernière, chez *C. sanhadjaensis* présente une petite carène, que l'on observe également chez *C. marchesoni*, *C. algidus* et plusieurs autres taxons du groupe "*diaphanus*", où la taille de la carène diffère selon les espèces. Cependant, elle est absente chez *C. tauricus* et *C. salinus*. Le contour de la lame basale de *C. sanhadjaensis* ressemble à celui de *C. tauricus* et *C. marchesoni*, avec des marges portant des petites papilles uniformément réparties. La marge médiale porte plusieurs papilles.

Le sac ovigère de *C. sanhadjaensis* est conique, atteignant le 3ème ou le 4ème segment abdominal et présente une forme similaire à celle de *C. diaphanus*, *C. salinus* et de plusieurs autres espèces du groupe «*diaphanus*». Le sac ovigère de *C. algidus* est épais et très court (n'atteignant pas la longueur des deux somites), alors que chez *C. tauricus* et *C.*

marchesoni, il est un peu plus long que chez *C. algidus* bien que de forme différente. Il est gonflé chez *C. tauricus* (Cottarelli *et al.* 2010).

Chez *C. sanhadjaensis* les ornements d'œufs sont similaires à ceux de *C. diaphanus* et ceux de nombreuses autres espèces du genre. Cependant, le diamètre de l'œuf est particulièrement grand (448, 24 μm). En effet, *C. marchesoni* est la deuxième espèce du groupe produisant des œufs dont le diamètre est supérieur à 430 μm . Cependant, ses œufs se distinguent facilement par leur surface lisse et cribleuse (Mura *et al.* 1978 ; Mura 2001).

3.1.2. *Chirocephalus algeriensis* sp. nov.

3.1.2.1. Type de localité

Le site hébergeant la nouvelle espèce est une mare temporaire d'eau douce formée par des eaux de pluies sur une terre agricole. Elle est située à environ 35 Km à l'Est d'Alger (coordonnées : 36°44'29.80"N, 3°22'6.73"E) (Fig. 19), sur le bord d'un chemin de fer, à la limite entre la commune de Réghaïa et celle de Boudouaou, au niveau du lieu-dit El Kerrouche. La dépression formant la mare est peu profonde (50 cm max), ovale avec une superficie d'environ 1200 m² à sec (Fig. 20).

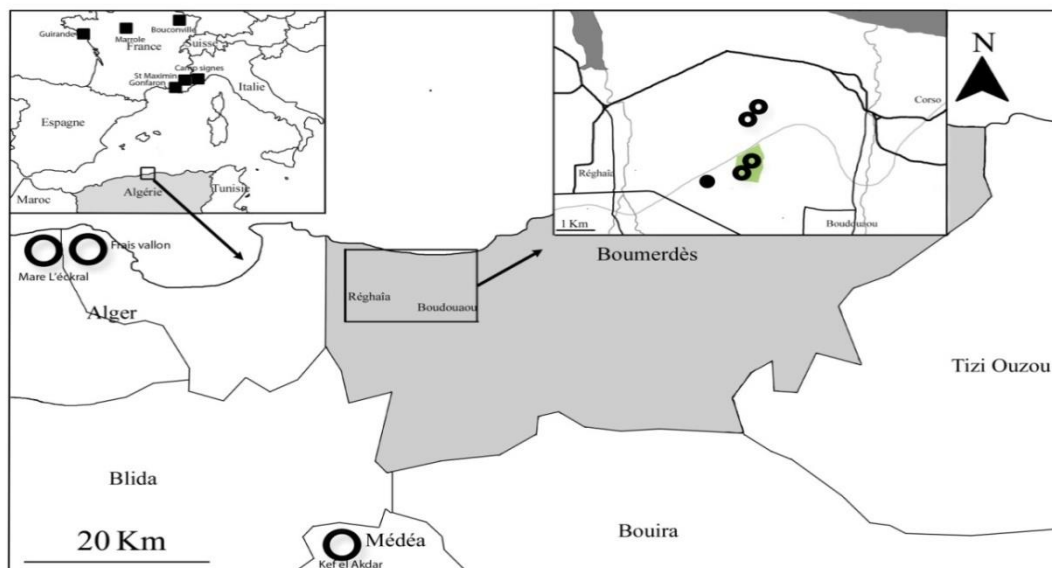


Figure 19. Carte illustrant la répartition de l'espèce de *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. de Réghaïa dans la région d'Alger (Algérie) ; ● : Localités de *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. (Présente étude) ; ○ : Localités *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. (Collection de MNHN de Paris) ; ■ : Localités *C. diaphanus* de France morphologiquement très proche utilisé à titre de comparaison.

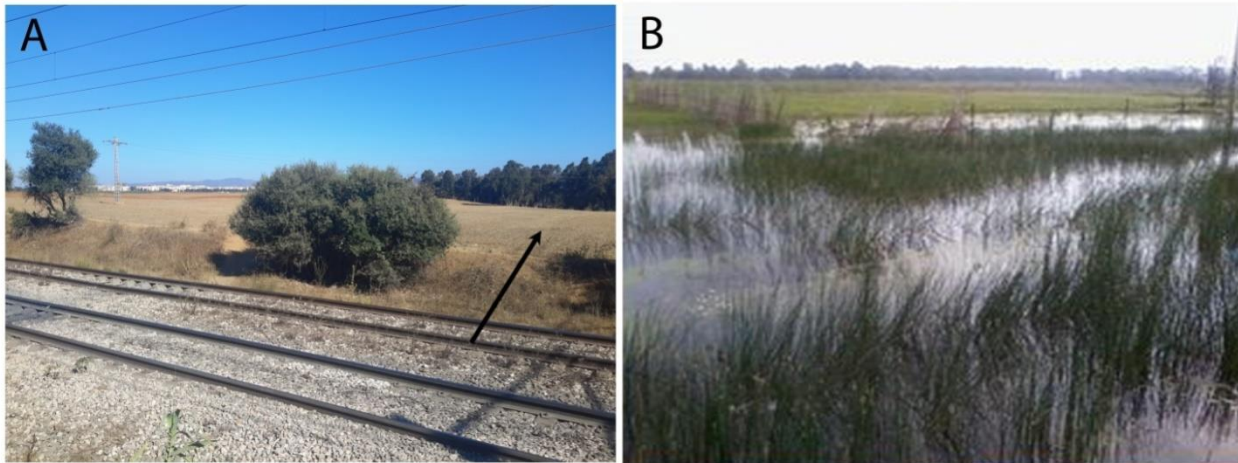


Figure 20. Biotope de *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. ; A: mare de Réghaïa à sec (pour le prélèvement du sédiment) ; B : mare de Réghaïa inondé (© M. Amarouayache)

3.1.2.2. Description de *Chirocephalus algeriensis* sp. nov.

❖ Description du mâle

Longueur totale moyenne $12 \pm 1,6$ mm (15,2 – 9,6 mm, N = 6).

Première antenne : filiforme, avec des soies apicales, longueur totale 0,6 x l'antennomère proximale de la deuxième antenne.

Deuxième antenne: l'antennomère proximale légèrement courbée en son milieu, d'une longueur totale 1,2 x de l'antennomère distale. L'article proximal porte une apophyse sub-conique, digitiforme, avec un apex recouvert de denticules, d'une longueur totale de 0,40 x l'antennomère proximale (Fig. 21C).

L'antennomère distale de la deuxième antenne, mince est légèrement courbée dans sa partie proximale et large vers l'apex. Il porte une projection proximale lobiforme, pourvue d'une surface distale avec une ornementation de denticules tranchants et un apex incurvé. Des denticules se trouvent également près de la base du processus lui-même.

Appendice antennaire: longueur totale 0.7 x de la seconde antenne. La lame basale (lame ventrale) triangulaire est petite avec un apex long pourvue des tubercules marginaux et une petite carène dorsale. Le long de sa marge, il porte également des lobes médiaux basaux, diminuant en taille vers l'apex (Fig. 21B). Les marges latérales portent une rangée de petites papilles, pourvues chacune d'un denticule apical. La lame dorsale de l'appendice antennaire est de longueur totale de 2 x la lame basale, lamelliforme, asymétrique, avec une marge

latérale médiale intérieure portant des papilles sub-triangulaires (Fig. 21E). Celles-ci sont plus allongées que celles du côté opposé qui elles sont courtes, avec un apex aigu, portant quatre longs prolongements latéro-basales, pourvues d'une épine apicale tranchante et de tubercules à la surface (Fig. 21 D).

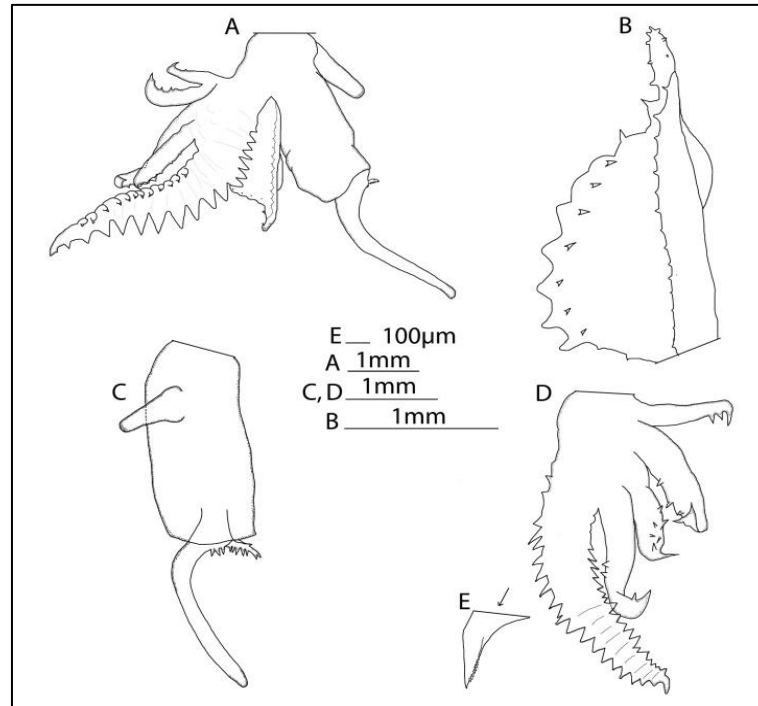


Figure 21. *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. de Réghaïa. Mâle, A : appendice antennaire ; B : lame basale; C : deuxième antenne frontale ; D : appendice frontale ; E : détail agrandi de la lame dorsale.

Labrum : lobe distal arrondi, dépassant le bord distal du labrum de 0,5 x sa longueur.

Mandibules : asymétriques, avec une surface molaire de la mandibule droite portant deux épines postéro-apicales tranchantes, de longueurs égales, suivie d'une seule dent. La surface molaire de la mandibule gauche porte une dent robuste suivie par une rangée d'environ huit petites dents sur sa marge externe latérale.

Maxilla : typique du genre (Cottarelli *et al.* 2007; Cottarelli *et al.* 2010). Lobe maxillaire I pourvu de soie acicule et droite. Lobe maxillaire II arrondi portant deux soies apicales plumeuses robustes, approximativement égales.

Appendices thoraciques : typiques du genre. **Thoracopodes (I à X)** : Endopode (Fig. 22C) large, formant un angle droit avec le membre, bordé de courtes épines plumeuses.

Exopode oval, bordé de longues soies plumeuses. Epipodite subcylindrique, longueur 3x la largeur. Préépipodite divisé en deux lobes, dépourvus de soie (Fig. 22B).

Thoracopodes I (Fig. 22A) : les trois premières endites (I+II) fusionnées et III large, arrondies et bordées de nombreuses longues soies plumeuses. Les endites IV, V et VI arrondies, aussi longues que larges, bordées de respectivement 4, 5 et 6 courtes épines aiguës plumeuses et de quelques longues soies plumeuses (Fig. 22D).

Thoracopodes VI (Fig. 22G) : endites IV, V et VI lamellaires, aussi longues que larges, bordées de respectivement 2, 2, et 6 courtes épines aiguës plumeuses et de quelques longues soies plumeuses (Fig. 22H).

Thoracopode XI (Fig. 22E) : sans préépipodite, avec un épipodite conique quatre fois plus long que large, à sommet aigu, dépourvu de soie. Endite IV, V et VI arrondies aussi longues que larges, bordées de respectivement 5, 4, et 4 courtes épines aiguës plumeuses et de quelques longues soies plumeuses (Fig. 22F).

Gonopode (Fig. 23A) : typique du genre, avec un lobe conique latéral. Partie basale rigide des gonopodes sous-triangulaire, à marge médiane dans les denticules denses. Partie réversible des gonopodes (Fig. 23B) représentée par un sommet conique et incurvé (Fig. 23C).

Telson : lisses, sans épine. La longueur du cercopode ne dépasse pas la longueur des trois derniers segments abdominaux; cercopodes bordés de longues soies plumeuses.

❖ Description de la femelle

Adultes d'une longueur moyenne de $12,8 \pm 0,73$ mm (12 - 14,4 mm, N = 7).

Première antenne : avec soies apicales.

Deuxième antenne, légèrement plus courte de 20 % que la première paire d'antennes, aplatie, à sommet subconique aigu. Le bord interne forme un lobe pointu.

Thoracopodes I-XI (Fig. 22I, J, K) : comme chez le mâle.

Le premier somite génital : atteint la moitié de la longueur du second (Fig. 23D).

Sac ovigère : conique, se prolongeant jusqu'au quatrième somite abdominal avec gonopore typique du genre.

Telson et cercopode: similaires à ceux des mâles.

Oeufs: coque à structure palissadée haute et fine délimitant des polygones plus ou moins réguliers (Voir Fig. 30).

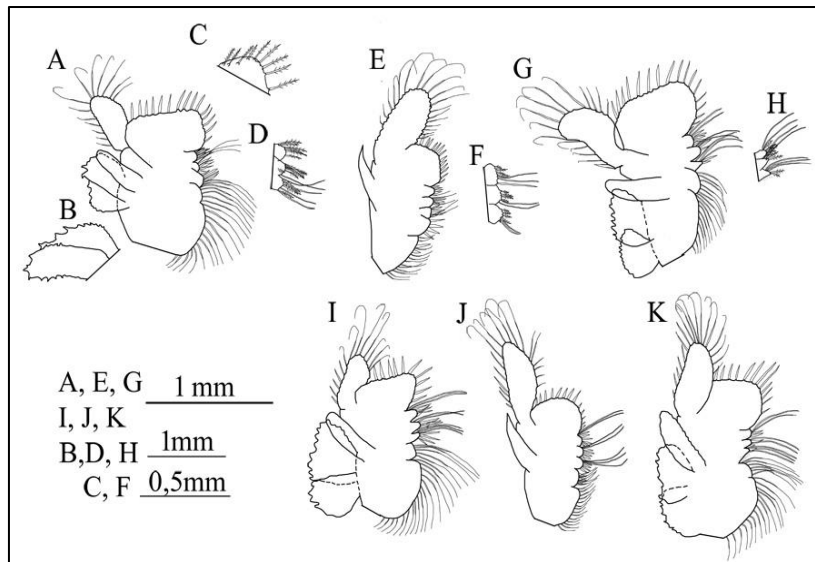


Figure 22. *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. de Réghaïa (Algérie) Mâle : figures A – H ; femelle : figures I - K. A : première paire de thoracopodes; B : détail agrandi du préépipodite P1 ; C : détail agrandi de l'endopode P1 ; D : détail agrandi des endites P1 ; E : onzième paire de thoracopodes ; F : détail agrandi des endites P11 ; G : sixième paire de thoracopodes; H : détail agrandi des endites de la sixième paire de thoracopodes ; I : première paire de thoracopodes ; J : onzième paire de thoracopodes ; K : sixième paire de thoracopodes.

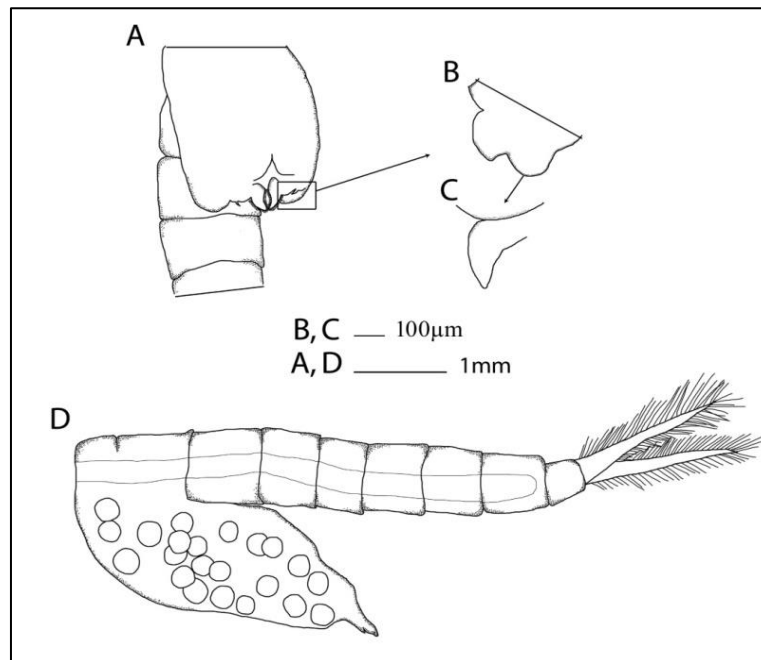


Figure 23. *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. de Réghaïa. Mâle : figures A, B, C. A : segments génitaux ; B : processus basal de l'hémipénis; C : extrémité réversible de l'hémipénis gauche; figure D : telson (segments abdominaux) et sac ovigère de la femelle.

3.1.2.3. Diagnostic différentiel

La nouvelle espèce *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. est principalement séparées de toutes les autres espèces de *Chirocephalus* par la morphologie de l'appendice antennaire du mâle, par la taille de la lame dorsale 2 x celle de la lame basale et par la petite taille de la carène dorsale de la lame basale triangulaire.

La nouvelle espèce de Réghaïa caractérisée par une antennomère proximale légèrement plus longue que l'antennomère distale de la deuxième antenne. C'est une caractéristique partagée avec *C. salinus* Daday, 1910, *C. diaphanus carinatus* Daday, 1910; *C. cupreus* Cottarelli, Mura et Özkütük, 2007 et *C. sibyllae* Cottarelli et Mura, 1975. Chez *C. diaphanus sensu stricto* de France, les deux antennomères sont presque de la même taille.

Chez *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. la projection proximale de l'antennomère distale est incurvée médialement et de minuscules denticules se trouvent près de la base du processus lui-même. Le même processus est observé chez *C. salinus*, la seule différence est que la projection basale est plutôt rectiligne avec un sommet légèrement incurvé vers l'apex chez celui-ci. Chez les populations de *C. diaphanus sensu stricto* de France (Gonfaron, Bouconville sur Madt, Saint Maximin, Marolles en Hurepoix; Guérande) ce processus est plutôt développé, avec absence de denticules basaux au niveau de la base du processus, remplacés par une papille basale arrondie, ornée de denticules tranchantes (Fig. 24). Chez *C. sibyllae*, *C. cupreus*, *C. weisigi* Smirnov, 1933; *C. hardingi* Brtek, 1965 ce processus est assez allongé et étroit, droit, portant quelques minuscules tubercules pointues.

L'appendice antennaire de la nouvelle espèce diffère par la taille de la lame dorsale qui est 2 x plus longue que celle de la lame basale. Chez *C. salinus*, *C. diaphanus sensu stricto*, *C. diaphanus carinatus* la lame dorsale est légèrement plus longue 1.2 x que celle de la lame basale. La différence s'observe aussi au niveau de la morphologie de la lame dorsale, chez *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. La marge latérale médiale intérieure de la lame dorsale porte des papilles sub-triangulaires, plus allongées que celles du côté extérieur, qui sont plutôt courtes ressemblant à celles de *C. crepus*, *C. sanhadjaensis* et *C. marchesoni* Ruffo et Vesentini, 1957. Chez *C. diaphanus*, *C. salinus*, les deux bords sont symétriques.

La morphologie de la lame basale de *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. ressemble à celle de *C. salinus*, *C. diaphanus carinatus*, *C. ruffoi* Cottarelli et Mura, 1984 ; *C. sibyllae* et *C. cupreus*. La lame basale de la nouvelle espèce de la région d'Alger est pourvue d'une petite carène dorsale, présente également chez *C. sanhadjaensis*, *C. marchesoni*, *C. algidus*

Cottarelli *et al.* 2010. Alors que Chez les différentes populations de *C. diaphanus* de France (Bonne Cougne ; Bouconville sur Madt ; L'Etendard à St Maximin ; Marolles en Hurepoix ; Guérande ; Camp Signe). la carène dorsale est proportionnellement beaucoup plus large (Fig. 25). Dans plusieurs autres taxons du groupe "*diaphanus*", la taille de la carène diffère selon les espèces. Cependant, cette carène dorsale est absente chez *C. tauricus* Pesta, 1921 et *C. salinus*. La forme du sac ovigère de la nouvelle espèce est conique, allongée, atteignant le 4ème segment abdominal et présente une forme similaire à celle de *C. salinus*, *C. diaphanus*, *C. sanhadjaensis*, *C. ruffoi*, *C. sibyllae*, *C. cupreus*, *C. weisigi*, *C. diaphanus carinatus* et de plusieurs autres espèces du groupe «*diaphanus*».

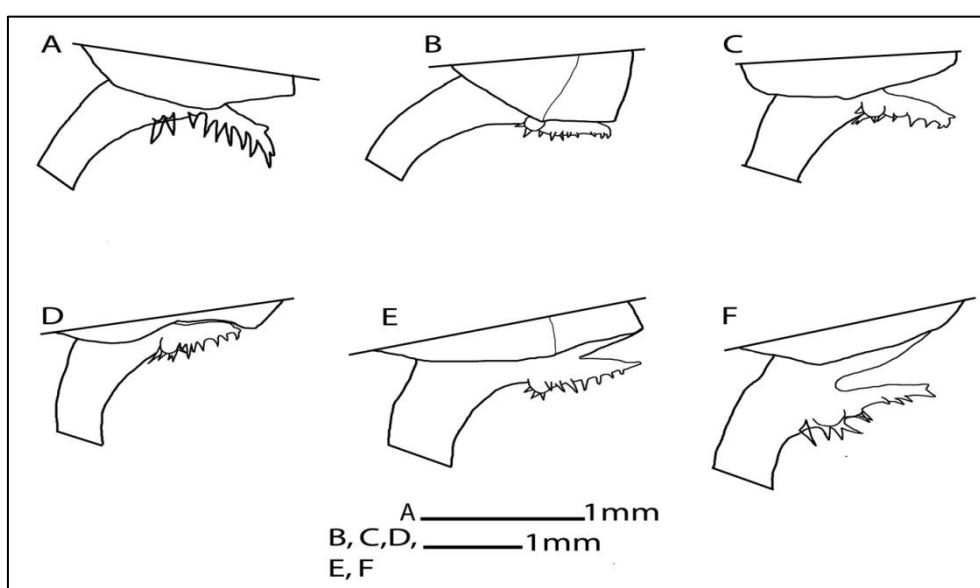


Figure 24. Comparaison de la projection proximale de l'antennomère distale de la deuxième antenne de *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. avec différentes populations de *C. diaphanus* de France : Figures A : population de Réghaïa ; B : population de Var (Bonne Cougne) ; C : population de Meuse (Bouconville sur Madt); D : population de Etendard st Maximin; E : population de l'Essonne (Marolles en Hurepoix); F : population de Loire Atlantique (Guérande).

Chez *Chirocephalus diaphanus sensu* du Var (Bonne Cougne) la mandibule droite est pourvue d'une épine tranchante à l'extrémité postérieure, immédiatement suivie d'une grande dent et de 6 ou 7 dents plus minces. La mandibule gauche présente une grande dent à l'extrémité postérieure suivie d'une rangée de cinq autres petites dents. Chez la nouvelle espèce de Réghaïa, la mandibule droite porte deux épines tranchantes suivies d'une grande dent, tandis que la mandibule gauche est pourvue d'une dent robuste suivie de huit petites

dents. Les ornements des premiers maxillaires sont apparemment similaires chez les deux espèces.

Chez *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. l'ornementation des œufs est similaire à celle de nombreuses espèces du groupe dont *C. diaphanus* sens, et *C. salinus* (Mura *et al.* 1978; Mura, 2001).

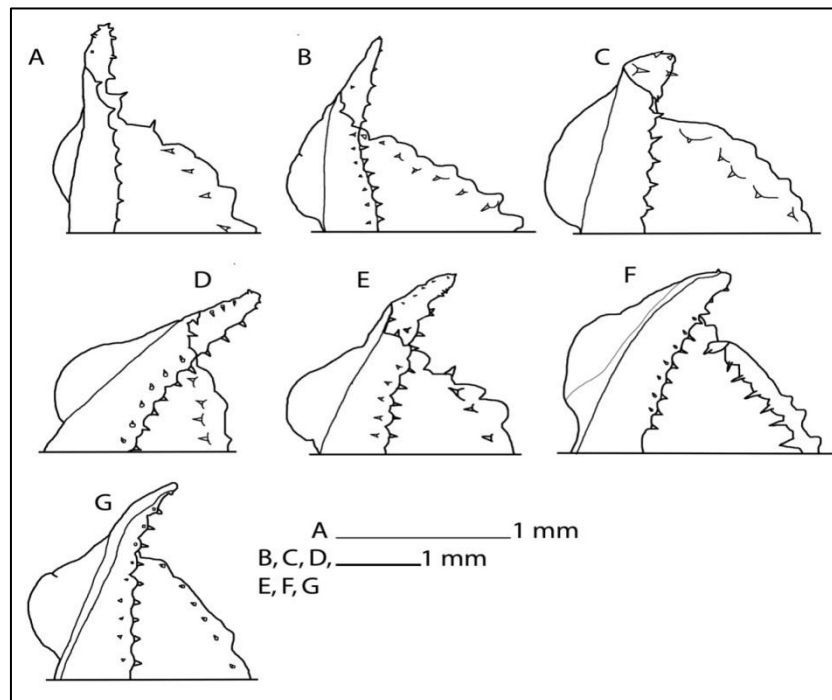


Figure 25. Comparaison de la carène dorsale de la lame basale de *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. (A) avec celles de différentes populations de *C. diaphanus* de France (B-G) : Figures A : population de Réghaïa; B : population du Var (Bonne Cougne); C : population de la Meuse (Bouconville sur Madt); D : population du Var (L'Etendard à St Maximin); E : population de l'Essonne (Marolles en Hurepoix); F : population de Loire Atlantique (Guérande). G : population du Var (Camp Signe).

3.1.3. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910

Les spécimens de *Chirocephalus salinus* décrits dans ce travail proviennent de la mare de Sidi Salem (willaya d'Annaba - Algérie). Pour la comparaison des différentes populations de *C. salinus* nous avons examiné des spécimens provenant de différentes localités du littoral Nord-Est algérien et de Corse. La plupart des localités n'avaient pas été échantillonnées auparavant.

3.1.3. 1. Description de *Chirocephalus salinus* Daday, 1910

❖ Description du mâle

Longueur totale moyenne $15 \pm 0,8$ mm (13–16 mm, N = 36). Les spécimens vivants peuvent prendre plusieurs colorations, vert, émeraude, violet, marron, bleu et transparent.

Antennule: filiforme, avec des soies apicales, longueur totale 0,7 x l'antennomère proximal de la deuxième antenne.

Antenne (Fig. 26A) : l'antennomère proximal, légèrement courbé, d'une longueur totale 1.2 x celle de l'antennomère distal. L'article proximal porte une apophyse sub-conique, digitiforme, avec un apex recouvert de denticules, d'une longueur totale de 0,40 x l'antenne proximale.

L'antennomère distal de l'antenne, mince, courbé vers l'intérieur et porte une projection proximale lobiforme, pourvue d'une surface distale avec une ornementation de denticules tranchants (Fig. 26B) et un apex légèrement incurvé et de minuscules denticules se trouvant également près de la base du processus lui-même. L'apex de l'antennomère distal est un peu large.

Appendice antennaire (Fig. 27H) : longueur totale 0.5x de l'antenne (Fig. 26G). Lamé basale (lamé ventrale) triangulaire, apex court avec tubercules marginaux, sans carène dorsale. Le long de sa marge porte des lobes médiaux, diminuant en taille vers l'apex (Fig. 27A). Marges latérales portent une rangée des petites papilles chacune avec un denticule apical. Lamé dorsale de l'appendice antennaire de longueur totale 1,2 x lamé basale, lamelliforme, marges latérales portant des papilles sub-triangulaires diminuant en taille distalement, avec apex aigu, porte quatre longs prolongements latéro-basales (de taille croissante vers la lamé dorsale), pourvues d'une épine apicale tranchante et de tubercules à la surface (Fig. 27H).

Labrum : Lobe distal arrondi, 0,5 x de longueur dépasse le bord distal du labrum.

Mandibules : asymétrique, surface molaire de la mandibule droite avec une épine tranchante postéro-apicale et une seule dent adjacente, surface molaire de la mandibule gauche portant une rangée de six dents fortes sur la marge externe latérale.

Maxilla : Typique du genre (Cottarelli *et al.* 2007; Cottarelli *et al.* 2010). Lobe maxillaire I pourvu de soie acicule et droite. Lobe maxillaire II arrondi portant deux soies apicales plumeuses robustes, approximativement égales.

Appendices thoraciques : typiques du genre *Thoracopods* (I à X), Endopode (Fig. 28B) large, formant un angle droit avec le membre, bordé de courtes épines plumeuses. Exopode oval, bordé de longues soies plumeuses. Epipodite subcylindrique, longueur 3x la largeur. Praepipodite divisé en deux lobes, dépourvus de soie.

Thoracopodes I (Fig. 28A) : les trois premières endites (I+II) fusionné et III larges, arrondis et bordés de nombreuses longues soies plumeuses. Les endites IV, V et VI arrondies, aussi longues que larges, bordées de respectivement 6, 5 et 4 courtes épines aiguës plumeuses et de quelques longues soies plumeuses (Fig. 28C).

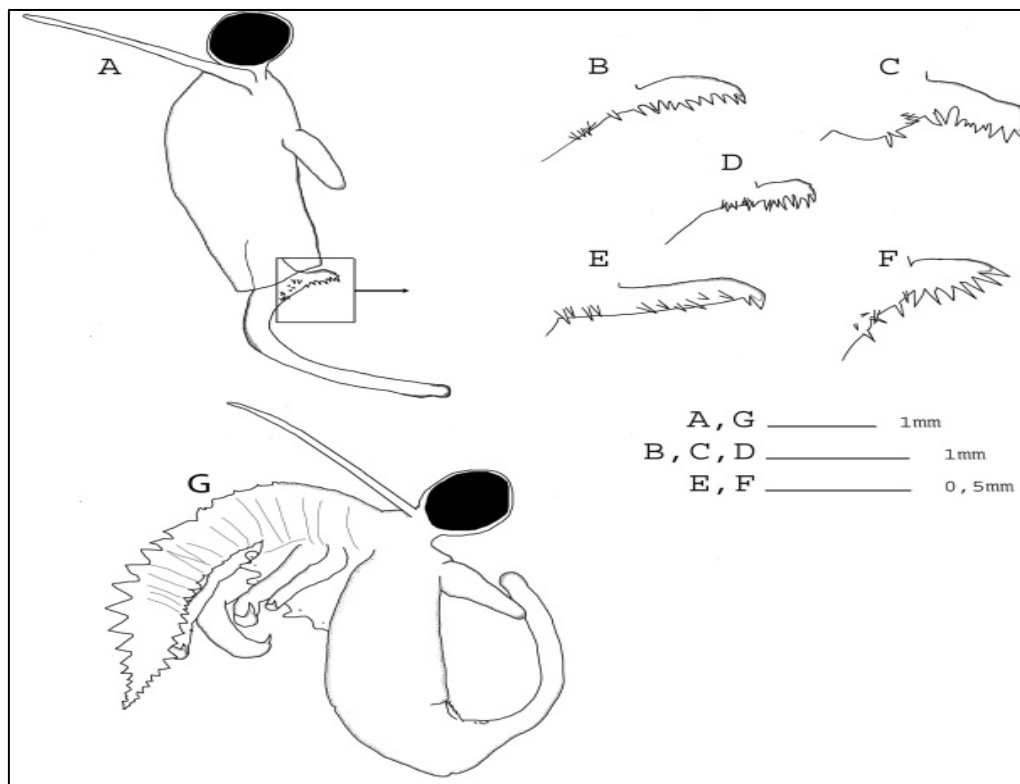


Figure 26. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910. Mâle, A : Deuxième antennes de la population de Sidi Salem; B-F : détail agrandi de l'apophyse basale de l'antennomère distal . B : population de Sidi Salem (Annaba) ; C : population de Vignes Boutheldja (El Tarf) ; D : population de Berrihène (El Tarf) ; E : population de Corse ; F : population de Souk Rguibet; G : antenne frontale de la population de Sidi Salem.

Thoracopodes VI (Fig. 28F) : endites IV, V et VI lamellaires, aussi longues que larges, bordées de respectivement 2, 2, et 5 courtes épines aiguës plumeuses et de quelques longues soies plumeuses (Fig. 28G).

Thoracopode XI (Fig. 28D) : sans praepipodite, avec un épipodite conique trois fois plus long que sa largeur, à sommet aigu, dépourvu de soie. Endite IV, V et VI arrondies aussi longues que larges, bordées de respectivement 7, 10, et 6 courtes épines aiguës plumeuses et de quelques longues soies plumeuses (Fig. 28E).

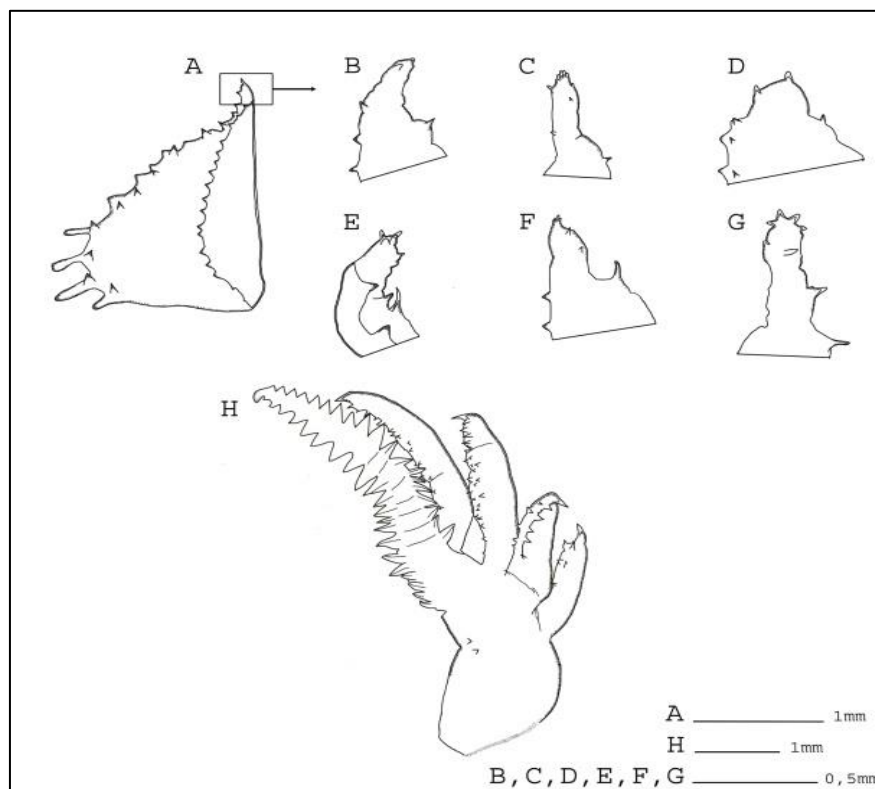


Figure 27. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910. Mâle, A : lame basale de la population de Sidi Salem, B-G : détail agrandi de l'apex (pointe distale) de la lame basale ; B : population de Sidi Salem ; C : population Bir Osmane (Guelma) ; D : population Corse (France); E : population El Hadjar (Annaba) ; F : population de Souk Rguibet (SoukAhras) ; G : population d'Ain Saynour ; H : appendice antennaire de la population de Sidi Salem.

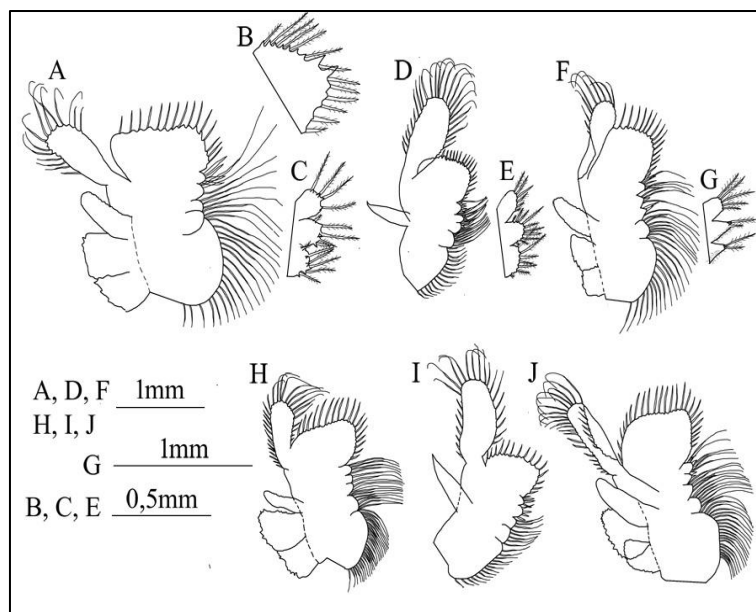


Figure 28. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910. Mâle : figures A–G ; femelle : figures H–J. A : première paire de membre thoracique ; B : détail agrandi de l'endopode P1 ; C : détail agrandi des endites P1; D : onzième paire de membre thoracique ; E : détail agrandi des endites P11 ; F : sixième paire de membre thoracique ; G : détail agrandi des endites de la sixième paire de membre thoracique ; H : première paire de membre thoracique ; I : onzième paire de membre thoracique ; J : sixième paire de membre thoracique.

Gonopode (Fig. 29A, B) : typique du genre, avec un lobe conique latéral. Partie basale rigide du gonopode subtriangulaire, marge médiane portant de petites dents. Partie réversible des gonopodes représentée par un apex conique et courbé.

Telson : lisse, sans projections. La longueur du Cercopode ne dépasse pas la longueur des trois derniers segments abdominaux ; cercopodes bordés de longues soies plumeuses.

❖ Description de la femelle

Adultes avec une longueur totale moyenne de $14,1 \pm 1$ mm (11,2-16,8 mm, N = 127), de couleur pareil que le mâle.

Première antenne : allongée, environ 1,3 x la longueur de la deuxième antenne, avec des soies à son extrémité apicale.

Deuxième antenne : de forme conique aplatie se terminant par un sommet pointu.

Thoracopodes I–XI (Fig. 28H, I, J) : comme chez le mâle.

Le premier somite génital : atteint la moitié de la seconde (Fig. 28C).

Sac ovigère : conique, avec apex atteignant le troisième ou quatrième somite abdominal.

Telson et cercopodes (Fig. 28D) : similaires à ceux des mâles.

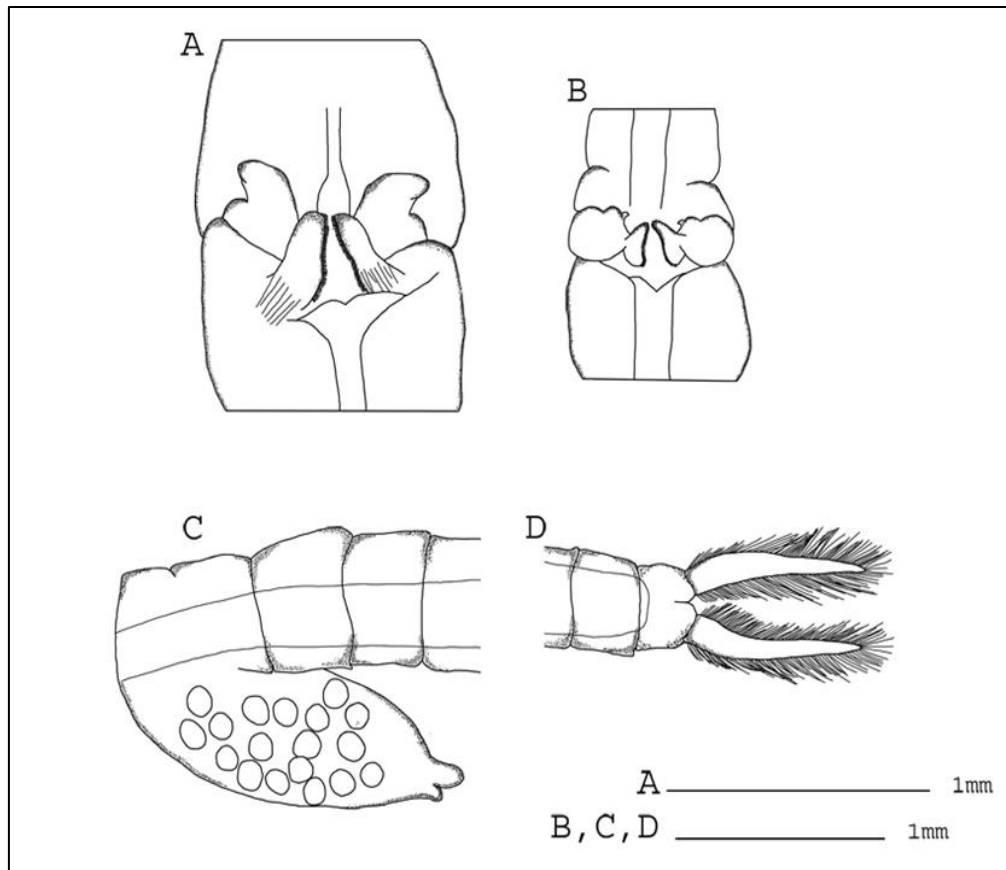


Figure 29. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910 de Sidi Salem (Annaba-Algérie). Mâle ; figures A-B ; femelle : figures C-D. A, B : segments génitaux du mâle ; C : segments abdominaux et sac ovigère de la femelle, D : cercopodes de la femelle.

Oeufs (Fig. 30): coquille à structure palissadée haute et fine délimitant des polygones plus ou moins réguliers. Diamètre des œufs : $326,47 \pm 19,4 \mu\text{m}$; N = 134.

3.1.3.2. Diagnostic différentiel

Chirocephalus salinus Daday, 1910 appartient au groupe « *diaphanus* » (Brtek 1995). Ses espèces sont séparées principalement de tous les autres *Chirocephalus* par la forme de l'appendice antennaire de la deuxième antenne du mâle. *C. salinus* est séparé de *C. diaphanus* Prévost, 1803 par la lame basale triangulaire dépourvue de la carène dorsale et par la petite taille de ses œufs.

Chirocephalus salinus est caractérisé par un antennomère proximal légèrement plus long que l'antennomère distal de la deuxième antenne, une caractéristique partagée par *C. diaphanus carinatus* Daday, 1910 ; *C. hardingi* Brtek, 1965 ; *C. pelagonicus* Petkowski, 1986 ; *C. reiseri* Marcus, 1913 ; *C. cupreus* Cottarelli, Mura et Özkütük, 2007 ; et

C. sibyllae Cottarelli et Mura, 1975 ; tandis que chez *C. diaphanus*, les deux antennes sont de la même tailles.

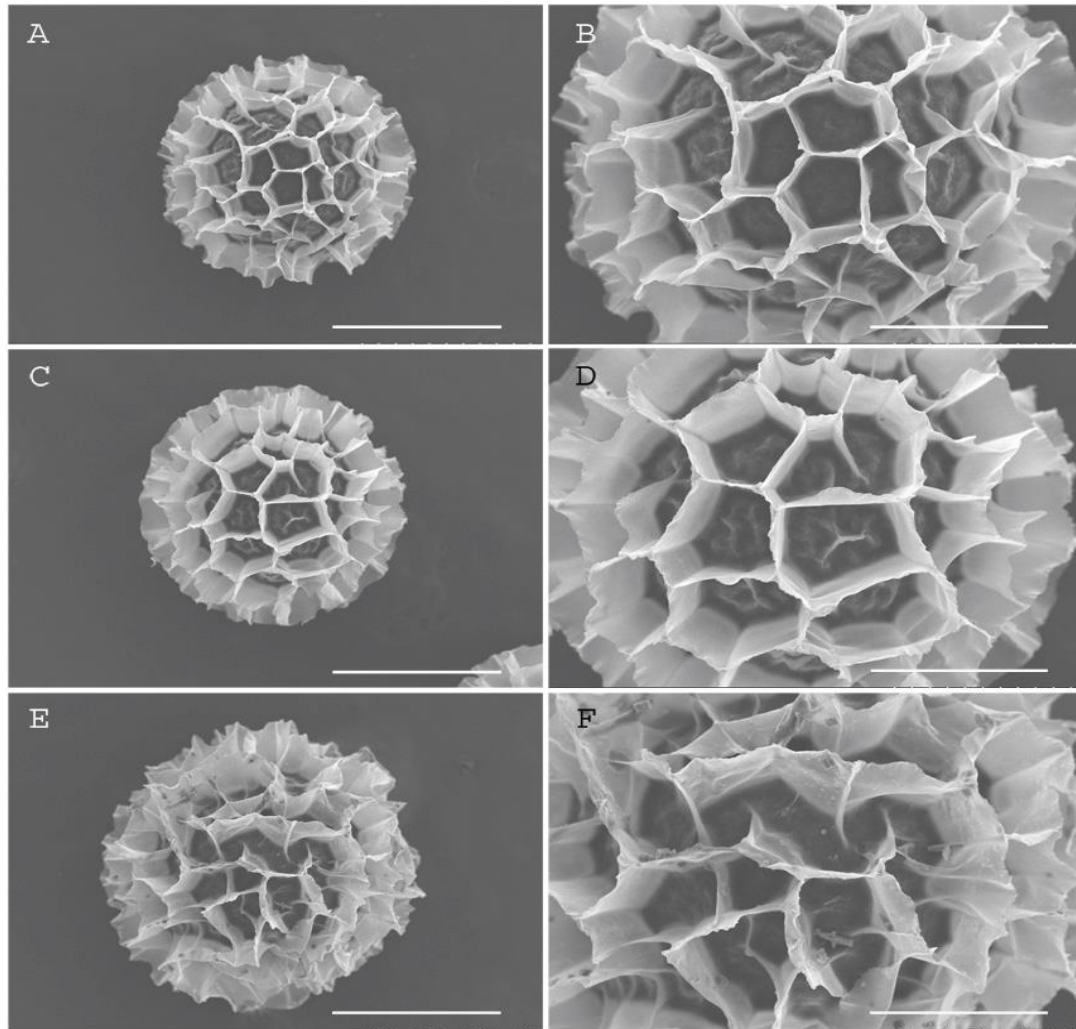


Figure 30. Micrographies MEB d'œufs. Figures A-B : Œufs de *C. salinus* Daday, 1910 d'Algérie ; Figures C, D : œufs de *Chirocephalus* sp.nov.de Réghaïa E-F : œufs de *C. sanhadjaensis* d'Ain-Magroun. Barres d'échelle : A, C, E ; 200 µm ; B, D, F : 100 µm.

Chez les différentes populations de *C. salinus*, (d'Algérie et celle du Croisic) le processus basal de l'antennomère distal est légèrement incurvé vers l'apex et pourvu de denticules distaux plus ou moins tranchants (Fig. 26B, C, D, E, F) rappelant en particulier celles de *C. diaphanus*, *C. diaphanus carinatus*. Alors que Chez *C. sibyllea*, *C. cupreus*, *C. weisigi* Smirnov, 1933; *C. hardingi*, ce processus est assez allongé et étroit, droit, portant quelques minuscules tubercules pointus.

Les prolongements latéro-basales de la lame dorsale sont présentes chez de nombreuses espèces du groupe *diaphanus*, *C. salinus*, *C. diaphanus*, *C. sibyllea* et *C. diaphanus carinatus*, *C. cupreus*, *C. ruffoi* Cottarelli et Mura, 1984 et également chez des espèces d'autres groupes de *Chirocephalus* comme *C. sarpedonis* Cottarelli et al. 2017; *C. croaticus* Steuer, 1899; *C. kerkyrensis* Pesta, 1936; mais sont absents, chez *C. appendicularis* Vávra, 1905 ; *C. marchesonii* Ruffo et Vesentini, 1957 ; *C. tauricus* Pesta, 1921 ; *C. skorikowi* Daday, 1913 ; *C. weisigi* Smirnov, 1933 ; *C. neumanni* ; *C. ponticus* Beladjal et Mertens, 1997 et *C. algidus* Cottarelli et al. 2010.

La morphologie de la lame dorsale de l'appendice antennaire mâle du *C. salinus* correspond bien à la forme typique du genre, bien qu'elle en diffère par la taille. Chez *C. salinus* la lame dorsale est légèrement plus longue (1,2x) que la lame basale. *C. diaphanus*, *C. diaphanus carinatus* sont les espèces dont les proportions sont les plus similaires, tandis que chez, *C. ruffoi*, *C. sibyllae*, *C. cupreus* la lame dorsale est trois fois plus longue que la lame basale.

La morphologie de la lame basale de *C. salinus* ressemble plus à celle de *C. diaphanus*, *C. diaphanus carinatus*, *C. ruffoi*, *C. sibyllae* et *C. cupreus*. Ces espèces sont cependant pourvues d'une carène dorsale au niveau de la lame basale, absente chez *C. salinus*. La taille de la pointe distale de la lame basale de *C. salinus* varie d'une population à l'autre. Elle est de petite taille chez les populations de Sidi Salem, Corse et Les salines, tandis qu'elle est allongée chez celle de Souk Ahras (Fig. 27, B, C, D, E, F, G).

La forme du sac ovigère chez *C. salinus* est conique, allongée, atteignant le 3^{ème} ou le 4^{ème} segment abdominal, présentant une forme similaire à celle de *C. diaphanus*, *C. ruffoi*, *C. sibyllae*, *C. cupreus*, *C. weisigi*, *C. diaphanus carinatus* et plusieurs autres espèces du groupe «*diaphanus*». Seuls *C. diaphanus*, *C. cupreus*, *C. weisigi*, *C. diaphanus carinatus* ont un sac ovigère qui peut atteindre le 5^{ème} segment abdominal. Chez *C. tauricus* et *C. algidus* le sac ovigère est court et enflé.

Chez *C. salinus* l'ornementation des œufs est similaire à celle de *C. diaphanus* et à de nombreuses autres espèces du genre (Mura et al. 1978 ; Mura 2001). Cependant, le diamètre de l'œuf est particulièrement petit ($326,47 \pm 19,4 \mu\text{m}$).

3.2. Etude de la collection du MNHN de PARIS

L'examen de la collection de *Chirocephalus* d'Algérie présente au MNHN de Paris a permis de révéler que les animaux dont les numéros de la collection MNHN-IU-2007-437 (= MNHN-Bp184) et MNHN-IU-2007-433 (= MNHN-Bp180) collectés par Coinde en 1862 et 1886 à Bône (Annaba) ont été identifiés comme *C. diaphanus* par E. Simon, ainsi que les animaux sous le numéro MNHN-IU-2007-445 (= MNHN-Bp 191) collectés en 1926 entre Souk Ahras et Ghardimoun et identifiés par Gauthier sous le nom *C. stagnalis* (Shaw, 1890) correspondent à *C. salinus* Daday, 1910.

Les types de *Chirocephalus salinus* des marais salants du Croisic en Loire Atlantique (France) dont le numéro de collection est MNHN-IU-2007-420 (= MNHN-Bp 169) collectés par Chevreux, 1908 et identifiés par Daday, ont été examinés. Malheureusement ces derniers sont fortement abimés et ne fournissent aucune information sur leur morphologie.

Les spécimens MNHN-IU-2007-419 (= MNHN-Bp 168) étudié par Daday dans le marais d'eau douce du Croisic en Loire Atlantique, collectés par Chevreux en 1908 et identifiés par Daday comme *C. stagnalis* (= *C. diaphanus*), sont en mauvais état. L'examen de l'appendice antennaire du mâle révèle la présence d'une lame basale triangulaire avec une carène dorsale bien développée. Ces individus morphologiquement correspondent bien à *C. diaphanus* Prévost, 1803.

Les animaux MNHN-IU-2007-457 (= MNHN-Bp 201) collectés par Lataste en 1880 à Frais Vallon (Alger), identifiés comme *C. diaphanus* par E. Simon, les spécimens MNHN-IU-2007-430 (= MNHN-Bp178) collectés en 1887 à Kef el Akhdar à Alger (actuellement Médéa) et déterminés par Daday en 1910 en tant que *C. stagnalis* (= *C. diaphanus*) ainsi que les spécimens MNHN-IU-2007-422 (= MNHN-Bp170) collectés par Gauthier en 1923 dans la mare Lekral (Alger) identifiés comme *C. stagnalis* (*C. diaphanus*) sont assez similaires. Tous ces animaux possèdent un appendice antennaire avec une lame basale triangulaire et une petite carène dorsale. Ces organismes sont identiques aux spécimens collectés à Réghaïa (Boumerdès).

Tableau 8. Liste des espèces de *Chirocephalus* d'Algérie présentes au MNHN de Paris.

MNHN-IU-2007	Espèce	Localité	Collecteur	Date	Identifié par	Etat des spécimens	Nouvelle identification
419	<i>C. stagnalis</i> Show	Le Croisc (marais d'eau douce, France)	Chevreaux	1908	Daday	trop petits, très abimés	<i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803
420	<i>C. stagnalis</i> var. <i>salinus</i>	Le Croisc (marais salant, France)	Chevreaux	1908	Daday,	très abimés	-
422	<i>C. stagnalis</i> Show	mare l'Eckral, (Alger)	H. Gauthier	1923	H. Gauthier	Bon état	<i>C. algeriensis</i> sp.nov.
430	<i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803	Kaf el Akdar (Alger)	-	1887	E. Simon Daday, 1909	Bon état	<i>C. algeriensis</i> sp.nov.
433	<i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803	Bône (Annaba-Algérie)	-	1886	E. Simon Daday, 1909	Mâles abimés	<i>C. salinus</i> Daday, 1910
437	<i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803	Bône (Annaba-Algérie)	Coinde	1862	E. Simon Daday, 1909	Bon état	<i>C. salinus</i> Daday, 1910
445	<i>C. stagnalis</i> Show	Entre Souk Ahras(Algérie) et Ghardimaou (Tunisie) Station 204, mare 2	H. Gauthier	1926	H. Gauthier	Bon état	<i>C. salinus</i> Daday, 1910
457	<i>C. diaphanus</i> Prévost, 1803	Frais vallon (Alger)	Lataste	1880	E.Simon Daday, 1909	Bon état	<i>C. algeriensis</i> sp.nov.

3.3. Clé d'identification des espèces de *Chirocephalus* d'Algérie

Nous avons établi une clé de détermination des espèces de *Chirocephalus* (Fig. 31) existant en Algérie basée sur la morphologie de la lame basale triangulaire.

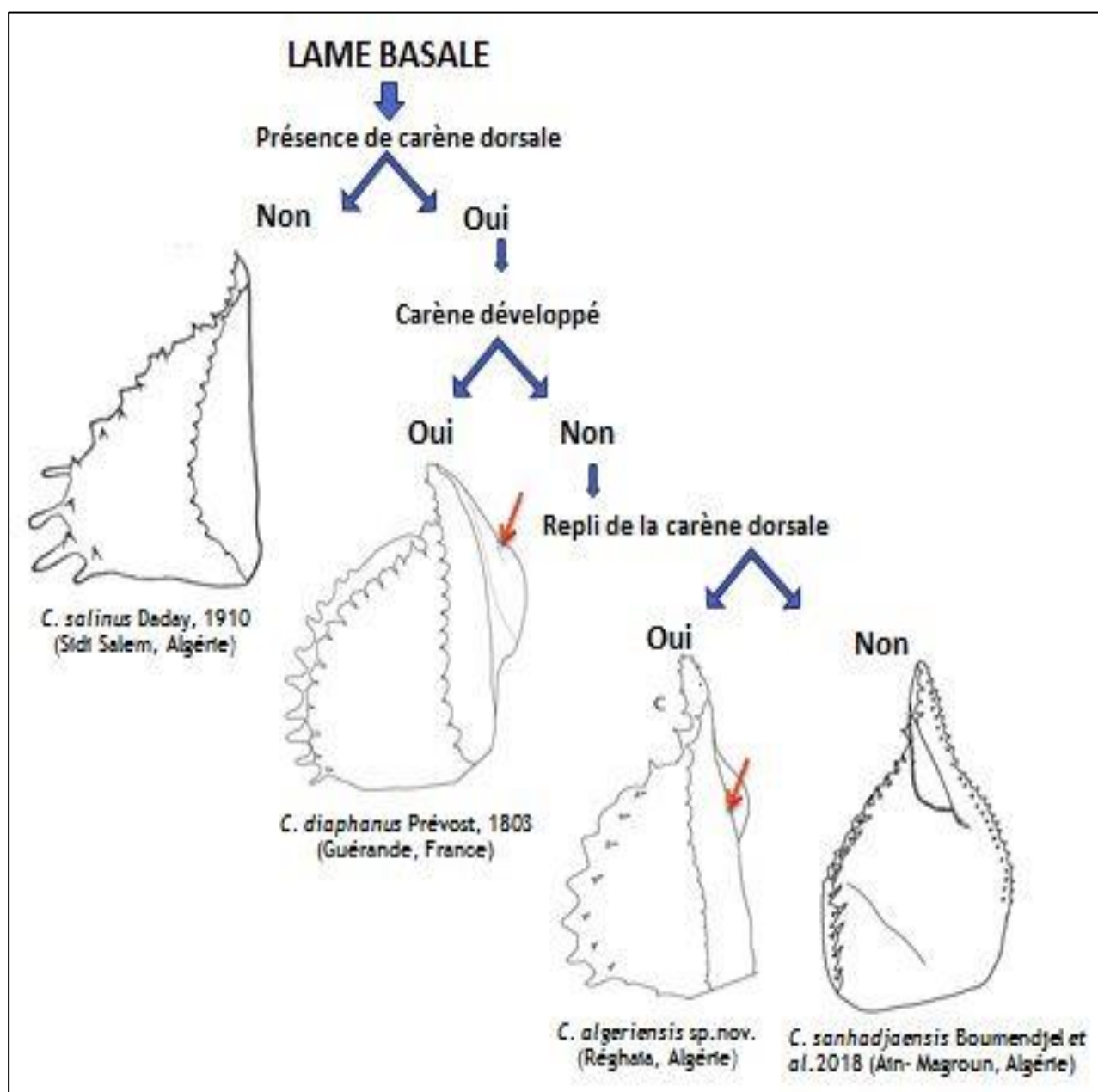


Figure 31. Clé simplifiée de détermination des espèces de *Chirocephalus* d'Algérie.

4. Discussion

En Algérie, toutes les espèces de *Chirocephalus* appartiennent au groupe « *diaphanus* ». La nouvelle espèce *Chirocephalus sanhadjaensis* est clairement reconnaissable par la forme de l'appendice antennaire, sans longues papilles baso-latérales, et par la forme de la lame basale. *Chirocephalus marchesoni*, *C. tauricus* et *C. algidus* partagent plusieurs caractères avec *C. sanhadjaensis*. Cependant, celui qui ressemble le plus à *C. sanhadjaensis* est *C. marchesoni* qui se distingue principalement par un processus basal de l'antennomère distale de l'antenne mâle, court, légèrement pointu et dépourvu de dents.

Dans cette étude nous avons identifié les caractéristiques discriminantes permettant l'identification de la nouvelle espèce *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. de la région d'Alger, confondue jusqu'à présent avec *Chirocephalus diaphanus* sensu stricto. L'étude phylogénique a révélé que ce qui était identifié comme *C. diaphanus* dans plusieurs pays, y compris dans des régions d'Algérie, n'étaient finalement que des espèces cryptiques de *C. diaphanus*, qui méritent un statut taxonomique spécifique. La comparaison des caractères morphologiques de cette nouvelle espèce avec ceux des différentes populations de *C. diaphanus* sensu stricto a révélé que ces deux espèces différaient principalement par la taille de la lame dorsale de l'appendice antennaire. Elle est allongée chez la nouvelle espèce de la région d'Alger, de taille 2 x celle de la lame basale, alors que chez *C. diaphanus* sensu stricto, elle ne la dépasse que légèrement. Il y a aussi une différence proportionnelle au niveau de la taille de la carène dorsale de la lame basale, petite quelle que soit la taille des individus chez la nouvelle espèce d'Algérie. Chez les populations de *C. diaphanus* de France la lame basale est toujours grande, avec une carène dorsale bien développée. La présence d'une papille basale ornée de petits denticules tranchants au niveau de la projection basale de l'antennomère distale chez toutes les populations de *C. diaphanus* sensu stricto semble être une caractéristique morphologique de ces *Chirocephalus* de France. L'ornementation des épines et des dents au niveau des mandibules, en particulier la droite, pourrait être taxonomiquement intéressante (Brtek et Cottarelli 2006). Pour cette raison, nous avons comparé les mandibules de ces deux espèces de *Chirocephalus*, ce qui a permis d'avoir des différences intéressantes au niveau de l'ornementation des deux mandibules.

Chirocephalus salinus Daday, 1910 est séparé principalement de tous ses congénères par la forme de la lame basale triangulaire, dépourvue de la carène dorsale et par la petite taille de ses œufs. L'examen de la population de *C. salinus* de Tre Padule Corse (France) ne révèle aucune différence morphologique par rapport à la population de *C. salinus* d'Algérie, ce qui a été confirmé par la génétique. Les légères variations morphologiques de la pointe distale de la lame basale et le processus basale de l'antennomère distale entre les différentes populations algériennes et de Corse sont secondaires aux variations de l'environnement.

Jusqu'à présent *Chirocephalus algeriensis* sp.nov. présente une distribution dans le centre du pays, autour d'Alger, non loin du littoral. A Réghaïa l'espèce a été retrouvée en cohabitation avec *Tanyastix stagnalis* à proximité des mares visitées et échantillonnées par Gauthier en 1928 et où il avait récolté des chirocéphales avec *Tanyastix stagnalis* et *Lepidurus apus*. Malheureusement, une partie de cette forêt a disparu aujourd'hui, remplacée par des constructions urbaines. Les quelques sites restants sont maintenant inaccessibles.

La nouvelle espèce *C. sanhadjaensis* n'est présente que dans deux localités de la wilaya de Skikda, où elle cohabite avec *C. salinus* dans la mare d'Ain-Magroun. La région de Guerbes-Sanhadja appartient à un segment de la chaîne alpine de l'Est de l'Algérie, créé à l'époque de l'Éocène et du Miocène (Vila 1980). Cet événement a placé la plaque africaine représentée par le massif métamorphique de l'Edough, Annaba, à l'Est et la base de Skikda à l'Ouest à la même latitude que la plaque européenne. Cela a créé un réservoir de biodiversité faunistique et floristique avec des espèces de diverses régions biogéographiques (Toubal *et al.* 2014). En effet, la similitude entre *C. marchesoni* et *C. sanhadjaensis* peut s'expliquer par le fait que les deux espèces sont originaires d'un ancêtre unique, vivant initialement dans la plaque méridionale, avant la collision.

Notre visite au Museum national d'Histoire naturelle (MNHN) de Paris dans le but d'examiner les types de *Chirocephalus salinus* Daday, 1910 du Croisic et *Chirocephalus diaphanus* Prévost, 1803 de Guérande en Loire Atlantique, a permis de trouver quelques échantillons de *Chirocephalus* d'Algérie perdus, des collections de Gauthier (1928) et de Simon (1886).

L'examen de la collection des chirocephales d'Algérie, présente au MNHN de Paris, a permis de révéler que les espèces qui ont été identifiées comme *C. diaphanus* par Simon (1886) à Frais vallon (Alger) et Kef El Akhdar (Médéa) et *C. stagnalis* par Gauthier (1928) dans la mare Lakhral (Alger) correspondent bien morphologiquement à la nouvelle espèce *Chirocephalus algeriensis* sp.nov de Réghaïa. Par contre, les espèces de *Chirocephalus* qui ont été identifiées en tant que *C. diaphanus* (= *C. stagnalis*) par Simon (1886) à Bône (Annaba) et par Gauthier (1928) entre Souk Ahras (Algérie) et Ghardimaou (Tunisie) correspondent morphologiquement à l'espèce *C. salinus*, Daday, 1910.

Ce qu'ont identifié Samraoui *et al.* (2002) dans plusieurs localités d'Annaba, El Tarf et Skikda en tant que *C. diaphanus* étaient apparemment *C. salinus*, espèce très abondante en Numidie. En effet, dans leurs recherches, ils n'ont pas pris en considération la clé d'identification de Daday, 1910 pour déterminer cette espèce et aucun dessin n'a été présenté.

Il est à noter que les types de l'espèce *C. salinus* du Croisic en Loire Atlantique, déposées au MNHN, sont inutilisables au vu de leur état. Ils sont complètement abimés et inaptes à être étudiés. De ce fait, il est impossible d'en faire une comparaison avec les spécimens d'Algérie et on pourrait considérer cette espèce comme éteinte. Il est donc impératif de re-décrire le statut de *C. salinus* en nous basant sur les spécimens d'Algérie récoltés par Simon en 1886 à Annaba (Bône).

Les espèces du genre *Chirocephalus* sont traditionnellement délimitées par des caractères morphologiques, mais la phylogénie moléculaire défie ce point de vue. Certaines espèces actuellement reconnues devraient éventuellement être séparées en plusieurs espèces, comme dans le cas de *C. diaphanus* sensu lato (Reniers *et al.* 2013) et de *Chirocephalus ruffoi* (Zarattini et Mura 2013). En effet, plusieurs populations (Reniers *et al.* 2013 ; Zarattini et Mura 2013) de ce genre doivent être testés par des outils moléculaires.

La connaissance de la taxonomie des chirocéphales s'est considérablement améliorée en Algérie, trois espèces de *Chirocephalus* sont connues maintenant : *C. salinus* Daday, 1910 ; *C. sanhadjaensis* Boumendjel *et al.* 2018 et *C. algeriensis* sp. nov. Des efforts d'échantillonnage supplémentaires sont nécessaires à la recherche d'autres sites hébergeant *Chirocephalus* dans le littoral centre et Nord-Ouest de l'Algérie (La Kabylie, Oran, Tlemcen...). *C. diaphanus* au sens strict ne semble pas être inféodé à l'Algérie.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion et perspectives

Chirocephalus salinus, apparaît comme l'anostracé le plus répandu dans les zones humides et semi humides du littoral Nord Est algérien. Il vit aussi bien en plaine, dans les mares et les fossés alimentées par les pluies printanières (ex : Les salines, Lalaalig) ou les tourbières (Souk Rguibet), qu'en montagne à une altitude entre 1260 et 1400 m, comme dans la région de Souk Ahras. Ces crustacés peuvent vivre dans des conditions physico-chimiques assez variables, comprenant des salinités allant jusqu'à 4 psu. L'étude comparative des adultes mâles et femelles dans 24 populations de chirocéphales (biométrie, fécondité et diamètre des cystes) nous a menés aux conclusions suivantes :

- La taille des femelles est dans plusieurs populations plus grandes que celle des mâles. Des différences de taille existent aussi entre les populations des différents sites. Elles sont probablement dues aux conditions abiotiques ou biotiques. On note la présence de populations naines et de populations géantes.
- La sex-ratio est le plus souvent en faveur des mâles. La fécondité est extrêmement variable entre quelques dizaines et quelques centaines d'œufs par portée, probablement à cause des conditions du milieu, telles que la disponibilité de la nourriture.

Notre analyse du gène COI a permis de clarifier le statut du genre *Chirocephalus* en Algérie et ses liens phylogénétiques avec les autres populations d'Europe occidentale et du Maroc. L'arbre phylogénétique a permis de distinguer trois lignées séparées du *Chirocephalus* en Algérie, appartenant tous au groupe «*diaphanus*».

- Une lignée est représentée par l'espèce *C. salinus* Daday, 1910 collectée dans les zones humides et semi humides du littoral Nord Est Algérien. La phylogénie a révélé que les différentes populations de *C. salinus* (Algérie – Corse) forment ensemble un groupe bien soutenu. La large distribution de cette espèce en Algérie par rapport à celle d'Europe occidentale limitée, suggère que cette espèce est originaire des zones humides et sub-humides d'Algérie.
- Une deuxième lignée, correspond à une nouvelle espèce, *Chirocephalus sanhadjaensis* Boumendjel, Rabet et Amarouayache 2018, représentée par la population d'Ain-Magroun dans le complexe des zones humides de Guerbès-Sanhadja (Skikda). Cette espèce semble endémique de cette région, qui appartient à un segment de la chaîne

alpine de l'Est de l'Algérie, créé par la collision de la plaque européenne et la plaque africaine.

- Une troisième lignée, *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. est représentée par la population de Réghaïa (Boumerdès). Elle était signalée anciennement en tant que *C. diaphanus*. Cette lignée est nettement séparée du clade *C. diaphanus* de France et des Pays Bas qui représentent *C. diaphanus sensu stricto*.

L'étude phylogénique a révélé également que ce qui était identifié comme *C. diaphanus* dans plusieurs pays du bassin méditerranéen (Portugal, Espagne, Bulgarie, Maroc, Italie, Algérie) n'était finalement que des espèces cryptiques de *C. diaphanus*, qui méritent un statut taxonomique spécifique. En effet, l'étude de la collection du MNHN a révélé que ce qui était désigné par Simon et Daday à Alger comme *C. diaphanus* n'était que du *C. algeriensis*.

L'étude morphologique des différentes populations de *Chirocephalus* existant en Algérie nous a permis de déterminer les critères morphologiques qui permettront d'identifier ces trois espèces algériennes :

- L'espèce *Chirocephalus sanhadjaensis* est clairement reconnaissable par la forme de l'appendice antennaire, sans longues papilles baso-latérales, par la forme de la lame basale et par le diamètre de l'œuf qui est particulièrement grand.
- L'espèce *Chirocephalus algeriensis* sp. nov. est principalement séparée des autres espèces de *Chirocephalus* par la forme de l'appendice antennaire. La marge latérale médiale intérieure de la lame dorsale porte des papilles sub-triangulaires, plus allongées que celles du côté extérieur ; la taille de la lame dorsale 2 x celle de la lame basale triangulaire et par la petite taille de la carène dorsale.
- L'espèce *Chirocephalus salinus* est séparée principalement de tous ses congénères par la forme de l'appendice antennaire de la deuxième antenne du mâle. La lame basale triangulaire de cette espèce est dépourvue de la carène dorsale et ses œufs sont de petite taille.

La comparaison morphologique entre *C. algeriensis* et les différentes populations de *C. diaphanus* de France a permis de déterminer quelques critères discriminants entre les deux espèces. Les différentes populations de *C. diaphanus* sensu stricto de France diffèrent principalement par : la taille de la lame dorsale de l'appendice antennaire (qui ne dépasse que légèrement la lame basale) ; celle de la carène dorsale de la lame basale (bien développée) ; la taille des deux bords de la lame dorsale (asymétrique), la projection basale de l'antennomère distale de la deuxième antenne (pourvu d'une papille basale ornée de petits denticules tranchants).

L'examen de la collection des chirocephales d'Algérie, présente au MNHN de Paris, a révélé que les espèces qui ont été identifiées comme *C. diaphanus* par Simon (1886) et par Gauthier (1928), dans le littoral Centre (région d'Alger) correspondent bien morphologiquement à la nouvelle espèce *Chirocephalus algeriensis* sp.nov de Réghaïa. Par contre, les espèces de *Chirocephalus* qui ont été identifiées en tant que *C. diaphanus* par Simon (1886) et par Gauthier (1928) au Nord Est de l'Algérie correspondent morphologiquement à l'espèce *C. salinus*, Daday, 1910.

Les résultats de ce travail original nous ont permis de découvrir les chirocéphales des eaux douces continentales temporaires du Nord Est et Centre algériens, de mieux connaître la taxonomie de ces espèces et leur relation phylogénétique avec les autres populations d'Europe Occidentale et du Maroc.

Des efforts d'échantillonnages supplémentaires sont nécessaires afin de compléter ces travaux et découvrir d'autres sites, non échantillonnés, hébergeant *Chirocephalus* dans le littoral centre et Nord-Ouest de l'Algérie (exp: La Kabylie, Oran, Tlemcen...). Une révision de ce genre en Tunisie et au Maroc est indispensable.

Des études complémentaires sont à envisager pour étudier les caractéristiques biologiques et écologiques des nouvelles espèces de *Chirocephalus* afin de mieux connaître ces taxons.

BIBLIOGRAPHIES

Références bibliographiques

- Alonso, M., 1985. A survey of the Spanish Euphyllopoda. *Misc. Zool*, 9, 179–208.
- Alonso, M., 1996. Fauna iberica. Crustacea Branchiopoda. Museo Naciona de ciencias Naturales. *Consejo Superior de Investigaciones Cientificas*, Vol 3, 471 p.
- Amarouayache, M., 2009. L'artémia dans les Chotts et les sebkhas du nord-est de l'Algérie: recherches sur les populations du Chott Marouane et de la sebkha ez-Zemoul. Thèse de doctorat en Sciences de la Mer, Université badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
- Amarouayache, M., 2014. Observations on *Phallocryptus spinosa* (Branchiopoda, Anostraca) populations from the high plateaus of northeastern Algeria. *Sustainab., Agric., Food Environm. Res.*, 2, 22-31.
- Amarouayache, M., & Kara, M.H., 2017. Aspects of life history of *Artemia salina* (Crustacea, Branchiopoda) from Algeria reared in different conditions of salinity. *Vie et milieu-life and environment*, 67(1), 15-20.
- Amarouayache, M., Cakmak, Y.S., Asan-Ozusaglam, M., & Amorouayeche, A., 2017. Fatty acid composition of five Algerian bisexual and parthenogenetic strains of *Artemia* (Anostraca, Crustacea) and their antimicrobial activity. *Aquaculture International*, 25(4), 1555-1568.
- Amarouayache, M., Derbal, F., & Kara, K.H., 2010. Caractéristiques écologiques et biologiques d'*Artemia salina* de la Sebkha Ez-Zemoul, Algérie nord-est (anostracé). *Revue d'Ecologie (Terre & Vie)*, 65, 13-22.
- Anonymous,. 2004. Atlas (IV) des zones humides algériennes d'importance internationale. Direction Générale des Forêts (Eds.), MADR, Algérie 107pp.
- Beladjal, L., & Mertens, J., 1997. *Chirocephalus ponticus* n.sp. (Crustacea, Anostraca) and its affinities to the other Turkish species of the genus. *Hydrobiologia*, 359, 101–111.
- Beladjal, L., & Mertens. J., 2003. Interstitial remains for fauna reconstruction of desert pools using fairy shrimps as example (Anostraca). *Journal of Crustacean Biology*, 23, 60-68.
- Beladjal, L., and Mertens, J., 2009. Diaspore dispersal of Anostraca by flying insects. *Journal of Crustacean Biology* 29, 266-268.

- Beladjal, L., Dierckens, K., Mertens, J., 2007. Dispersal of fairy shrimp *Chirocephalus diaphanus* (Branchiopoda: Anostraca) by the trout (*Salmo trutta*). *Journal of Crustacean Biology*, 27, 71-73.
- Beladjal, L., Mertens, J. & Dumont, H.J., 1995. An analysis of the setation pattern of the limbs in Anostraca (Crustacea); using the Algerian species as an example. *Hydrobiologia*, 298, 263-280.
- Belk, D., & Brtek, J., 1995. Check list of the Anostraca. *Hydrobiologia*, 298, 315-353.
- Belk, D., & Brtek, J., 1997. Supplement to 'checklist of the Anostraca. *Hydrobiologia*, 359, 243-245.
- Belk, D., & Pereira, G., 1982. *Thamnocephalus venezuelensis*, new species (Anostraca: Thamnocephalidae), first report of *Thamnocephalus* in South America. *Journal of Crustacean Biology*, 2(2), 223-226.
- Belouahem-Abed, D., Belouahem, F., De Bélair, G., 2009. Biodiversité floristique et vulnérabilité des aulnaies glutineuses de la Numidie algérienne (NE Algérie). *European Journal of Scientific Research*, 32(3), 329-361.
- Boumendjel, L., Rabet, N., & Amarouayache, M., 2018. *Chirocephalus sanhadjaensis* sp. nov., a new chirocephalid species (Branchiopoda: Anostraca) from Numidia (Algeria). *Zootaxa*, 4526(3), 381-391.
- Brauer, F., 1877. Beiträge zur Kenntnis der Phyllopoden. Sitzber. Akad. Wiss. Wien. Abt, 75, 583-619.
- Brendonck, L., & De Meester, L., 2003. Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. *Hydrobiologia*, 491, 65-84.
- Brendonck, L., Thiery, A., & Coomans, A., 1990. Taxonomy and biogeography of the Galapagos Branchiopod fauna (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata). *Journal of Crustacean Biology*, 10, 676-694.
- Brtek, J., 1965. Eine neue Art und eine neue Gattung der Ordnung Anostraca. *Annotationes Zoologicae et Botanicae* (Bratislava), 21, 1-4.

- Brtek, J., 1966. Einige Notizien zur Taxonomie der Familie Chirocephalidae Daday, 1910. *Annotationes Zoologicae e Botanicae* (Bratislava), 33, 1–42.
- Brtek, J., 1968. *Chirocephalus vornatscheri* n.sp. aus der Türkei. *Annotationes Zoologicae et Botanicae* (Bratislava), 51, 1–5.
- Brtek, J., 1971. *Chirocephalus slovacicus* n. sp. *Annotationes. Zoologicae et Botanicae* (Bratislava), 69, 1–8.
- Brtek, J., 1995. Some notes on the taxonomy of the family Chirocephalidae (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca). *Zborník Slovenského Národného Múzea, Prírodné Vedy*, 41, 3–15.
- Brtek, J., 1997. Check list of the valid and invalid names of the “large branchiopods” (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata, and Laevicaudata), with a survey of the taxonomy of all Branchiopoda. *Zborník Slovenského Národného Múzea (Prírodné Vedy)*, 43, 1–66.
- Brtek, J., & Cottarelli, V., 2006. *Chirocephalus murae* a new species (Anostraca, Branchiopoda) from Turkey. *Crustaceana*, 79 (1), 89–98.
- Brtek, J., Mura, G., 2000. Revised key to families and genera of the Anostraca with notes on their geographical distribution. *Crustaceana*, 73, 1037–1088.
- Brtek, J., & Thiéry, A., 1995. The geographical distribution of the european branchiopods (Anostraca Notostraca Spinicaudata Laevicaudata)", *Hydrobiologia*, vol. 298, 263–280.
- Champeau, A., et Thiéry, A., 1990. Les crustacés entomostracés des eaux stagnantes de Corse. Importance particulière des espèces monovoltines méditerranéennes de Copépodes Calanoïdes et d'Anostracés dans le Sud-Est de l'île. *Bull. Société Zoologique de France*, 115, 55–75.
- Colosi, G., 1922. Note spora alcuni Eufi llopodi. *Atti Societa Italiana di Scienze Naturale e Museo Civico di Storia Naturale Milan*, 61, 287–297.
- Cottarelli, V., 1971. Su una nuova specie di anostraco e su un conostraco (Crustacea, Phyllopoda) della Turchia Asiatica. *Bollettino di Zoologia*, 38, 127–138.

- Cottarelli, V., Aygen, C., & Mura, G., 2010. Fairy shrimps from Asiatic Turkey: Redescription of *Chirocephalus tauricus* Pesta, 1921 and descriptions of *Chirocephalus algidus* sp. nov. and *Chirocephalus brteki* sp. nov. (Crustacea, Branchiopoda, Anostraca). *Zootaxa*, 2528, 29–52.
- Cottarelli V., & Fasano L., 1978. *Nitorella stammeri* Chappuis (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) : nuovi reperti italiani e descrizione del maschio. *Animalia*, 5 (1/3), 187-195.
- Cottarelli, V., & Mura, G., 1974. Su alcuni anostraci della Turchia Asiatica (Crustacea, Phyllopoda). *Fragm. entom.*, 10, 39-51.
- Cottarelli, V., & Mura, G., 1975. Una nuova specie di anostraco (Crustacea, Branchiopoda) dell'Italia Peninsulare: *Chirocephalus sibyllae* n.sp. *Bollettino di Zoologia*, 42, 187-196.
- Cottarelli, V., & Mura, G., 1978. On some Anostraca (Crustacea, Branchiopoda) from Sardinia. *Boll. Zool*, 40, 323-335.
- Cottarelli, V., & Mura, G., 1983. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque.
- Cottarelli, V., & Mura, G., 1984. *Chirocephalus ruffoi* n. sp. (Crustacea, Euphyllopoda, Anostraca) di acque astatiche d'alta quota deU'Appennino Calabro-Lucano. *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona*, 11, 515-523.
- Cottarelli, V., Mura, G., Ippolito, G., & Marrone, F., 2017. *Chirocephalus sarpedonis* sp. nov. (Branchiopoda, Anostraca, Chirocephalidae) from Turkey questions the monophyly of the traditional *Chirocephalus* species-groups. *Hydrobiologia*, 801, 5–20
- Cottarelli, V., Özkütük, R.S., & Mura, G., 2007. On two Anostraca species (Crustacea, Branchiopoda) from Turkey, new to science. *Crustaceana*, 80 (4), 455–474.
- Daday, E., 1910. Monographie Systématique des Phyllopo des Anostracés. Annales des Sciences Naturelles. *Zoologie*, 11, 91–489.
- Daday, E., 1910b. Quelques Phyllopo des Anostracés nouveaux. Appendice à la monographie systématique des Phyllopo des Anostracés. Annales des Sciences Naturelles. *Zoologie*, 9 ser. 12, 241–264.

- Daday, E., 1913. Quelques phyllopo des Anostracés nouveaux. Appendice à la monographie systématique des phyllopo des Anostracés. *Annales des Sciences Naturelles. Zoologie et Biologie Animale*, 18, 218–297.
- Defaye, D., Rabet, N., and Thiéry, A., 1998. Atlas et Bibliographie des Crustacés Branchiopodes (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) de France Métropolitaine. *Muséum National D'Histoire Naturelle, Paris*, 62 pp.
- Demeter, L., Stoicescu, A., 2008. A review of the distribution of large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca, Spinicaudata, Laevicaudata) in Romania. North-West. *J. Zool*, 4, 203-223.
- Dumont, H.J., and Negrea, S.V., 2002. Introduction to the class Branchiopoda. Guides to the identification of the microcrustaceans of the continental waters of the world 19. *Backhuys Publishers, Leiden*, 398 pp.
- 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.
- Fonseca, W., Alice, F., Montero, J., Toruño, H., Leblanc, H., 2008. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y en plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 46, 57–63.
- Frisch, D., Green, A. J., & Figuerola, J., 2007. High dispersal capacity of a broad spectrum of aquatic invertebrates via waterbirds. *Aquatic Science*, 69, 568–574.
- Gauthier, H., 1928. Nouvelles recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. *Minerva*, Alger.
- Gauthier, H., 1933. Nouvelles recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie (introduction). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 24, 63-68.
- Ghaouaci, S., Amarouayache, M., 2017. Ecological data on the endangered crustacean *Tanymastix stagnalis* (Linnaeus, 1758) in El-Frine pool (Northeastern Algeria).The

- International Colloque Franco-Japanese of Oceanography (COAST), *Coast Bordeaux-France*, November 7 -10 (2017).
- Ghaouaci, S., Amarouayache, M., Sinev, A.Y., Korovchinsky, N.M., & Kotov, A.A., 2018. An annotated checklist of the Algerian Cladocera (Crustacea: Branchiopoda). *Zootaxa*, 4377(3), 412-430.
- Guindon, S., Gascuel, O., 2003. A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood, *Syst Biol*, vol. 52, 696-704.
- Gurney, R., 1909. On the freshwater Crustacea of Algeria and Tunisia. *Journal of the Royal Microscopical Society*, 3, 273–305.
- Haiahem, D., Touati, L., Baaziz, N., Samraoui, F., Alfarhan, A. H, & Samraoui, B., 2017. Impact of eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, on temporary ponds: insights on how predation may structure zooplankton communities. *Zoology and ecology*, 27, 124-132.
- Hamer, M.L., Appleton, C.C., 1991. Life history adaptations of phyllopods in response to predators, vegetation and habitat duration in north-eastern Natal, Republic of South Africa. *Hydrobiologia*, 212, 105-16.
- Hartland-Rowe, R., 1967. *Chirocephalus neumanni* a new species of fairy-shrimp from Israel. *Israel Journal of Zoology*, 16, 83–87.
- Hasegawa, M., Kishino, H., and Yano, T., 1985. Dating the human-ape split by a molecular clock of mitochondrial DNA. *Journal of Molecular Evolution*, 22, 160-174.
- Houhamdi, M., Bensaci, T., Nouidjem, Y., Bouzegag, A., Saheb, M., and Samraoui, B., 2008. Eco ethology of the greater flamingo *Phoenicopterus roseus* wintering in Oued Righ hill, *oriental Sahara of Algeria*. *Aves*, 45, 15-27.
- Hsii, F., 1933. Studies on the anatomy and development of a freshwater phyllopod *Chirocephalus nankinensis* (Shen). *Contr. biol. Lab. Sci. Soc. China*, 9, 119-163.
- Incagnone, G., Marrone, F., Barone, R., Robba L., & Naselli-Flores, L., 2015. How do freshwater organisms cross the “dry ocean” A review on passive dispersal and colonization processes with a special focus on temporary ponds, *Hydrobiologia*, 750, 103–123.

- Ivleva, I.V., 1973. Mass cultivation of Invertebrates, Biology and Methods. Translated from Russian, *Israel Program for Scientific Translations*, Jerusalem, 193 pp.
- Kadi-Hamman, C., Benkerroum, S., Saad, E.H., Saad, I., Zidane, L., Daira, A., Fadli, M., 2011. Crustacés Euphyllopodes Anostracés du Maroc: inventaire commenté, nouveaux sites de récolte, repartition géographique et structure des associations spécifiques. *Science Lib*, 3, 1-21.
- Kara, M.H., & Amarouayache, M., 2012. Review of the biogeography of *Artemia* Leach, 1819 (Crustacea: Anostraca) in Algeria. *International Journal of Artemia Biology*, 2, 40-50.
- Ketmaier, V., Marrone, F., Alfonso, G., Paulus, K., & Wiemann, A., 2012. Mitochondrial DNA regionalism and historical demography in the extant populations of *Chirocephalus kerkyrensis* (Branchiopoda: Anostraca). *PLoS One* 7, e30082.
- Ketmaier, V., Zarattini, P., Matthaeis, E.De., Cobolli, M., & Mura, G., 2003. Intra- and inter-specific relationships in the six Italian species of the fairy shrimp genus *Chirocephalus*: combining allozymes and mtDNA data. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 41, 276–285.
- Latreille, P.A., 1817. Les Crustacés, les Arachnides et les Insectes. In: Cuvier, G. (ed.), *Le Règne Animal. T. III. Paris*.
- Linder, F., 1941. Contributions to the morphology and the taxonomy of the Branchiopoda Anostraca. *Zool. Bidrag Fran Uppsala*, 20, 102–303.
- Marcus, K., 1913. Beitrage zur Kenntnis der Siiss wasser fauna der nord west lichen Balkan halbinsel, *Zool. Anzeiger*, 41, 409-412.
- Marre, A., 1992. The Tell eastern Algeria, Study géomorphologique, O.P.U. Algiers, 2: 624.
- Marrone, F., Korn, M., Stoch, F., Naselli Flores, L., & Turki, S., 2016. Updated check list and distribution of large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) in Tunisia. *Biogeographia*, 31, 27-53.
- Marrone, F., Rogers, C. R., Zarattini, P., Naselli-Flores, L., 2017. New challenges in anostracan research: old issues, new perspectives and hot topics. *Hydrobiologia*, 801, 179–185.

- Massal, L., 1951. Note sur la présence en Tunisie de *Branchinecta ferox* (M. Edw.) (Crustacé Phyllopode Anostracé). *Bulletin de la Société des Sciences Naturelle de Tunisie*, 4, 41–44
- Meade, J.W., & Bulkowski-Cummings, L., 1987. Acceptability of fairy shrimp (*Streptocephalus seali*) as a diet for larval fish. *The Progressive Fish-Culturist*, 49, 217–219.
- Munuswamy, N., Mertens, J., de Walsche, C., Dumont, H., 1992. Lipid classes and fatty acid profiles in the cryptobiotic cyst of *Streptocephalus dichotomus* and *Streptocephalus proboscoides* (Crustacea, Anostraca). *Hydrobiologia*, 231, 65–68.
- Mura, G., 1992. Preliminary testing of Anostraca from Italy for use in freshwater fish culture. *Hydrobiologia*, 241, 185–194.
- Mura, G., 1995b. Biometrics and fatty acid composition of the resting eggs of *Thamnocephalus platyurus* (Anostraca) in view of an eventual use as fish feed. *Crustaceana*, 68, 149–154.
- Mura, G., 1999. Current status of the Anostraca of Italy. *Hydrobiologia*, 405, 57–65.
- Mura, G., 2001. Morphological diversity of the resting eggs in the anostracan genus *Chirocephalus* (Crustacea, Branchiopoda). *Hydrobiologia*, 450, 173–185.
- Mura, G., Accordi, F., & Rampini, M., 1978. Studies on the resting eggs of some freshwater fairy shrimps of the genus *Chirocephalus*: biometry and scanning electron microscopic morphology (Branchiopoda, Anostraca). *Crustaceana*, 35, 190–194.
- Mura, G., Venanzi, P., Avallè, V., & Quaglia, G. B., 1994. Fatty acid and amino acid composition of two fairy shrimp species (Crustacea, Anostraca) from Italy: *Chirocephalus diaphanus* and *Chirocephalus kerkyrensis*. *Hydrobiologia*, 286, 149–154.
- Mura, G., & Zarattini, P., 2000. Life history adaptation of *Tanymastix stagnalis* (Crustacea, Branchiopoda) to habitat characteristics. *Hydrobiologia*, 437, 107–119.
- Mura, G., Zarattini, P., & Petkowski, S., 2002. Morphological variation among *Chirocephalus diaphanus carinatus* populations (Anostraca) from the Balkan-area. *Journal of Crustacean Biology*, 22, 162–172.

- Nourisson, M., & Thiéry, A., 1988. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.-9. Crustacés Branchiopodes (Anostracés, Notostracés, Conchostracés) (suite et fin). *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 57(4), 104-135.
- Nourisson, M., 1964. Recherches écologiques et biologiques sur le Crustacé Branchiopode *Chirocephalus diaphanus* Prév: étude expérimentale du déterminisme du développement de l'oeuf. Thèse Doc. Etat Univ. Nancy, 154 p.
- Persoone, G., & Sorgeloos, P., 1980. General aspects of ecology and biogeography of *Artemia* . In: The brine shrimp *Artemia*, Vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture. pp 1-456. Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O., Jaspers, E., (eds.), *Universa Press. Wetteren, Belgium*, 3-24.
- Pesta, O., 1921. Kritische revision der branchiodidensammlung der Wiener naturhistorischen staats-museum. *Annalen Naturhistorischen Museums in Wien* 34, 80–98.
- Pesta, O., 1936. Entomostraken von der inseln Korfu. *Zoologischer Anzeiger*, 114, 241–252.
- Petit, R. J., Bialozyt, R., Garnier-Gere, P., and Hampe, A., 2004. Ecology and genetics of tree invasions: from recent introductions to Quaternary migrations. *Forest Ecology and Management*, 197, 117–137.
- Petiver, J., 1709. Catalogus classicus & topicus omnium rerum figuratum in v. decadibus, seu primo volumine. *Gazophylacii naturae & artis; singulis ad proprias tabulas & numeros relatis*. London: Christ. Bateman.
- Petkovski, S.T., 1986. The fairy shrimp *Chirocephalus pelagonicus* n. sp. (Crustacea, Branchiopoda) from Macedonia. *Fragm. Balcanica Mus. Macedonia Sci. nat*, 13, 15-26.
- Petkovski, S.T, 1991. The fairy shrimp *Chirocephalus brevipalpis*(Orghidan, 1953), (Crustacea: Anostraca) in Yugoslavia. In Belk, D., H. J. Dumont & N. Munuswany (eds), *Studies on Large Branchiopod Biology and Aquaculture. Developments in Hydrobiology* 64. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, *Reprinted from Hydrobiologia*, 212, 261–266.

- Pinceel, T., Vanschoenwinkel, B., Hawinkel, W., Tuytens, K., Brendonck, L., 2017. Aridity promotes bet hedging via delayed hatching: a case study with two temporary pond crustaceans along a latitudinal gradient. *Oecologia*, 184, pp 161–170.
- Prévost, S., 1803. Mémoire sur le chirocéphale. *Journal de Physique*, 57, 37-54 et 89-106.
- Rais, L., Amarouayache, M., 2018. The co-occurrence of two anostracan species *Branchinectella media* (Schmankewitsch, 1873) and *Phallocryptus spinosus* (Milne-edwards, 1840) (Crustacea) in saline lakes from the Aures region (Northeast Algeria). *Vie et milieu-life And enVironment*, 2018, 68 (2-3): 167-174.
- Remigio, E.A., and Hebert, P.D., 2000. Affinities among anostracan (Crustacea: Branchiopoda) families inferred from phylogenetic analyses of multiple gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 17, 117-128.
- Reniers, J., Vanschoenwinkel, B., Rabet, N., & Brendonck, L., 2013. Mitochondrial gene trees support persistence of cold tolerant fairy shrimp throughout the Pleistocene glaciations in both southern and more northerly refugia. *Hydrobiologia*, 714, 155-167.
- Rogers, D.C., 2002. Female based characters for anostracan (Crustacea: Branchiopoda) identification: a key for species of California and Oregon, USA. *Hydrobiologia* 486: 125–132.
- Rogers, D.C., 2013. Anostraca Catalogus (Crustacea: Branchiopoda). *The Raffles Bulletin of Zoology*, 61, 525-546.
- Rogers, D.C., 2014a. Anostracan (Crustacea: Branchiopoda) Zoogeography II. Relating distribution to geochemical substrate properties in the USA, *Zootaxa*, 3856(1), 1-49.
- Ruffo, S., & Vesentini, G., 1957. Una nuova specie di Fillopode Anostraco dei Monti Sibillini. *Memorie Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, 6, 1–8.
- Samraoui, B., & de Bélair, G., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan et perspectives. *Synthèse*, 4, 1–90.
- Samraoui, B., & Dumont, H.J., 2002. The large branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia*, 486, 119-123.

- 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.
- Samraoui, F., Alfarhan, A.H., & Samraoui, B., 2013. Status and breeding ecology of the Common Moorhen *Gallinula chloropus* in Algeria. *Ostrich*, 84 (2), 137-144.
- Sars, G.O., 1867. Histoire naturelle des Crustacés d'eau douce Norvège, 145 p., 10 pl., C. Johnson (Christiania).
- Schaal, D.A., Hayworth, K.M., Olsen, J.T., Rauscher, W.A., 1998. Smith Phylogeographic studies in plants: problems and prospects *Mol. Ecol.*, 7, 465-474.
- Schlösser, A. F., 1755. Observ. period. Sur la Physique par gautier. 2 pp.
- Sellier, R., 1945. Notes de faunistique armoricaine. Première note. *Bulletin de la Société scientifique de Bretagne*, 20, 71-80.
- Seurat, L.G., 1922. Faune des eaux continentales de la Berbérie. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord*, 13, 48–140.
- Shaw, G., 1791. Description of the *Hirudo viridis*, a new English Leech. *Transactions of the Linnean Society of London*, 1, 93–95.
- Shaw, L.E., 1890. A case of bulbar paralysis without structural changes in the medulla. *Brain*, 13, 96-99.
- Simon, E., 1886. Etude sur les crustacés du sous-ordre des phyllopoïdes. *Annales de la Société Entomologique de France*, 6, 393–460.
- Smirnov, S.S., 1928. To the phyllopod fauna of the environs of Murom town. *Raboty Oskoi Biol. Stantsii* 5, 117–124 [in Russian].
- Smirnov, S.S., 1933. Zur Phyllopodenfauna Transkaukasiens. *Zoologischer Anzeiger*, 102, 58–64.
- Smirnov, S.S., 1948. New species of fairy shrimps (Crustacea, Anostraca). *Trudy ZIN AN SSSR*, 7, 184-199.

- Spears, T., Abele, L.G., 2000. Branchiopod monophyly and interordinal phylogeny inferred from 18S ribosomal DNA. *J Crustac Biol*, 20, 1–24.
- Steuer, A., 1899. Die Entomostraken der Plitvicer-Seen und des Blata-Sees (Croatien). *Annalen des Naturhistorisches Hofmuseums*, 13, 154.
- Stewart, J.R., Lister, A.M., Barnes, I., & Dalen, L., 2010. Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proceedings of the Royal Society*, 277, 661–671.
- Taberlet, P., Fumagalli, L., Wust-Saucy, A.G., & Cosson, J.F., 1998. Comparative phylogeography and postglacial colonization routes in Europe. *Molecular Ecology*, 7, 453–464.
- Tasch, P., 1969. Branchiopoda. In: Moore, R. C. (ed.), Treatise on Invertebrate Palaeontology, Part R: Arthropoda 4, Vol. I. Geological Society of America. *University of Kansas Press, Lawrence, Kansas*, Pp, 128–191.
- Thiele, J., 1907. Einige neue Phyllopoden Arten des Berliner Museum. *Sber. Ges. Nat Freunde Berlin*, 9, 288–297.
- Thiéry, A., 1987. Les Crustacés Branchiopodes Anostraca, Notostraca et Conchostraca des milieux limniques temporaires (Dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Ph. D. Thèse, Université Aix-Marseille III, 405 pp.
- Thiéry, A., 1991. Multispecies coexistence of branchiopods (Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) in temporary ponds of Chaouia plain (western Morocco): sympatry or syntopy between usually allopatric species. *Hydrobiologia*, 212, 117–136.
- Thiéry, A., 2017. Diversité et répartition des grands branchiopodes (Crustacea, Branchiopoda : Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) des eaux temporaires stagnantes de la région Provence–Alpes–Côte d’Azur (sud–est de la France). *Bull. Soc. linn. Provence*, t. 68, 2017.
- Thiéry, A., Gasc, C., 1991. Resting eggs of Anostraca Notostraca and Spinicaudata (Crustacea Branchiopoda) occurring in France: identification and taxonomical value, *Hydrobiologia*, vol. 212, 245–259.

- Thompson, J.D., Higgins, D.G., Gibson, T.J., 1994. Clustal W, improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, positions-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22, 4673-4680.
- Touati, L., & Samraoui, B., 2013. Between sea and land: the waterbird population of oued Boukhmira. *Bulletin of the Mediterranean waterbirds, network*, 1, 18-22.
- Toubal, O., Boussehaba, A., Toubal, A., & Samraoui, B., 2014. Biodiversité méditerranéenne et changements globaux ; cas du complexe de zones humides de Guerbès-Sanhadja. Algérie. *Physio-Géo*, 8, 273-295.
- Turki, S., & Turki, B., 2010. Copepoda and Branchiopoda from Tunisian temporary waters. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2, 86–97.
- Van den Broeck, M., Waterkeyn, A., Rhazi, L., & Brendonck, L., 2015. Distribution, coexistence, and decline of Moroccan large branchiopods. *Journal of Crustacean Biology*, 35, 355–365.
- Vavra, V., 1905. Rotatorien und Crustaceen (Ergebnisse des Naturwissenschaftliche Reise zum Erdschias-Dagh, Kleinasien). *Annalen des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums*, 20, 1–2.
- Vekhoff, N. V., 1992. Rare and little known species of fairy shrimps (Crustacea Anostraca) in Russian and Kazakhstani faunas (addenda to the descriptions). *Arthro. Sel.* 1, 75-85 [in Russian with brief English version].
- Véla, E., Benhouhou, S., 2007. Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biologies*, 330, 589–605.
- Vila, J.M., 1980. *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens*. Thèse de l'Université Paris VI, 665p.
- Weekers, P.H.H., Murugan, G., Vanfleteren, J.R., Belk, D., & Dumont, H.J., 2002. Phylogenetic analysis of anostracans (Branchiopoda: Anostraca) inferred from nuclear 18S ribosomal DNA (18s 608 rDNA) sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 25, 535–544.

- Wurtsbaugh, W.A., & Gliwicz, Z. M., 2001. Limnological control of brine shrimp population dynamics and cyst production in the Great Salt Lake, Utah. *Hydrobiologia*, 466, 119–132.
- Zarattini, P., Mura, G., & Ketmaier, V., 2013. Intra-specific variability in the thirteen known populations of the fairy shrimp *Chirocephalus ruffoi* (Crustacea: Anostraca): resting egg morphometric and mitochondrial DNA reveal decoupled patterns of deep divergence. *Hydrobiologia*, 713, 19–34.

RESUMES

Résumé

Le travail présent est consacré à l'étude du genre *Chirocephalus* Prévost (Crustacea, Anostraca) d'Algérie. La distribution, la biologie et l'écologie de plusieurs populations du Nord Est ainsi que la description de deux nouvelles espèces sont abordées.

Une vaste prospection des eaux continentales de la région de Numidie (nord-est de l'Algérie) a été réalisée afin de déterminer la répartition géographique et les propriétés environnementales pour différentes populations de chirocéphales. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910 est l'espèce la plus répandue. Les paramètres physico-chimiques mesurés dans 38 sites hôtes (température de l'eau, salinité, oxygène dissous, potentiel hydrogène, conductivité, total des solides dissouts) montre que cette espèce vit aussi bien dans les milieux d'eau douce (salinité 0,05 psu) et les eaux légèrement salées (3,96 psu). Deux types de tailles existent, des populations naines dont la taille est de l'ordre de 10 mm et d'autres géantes dont la taille est d'environ 20 mm. De même, la fécondité est extrêmement variable, entre un minimum de $4,22 \pm 1,58$ oeufs/portée (El Malahmar) et un maximum de 228 oeufs/portée (mare Ain Seynour). Le diamètre moyen des œufs de résistance varie entre $287,79 \pm 14,26$ et $336,02 \pm 22,05$ μm selon les populations. *C. salinus* co-habite dans deux sites de la région de Guerbes Sanhadja (Skikda) avec une autre espèce nouvellement décrite dans cette étude *C. sanhadjaensis* nov. sp.

L'analyse de l'arbre phylogénique de plusieurs populations de *Chirocephalus*, récoltées dans les mares temporaires d'eau douce des zones humides et sub-humides d'Algérie a permis d'identifier 3 lignées distinctes du genre *Chirocephalus* appartenant toutes au groupe "*diaphanus*", *C. salinus* et deux nouvelles espèces *C. sanhadjaensis* nov. sp. et *C. algeriensis* nov. sp. *C. sanhadjaensis* se caractérise par l'absence des longues papilles basolatérales. *C. algeriensis* se caractérise par la taille de la lame dorsale.

L'étude morphologique des chirocéphales d'Algérie provenant des collections de Simon (1886) et Gauthier (1928), déposées au Museum national d'Histoire naturelle de Paris a révélé que les espèces collectées aux environs d'Alger par ces deux chercheurs, anciennement décrites comme *C. diaphanus*, correspondent morphologiquement à l'espèce *C. algeriensis*, alors que celles collectées à Annaba (Bône) et Souk Ahras également décrites comme *C. diaphaus* correspondent morphologiquement à *C. salinus*. L'espèce *C. diaphanus* au sens strict ne semble pas exister en Algérie. Des efforts supplémentaires d'échantillonnage sont nécessaires afin de mieux connaître la biodiversité algérienne de chirocéphales.

Mots clés : *Chirocephalus*, Crustacea, biodiversité, distribution, mares temporaires, Algérie.

Abstract

The present work is devoted to the study of the genus *Chirocephalus* Prévost (Crustacea, Anostraca) of Algeria. The distribution, biology and ecology of several populations in the north and the description of two new species are discussed.

Extensive exploration of the continental waters of Numidia region (north-eastern Algeria) was carried out to determine the geographical distribution and environmental properties for different populations of chirocephales. *Chirocephalus salinus* Daday, 1910 is the most common species. Physico-chemical parameters measured at 38 host sites (water temperature, salinity, dissolved oxygen, potential hydrogen, conductivity, Total Dissolved Solid) show that this species lives equally well in freshwater environments (salinity 0.05 psu) and lightly salted waters (3.96 psu). Two types of size exist, dwarf populations in the order of 10 mm and other giants in size of about 20 mm. Similarly, fertility is extremely variable, between a minimum of 4.22 ± 1.58 off springs/brood (El Malahmar pond) and a maximum of 228 off springs/brood (Ain Seynour). The average diameter of resisting eggs varies between $287.79 \pm 14.26 \mu\text{m}$ and $336.02 \pm 22.05 \mu\text{m}$ depending on the population. *C. salinus* co-occurs in two sites in the region of Guerbes Sanhadja (Skikda) with another species newly described in this study *C. sanhadjaensis* sp. nov.

Analysis of the phylogenetic tree of several populations of *Chirocephalus*, sampled in the temporary freshwater pools of the humid and sub-humid regions of Algeria, showed 3 distinct lineages of the genus *Chirocephalus* all belonging to the group "*diaphanus*", *C. salinus* and two new species *C. sanhadjaensis* sp. nov. and *C. algeriensis* sp. nov. *C. sanhadjaensis* is characterized by the absence of basolateral digitiform expansions of the dorsal lamella. *C. algeriensis* is characterized by the size of the dorsal lamella.

The morphological study of Algerian *Chirocephalus* populations Simon (1886) and Gauthier (1928)' collections, deposited at the National Museum of Natural History of Paris, revealed that the species collected around Algiers by these two researchers, formerly described as *C. diaphanus*, corresponds morphologically to the species *C. algeriensis*, while those collected in Annaba (Bône) and Souk Ahras, also described as *C. diaphaus*, morphologically correspond to *C. salinus*. The species *C. diaphanus* in the strict sense does not appear to exist in Algeria. Additional sampling efforts are needed to better know Algerian *Chirocephalus* biodiversity.

Keywords: *Chirocephalus*, Crustacea, biodiversity, distribution, temporary pools, Algeria.

مُلَخَّصٌ

هذا العمل مكرّس لدراسة جنس القشريّات عديمة الدرقّة (*Chirocephalus*) بالجزائر. دُرِس فيه التوزيع والبيولوجيا وعلم البيئة للعديد من مجموعات الشّمال ونوقش وصف صنفين جديدين لهذا الجنس.

تمّ القيام بعملية تنقيب واسعة للمياه القاريّة من منطقة نوميديا (شمال شرق الجزائر) لتحديد التوزيع الجغرافي والخصائص البيئيّة لمختلف مجموعات *Chirocephalus*. و كان *Chirocephalus salinus* Daday, 1910 أكثر الأنواع انتشاراً. وتبيّن المعالم الفيزيائيّة الكيمائيّة المسجّلة في 38 موقعا (درجة حرارة المياه، والملوحة، والأكسجين المُذاب، ودرجة الحموضة، التوصليّة، TDS) أنّ هذه الأنواع تعيش جيّداً في بيئات المياه العذبة (الملوحة 0.05 psu) و المياه قليلة الملوحة (3.96 psu). ويوجد نوعان من الأحجام: مجموعات قرمّة ذات حجم بنحو 10 مم وأخرى عملاقة بحجم يقدر بحوالي 20 ملم. والخصوبة كذلك جدّ متباينة: حدّ أدنى يُقدّر بـ $4,22 \pm 1,58$ بيضة/حمل (بركة المالحة) وحدّ أقصى يُقدّر بـ 228 بيضة/حمل (بركة عين سنور). ومتوسّط قطر البيض المقاوم يتراوح بين 14.26 ± 287.79 ميكرون و 22.05 ± 336.02 ميكرون وفقاً للمجموعات. وأمّا *C. salinus* فتتعايش في موقعين من منطقة قرباز صنهاجة (سكيكدة) مع فصيلة أخرى تمّ وصفها حديثاً في هذه الدراسة *C. sanhadjaensis* فصيلة جديدة.

إنّ تحليل شجرة النّشوء والتطوّر لعدّة مجموعات من *Chirocephalus* المجمّعة من برك المياه العذبة المؤقّته للمناطق الرّطبة و شبه الرّطبة بالجزائر سمح بالتعرّف على ثلاث سلالات مختلفة من نوع *Chirocephalus* تنتمي جميعها إلى مجموعة "*diaphanus*", *C. salinus* و فصيلتين جديدتين *C. sanhadjaensis* و *C. algeriensis*. *C. sanhadjaensis* تتميّز بغياب البراعم القاعدية الطويلة. *C. algeriensis* تتميّز بحجم الشّفرة الظهريّة.

كشفت الدّراسة المورفولوجية لـ *Chirocephalus* الجزائر من مجموعات Simon (1886) و Gauthier (1928)، المودعة بالمتحف الوطني للتاريخ الطبيعي بباريس، أن الفصائل التي تمّ جمعها بنواحي الجزائر العاصمة من طرف هذين الباحثين، و التي سبق وصفها بأنّها *C. diaphanus* تتطابق شكلياً مع الفصيلة *C. algeriensis*، في حين أن تلك التي جمعت بعنّابة و سوق أهراس و التي وصفت أيضاً *C. diaphanus* تتوافق شكلياً مع *C. salinus*. ولا يبدو أنّ هناك وجوداً بالمعنى الدقيق للكلمة للفصيلة *C. diaphanus* بالجزائر. وهناك حاجة ماسّة للمزيد من المجهودات الإضافيّة إلى جمع العينات لفهم التنوّع الحيوي الجزائري لـ *Chirocephalus* بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحيّة: *Chirocephalus*، قشريّات، تنوّع حيوي، توزيع، برك مؤقتة، الجزائر.