



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
جامعة شاذلي بن جديد- الطارف

Université Chadli Bendjedid - El Tarf  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

## DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

### THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT EN 3<sup>ème</sup> CYCLE

Filière : Sciences Biologiques

Option:

**Biosurveillance et valorisation des milieux**

***THEME***

**Contribution à la connaissance de l'écologie de la  
Cistude d'Europe en Algérie : les patterns de  
répartition et de sélection d'habitats**

*Présentée Par : M<sup>lle</sup> GHERBI Nourhane*

Devant le jury :

Présidente	Pr. DJELLOUL Radia	Professeur	Univ. UCBET
Directeur de thèse	Pr. TIAR Ghoulam	Professeur	Univ. UBMA
Co-directeur de thèse	Pr. BOUCHEKER Abdenmour	Professeur	Univ. UBMA
Examineur	Dr. AMIRA Akila	MCA	Univ. UCBET
Examineur	Pr. SOUALAH Alila Hana	Professeur	Univ. UCMSA
Examineur	Dr. DJEMADI Imad	MCA	École ESSAIA

2023-2024

## Remerciements

Mes remerciements s'dressent en premier lieu à 'الله' qui m'a donné le courage, la force et la patience pour mener à terme ce travail de recherche.

Mes sincères remerciements vont à mon directeur de thèse, **M. Tiar Ghoulem**, professeur à l'université Chadli Benjadid El Tarf, de m'avoir orienté durant la réalisation de ce travail. Je tiens à lui exprimer également, mon plus profond respect pour sa confiance et pour avoir bien voulu diriger ce travail.

Je remercie également mon Co-Directeur de thèse, **M. Boucheker Abdennour**, Professeur à l'université Badji Mokhtar Annaba pour ses conseils et ses orientations judicieuses.

Je remercie chaleureusement **Mlle Djelloul Radia**, Professeur à l'université Chadli Benjadid El Tarf, qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider notre jury de thèse. Hommages respectueux.

Je remercie également les membres du jury : **Mme AMIRA Akila**, Maître de Conférences A à l'université Chadli Benjadid El Tarf; **Mlle SOUALAH Alila Hana**, Professeur à l'université Cherif Mesadia, Souk Ahras; **M. DJEMADI Imad**, Maître de conférences A à l'école supérieure des sciences de l'aliment et des industries agro-alimentaires, Alger, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Leurs conseils, remarques et suggestions sont nécessaires pour l'amélioration de ce document. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Je remercie tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, **Mme Manel Tiar-Saadi** Maître de Conférences A à l'université Chadli Benjadid El Tarf; **M. Khalil Draid** Maître de Conférences A à l'université Badji mokhtar Annaba.

Je ne pourrais terminer sans exprimer ma profonde reconnaissance à ceux qui se sont montrés toujours disponibles, mes parents et mon frère et mes sœurs. Lorsque j'en avais vraiment besoin, je leur adresse en cette occasion mes sincères remerciements.

## Résumé

La population maghrébine d'*Emys orbicularis*, se concentre dans une étroite bande du nord du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie. En Algérie, la répartition de cette espèce est peu documentée, reposant principalement sur des études anciennes et des rapports sporadiques. La présente étude a cartographié pour la première fois la répartition et le niveau de menace de cette tortue dans le pays, en se basant sur des enquêtes de terrain dans 45 zones humides. Parmi celles-ci, 40 font partie d'une métapopulation orientale interconnectée grâce à un réseau hydrographique étendu. Certaines populations persistent depuis plus de 130 ans dans le même complexe de zones humides. Cependant, les cinq populations restantes situées dans le centre-nord de l'Algérie sont fragmentées et plus menacées. L'aire de répartition algérienne d'*E. orbicularis* s'étend sur une superficie totale de 2900 km<sup>2</sup>, formant une bande de 40 km de large et 490 km de long à l'ouest de la frontière tunisienne. Bien que confinées à cette étroite bande, la persistance de nombreuses populations, notamment en Numidie, témoigne d'un état de conservation relativement meilleur.

En termes de préférences écologiques, *E. orbicularis* privilégie les habitats aquatiques peu profonds, notamment les eaux stagnantes (60 %), les barrages et lacs (24 %), et les cours d'eau à faible débit (16 %). Les sous-populations se trouvent principalement à des altitudes inférieures à 100 m, dans des environnements d'eau douce où les conditions physico-chimiques sont favorables à leur survie. Les tortues préfèrent des habitats aquatiques dont le pH se situe entre 7,0 et 8,5, caractérisés par une légèreté alcaline. Elles se sentent à l'aise dans des eaux claires à légèrement turbides, avec une turbidité inférieure à 50 FNU. Les niveaux d'oxygénation doivent être modérés, tandis que la conductivité peut aller de faible à relativement élevée. Pour ce qui est des solides dissous totaux (TDS), des valeurs en dessous de 900 mg/L sont idéales. Il est également essentiel que l'eau présente une faible salinité et que les concentrations d'azote et de phosphore restent à des niveaux modérés.

Concernant l'état de conservation, sur les 45 zones humides identifiées, 23 sous-populations (51 %) appartenaient à 12 sites Ramsar protégés, trois sous-populations (7 %) étaient trouvées dans trois barrages, tandis que 19 (42 %) se trouvent dans des zones non protégées.

**Mots-clés** : *Emys orbicularis*; tortue; Distribution spatiale; Préférences d'habitat; état de conservation; Numidie ; Kabylie ; Algérie.

## Abstract

The Maghreb population of *Emys orbicularis* is concentrated in a narrow band in northern Morocco, Algeria, and Tunisia. In Algeria, the distribution of this species is poorly documented, primarily relying on old studies and sporadic reports. This study maps for the first time the distribution and threat level of this turtle in the country, based on field surveys in 45 wetlands. Among these, 40 are part of an interconnected eastern métapopulation supported by an extensive hydrographic network. Some populations have persisted for over 130 years in the same wetland complex. However, the five remaining populations, located in the central-northern region of Algeria, are fragmented and more threatened. The Algerian distribution area of *E. orbicularis* extends over a total area of 2,900 km<sup>2</sup>, forming a band 40 km wide and 490 km long west of the Tunisian border. Although confined to this narrow strip, the persistence of many populations, particularly in Numidia, indicates a relatively better conservation status.

In terms of ecological preferences, *E. orbicularis* favors shallow aquatic habitats, including stagnant waters (60%), reservoirs and lakes (24%), and slow-flowing rivers (16%). The subpopulations are primarily found at altitudes below 100 m, in freshwater environments where the physicochemical conditions are favorable for their survival. Turtles prefer aquatic habitats with a pH ranging from 7.0 to 8.5, characterized by slight alkalinity. They thrive in clear to slightly turbid waters, with turbidity below 50 FNU. Oxygen levels should be moderate, while conductivity can range from low to relatively high. For total dissolved solids (TDS), values below 900 mg/L are ideal. It is also essential that the water has low salinity and that nitrogen and phosphorus concentrations remain at moderate levels.

Regarding conservation status, of the 45 identified wetlands, 23 subpopulations (51%) belong to 12 protected Ramsar sites, three subpopulations (7%) are found in three reservoirs, while 19 (42%) are located in unprotected areas.

**Keywords** : *Emys orbicularis*; turtle; spatial distribution; habitat preferences; status of conservation; Numidia; Kabylie; Algeria.

## ملخص

تتركز عشائر المغرب العربي من *Emys orbicularis* في شريط ضيق شمال المغرب والجزائر وتونس. في الجزائر، توزيع هذا النوع غير موثق بشكل جيد، ويعتمد بشكل رئيسي على الدراسات القديمة والتقارير المتفرقة. هذه الدراسة لأول مرة بهدف رسم خريطة توزيع ومستوى التهديد لهذه السلحفاة في البلاد، استناداً إلى استبيانات ميدانية في 45 منطقة رطبة. من بينها 40 منطقة تشكل جزءاً من تجمع عشائر شرقي مترابط تدعمه شبكة هيدروغرافية واسعة النطاق. وقد استمرت بعض العشائر لأكثر من 130 عامًا في نفس مجمع الأراضي الرطبة. ومع ذلك، فإن العشائر الخمسة المتبقين، الذين يقعون في المنطقة الوسطى الشمالية من الجزائر، مجزؤون وأكثر عرضة لتهديد الزوال. تمتد منطقة التوزيع الجزائرية لـ *E. orbicularis* على مساحة إجمالية قدرها 2900 كيلومتر مربع، وتشكل شريطاً بعرض 40 كيلومتراً وطول 490 كيلومتراً غرب الحدود التونسية. على الرغم من أنها محصورة في هذا الشريط الضيق، إلا أن بقاء العديد من العشائر، خاصة في نوميديا، يشير إلى حالة حفظ أفضل نسبياً.

فيما يتعلق بالتفضيلات البيئية، تفضل *E. orbicularis* الموائل المائية الضحلة، بما في ذلك المياه الراكدة (60%)، والسدود والبحيرات (24%)، والأنهار ذات التدفق المنخفض (16%). تتواجد العشائر الفرعية بشكل رئيسي على ارتفاعات تقل عن 100 متر، في بيئات المياه العذبة حيث تكون الظروف الفيزيائية والكيميائية مواتية لبقائها. تفضل السلاحف الموائل المائية التي يتراوح فيها الرقم الهيدروجيني بين 7.0 و8.5، وتتميز بقلوية طفيفة. تشعر بالراحة في المياه الصافية إلى العكرة قليلاً، مع تعكر أقل من 50 FNU ويجب أن تكون مستويات الأكسجين معتدلة، بينما يمكن أن تتراوح الموصلية من منخفضة إلى مرتفعة نسبياً. بالنسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، فإن القيم أقل من 900 ملغ/لتر تعتبر مثالية. من الضروري أيضاً أن تكون المياه ذات ملوحة منخفضة وأن تبقى تركيزات النيتروجين والفوسفور عند مستويات معتدلة. فيما يتعلق بحالة الحفظ، من بين 45 منطقة رطبة تم تحديدها، كانت 23 مجموعة سكانية (51%) تنتمي إلى 12 موقعاً محمياً ضمن مواقع رامسار، بينما وُجدت ثلاث مجموعات سكانية (7%) في ثلاثة سدود، في حين تتواجد 19 مجموعة (42%) في مناطق غير محمية.

**الكلمات المفتاحية:** *Emys orbicularis*؛ سلحفاة؛ توزيع مكاني؛ تفضيلات الموائل؛ حالة الحفظ؛ نوميديا؛ منطقة القبائل؛ الجزائر.

## LISTE DES MATIERES

Remerciements.....	I
Résumé .....	II
Abstract.....	III
ملخص .....	IV
LISTE DES MATIERE.....	V
LISTE DES FIGURES .....	IX
LISTE DES TABLEAUX .....	XI
INTRODUCTION.....	1
I. Matériel et Méthodes.....	7
I.1. Présentation du model biologique <i>Emys orbicularis</i> .....	7
I.1.1. Étymologie et historique.....	7
I.1.2. Hiérarchie taxonomique (Fritz & Havaš, 2007).....	8
I.1.3. Description morphologique de l'espèce .....	8
I.1.4. Ecaillage.....	11
I.1.5. Répartition géographique.....	11
I.1.6. Bioécologie d' <i>Emys orbicularis</i> .....	12
I.1.6.1. Habitats .....	12
I.1.6.2. Cycle de vie.....	13
I.1.6.3. Activité.....	13
I.1.6.4. Reproduction .....	14
I.1.6.5. Alimentation.....	15
I.1.6.6. Prédation .....	16
I.1.6.7. Croissance et Longévité .....	16
I.1.6.8. Menaces et risques sur l'espèce.....	16
I.1.6.9. Statut et mesures de protection.....	16
I.2. Présentation des zones d'étude .....	18
I.2.1. Première région d'étude « El Tarf».....	19
I.2.1.1. Zones humides du PNEK.....	19
I.2.1.2. Présentation des sites d'étude.....	20
I.2.1.2.1. Lac Tonga .....	20
I.2.1.2.2. Lac bleu .....	21
I.2.1.2.3. Lac Oubeira.....	21

I.2.1.2.4. Lac Mellah .....	22
I.2.1.2.5. Lac des Oiseaux .....	23
I.2.1.2.6. Lac Noir .....	24
I.2.1.2.7. Marais d'El Mekhada .....	25
I.2.1.2.8. Marais de Bourdim.....	25
I.2.1.2.9. Aulnaie d'Ain Khiar .....	25
I.2.1.2.10. Barrage Mexa .....	26
I.2.1.2.11. Barrage Cheffia et son bassin versant.....	26
I.2.1.2.12. Garaet Estah .....	26
I.2.1.2.13. Garaat Dakhla.....	26
I.2.1.2.14. Garaet El Chatt .....	27
I.2.2. Deuxième région d'étude « Plaine d'Annaba » .....	27
I.2.2.1. Présentation des sites d'étude.....	27
I.2.2.1.1. Lac Fetzara.....	27
I.2.2.1.2. Marais de Boussedra.....	28
I.2.2.1.3. Oued Boukhmira .....	29
I.2.3. Troisième région d'étude « de la wilaya de Skikda » .....	30
I.2.3.1. Complexe des Zones Humides Guerbes-Sanhadja.....	30
I.2.3.2. Présentation des sites d'étude.....	31
I.2.3.2.1. Oued El Kébir d'Azzaba .....	31
I.2.3.2.2. Rives d'Oued El Kébir .....	32
I.2.3.2.3. Garaet Hadj Tahar .....	32
I.2.3.2.4. Nechaa Khellaba .....	32
I.2.3.2.5. Garaet Ain Nechma.....	33
I.2.3.2.6. Garaet Sidi Makhlouf .....	33
I.2.3.2.7. Canal de Sidi Makhlouf.....	34
I.2.4. Quatrième région d'étude « de la wilaya de Jijel » .....	34
I.2.4.1. Présentation de site d'étude.....	34
I.2.4.1.1. Réserve naturelle de Béni Bélaid .....	34
I.2.5. Cinquième région d'étude « de la wilaya de Béjaïa » .....	35
I.2.5.1. Présentation de site d'étude.....	36
I.2.5.1.1. Mare Lac noir_Akfadou .....	36
I.3. Méthodologie d'étude.....	37

I.3.1.	Suivi des tortues .....	37
I.3.1.1.	Période d'échantillonnage .....	37
I.3.1.2.	Sélection des sites d'étude .....	37
I.3.1.3.	Suivi des tortues.....	37
I.3.1.4.	Liste de matériels utilisés sur le terrain.....	38
I.3.1.5.	Capture .....	38
I.3.2.	Etude physico-chimique et organiques des habitats des tortues .....	39
I.3.2.1.	Mesure in situ .....	39
I.3.2.2.	Mesure ex-situ .....	40
I.3.2.2.1.	Paramètres physicochimiques et organiques .....	40
I.3.2.2.1.1.	Température.....	40
I.3.2.2.1.2.	Potentiel d'hydrogène (pH) .....	40
I.3.2.2.1.3.	Turbidité (TU).....	41
I.3.2.2.1.4.	Oxygène dissous (OD) .....	41
I.3.2.2.1.5.	Conductivité électrique (CE) .....	42
I.3.2.2.1.6.	Total des solides dissous (T.D.S).....	42
I.3.2.2.1.7.	Salinité.....	43
I.3.2.2.1.8.	Azote totale .....	44
I.3.2.2.1.9.	Phosphore totale.....	44
I.3.3.	Analyse géographique (QGIS).....	45
I.3.4.	Analyse statistique.....	45
II.	RESULTAT .....	46
II.1.	Distribution et état de conservation de la tortue <i>Emys orbiculaire</i> en Algérie.....	46
II.1.1.	Répartition de <i>E. orbicularis</i> en Algérie .....	46
II.1.2.	Climat et altitude des habitats .....	48
II.1.3.	Diversité des biotopes habités.....	48
II.1.4.	Statut de conservation des habitats algériens d' <i>Emys orbicularis</i> .....	49
II.2.	Caractérisation des habitats aquatiques de la tortue <i>E. orbicularis</i> : Analyse des paramètres physico-chimiques et organiques .....	49
II.2.1.	Température .....	50
II.2.2.	Profondeur moyenne .....	50
II.2.3.	Potentiel hydrogène (pH).....	52
II.2.4.	Turbidité .....	53
II.5.4.	Oxygène dissous .....	54

II.2.6. Conductivité.....	55
II.2.7. Solides Dissous Totaux (TDS) .....	57
II.2.8. Salinité.....	58
II.2.9. Azote totale.....	59
II.2.10. Phosphore totale.....	61
II.3. Relation entre les abondances des populations de la tortue <i>Emys orbicularis</i> et les paramètres physicochimiques de leurs habitats.....	62
T (°C).....	62
Prof moy .....	62
pH.....	62
Turb .....	62
O dissous.....	62
Cond .....	62
III. DISCUSSION.....	66
III.1. Distribution et état de conservation de la tortue <i>Emys orbiculaire</i> en Algérie.....	66
III.1.1. Répartition d' <i>E. orbicularis</i> en Algérie.....	66
III.1.2. Climat et altitude des habitats .....	69
III.1.3. Diversité des biotopes habités.....	70
III.1.4. Statut de conservation des habitats algériens d' <i>E. orbicularis</i> .....	70
III.2. Caractérisation physico-chimiques et organiques des habitats aquatiques de la tortue <i>E. orbicularis</i> .....	71
III.2.1. Température .....	71
III.2.2. Profondeur et végétation.....	73
III.2.3. PH.....	74
III.2.4. Turbidité .....	75
III.2.5. Oxygène Dissous (O <sub>2</sub> ) .....	76
III.2.6. Salinité et conductivité .....	77
III.2.7. Azote et Phosphore total.....	79
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	81
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	83

---

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1. <i>Emys orbicularis</i> (© Gherbi, 2021). .....	8
Figure 2. Ecailles de la carapace des cistudes d'Europe (Divers & Stahl, 2009). .....	8
Figure 3. Différentes colorations du plastron chez des cistudes d'Europe (Thienpont, 2011). ..	9
Figure 4. Détermination du sexe à partir de critères morphologiques (Rossler, 2000). .....	10
Figure 5. Aire de répartition actuelle de <i>Emys orbicularis</i> (Fritz et al., 2005). .....	12
Figure 6. Cycle biologique de la Cistude d'Europe (Cadi & Faverot, 2004). .....	15
Figure 7. Zones humides du PNEK (Direction du Parc National d'El Kala). .....	19
Figure 8. Télescope et jumelles pour l'observation à distance des individus (© Gherbi, 2021). .....	38
Figure 9. Epuisette de capture et bac en plastique de stockage des tortues (©Gherbi,2021). ..	39
Figure 10. Instrument de mesure multi paramètre de terrain (© Gherbi, 2021). .....	40
Figure 11. Carte de répartition d' <i>E.orbicularis</i> en Algérie. ....	46
Figure 12. Altitude des habitats d' <i>E.orbicularis</i> en Algérie. Les habitats sont alignés selon leur position longitudinale. ....	48
Figure 13. Les types d'habitats occupés par <i>E.orbicularis</i> en Algérie. ....	49
Figure 14. Températures moyennes des habitats de la tortue au moment de l'échantonnage. 50	
Figure 15. Pourcentage de la répartition des habitats aquatiques en fonction de la profondeur. .....	51
Figure 16. Valeur de la profondeur moyenne des habitats fréquentés par la tortue. ....	51
Figure 17. Distribution des habitats des tortues <i>E. orbicularis</i> en fonction des niveaux de pH. .....	52
Figure 18. Valeur de pH des sites fréquentés par la tortue <i>Emys orbicularis</i> . ....	52
Figure 19. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux de la turbidité. ....	53
Figure 20. Valeur de la turbidité des sites fréquentés par la tortue <i>Emys orbicularis</i> . ....	54
Figure 21. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux de l'oxygène dissous. .....	54
Figure 22. Valeurs de l'oxygène dissous des sites fréquentés par la tortue <i>Emys orbicularis</i> . .55	
Figure 23. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux de la conductivité. ..56	
Figure 24. Valeurs de la conductivité électrique des sites fréquentés par la tortues <i>E.</i> <i>orbicularis</i> . ....	56
Figure 25. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux des solides dissous totaux (TDS). ....	57
Figure 26. Valeurs des solides dissous totaux des sites fréquentés par la tortues <i>E. orbicularis</i> . .....	58
Figure 27. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux de la salinité. ....	58
Figure 28. Valeurs de la salinité des sites fréquentés par la tortues <i>Emys orbicularis</i> . ....	59
Figure 29. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux l'Azote totale. ....	60
Figure 30. Valeurs de l'Azote totale des sites fréquentés par la tortues <i>Emys orbicularis</i> . ....	60
Figure 31. Distribution des habitats des tortues en fonction des niveaux de phosphore total. .61	
Figure 32. Valeurs de phosphore total des sites fréquentés par la tortues <i>Emys orbicularis</i> . ...	62

Figure 33. Corrélations entre les abondances et les paramètres physico-chimiques.....	65
Figure 34. Répartition d'E. orbicularis au Maghreb.....	69

---

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques des cistudes d'Europe .	10
Tableau 2. Liste du matériel de terrain utilisé.	38
Tableau 3. Classes trophiques pour la gestion du phosphore en milieu aquatique.	45
Tableau 4. Un aperçu des efforts déployés pour la détection d'E. orbicularis	47
Tableau 5. Résultats des Corrélations	62

---

---

# INTRODUCTION

## INTRODUCTION

Les zones humides sont des milieux complexes, fragiles et d'une grande diversité. En termes de biodiversité et de productivité naturelle, les zones humides comptent parmi les écosystèmes les plus riches de la planète, juste après les forêts tropicales (Pearce et Crivelli, 1994). Elles constituent un patrimoine naturel remarquable en raison de leurs richesses biologiques, mais aussi pour les importantes fonctions naturelles qu'elles remplissent (Johnson, 1989). Elles abritent une diversité exceptionnelle, regroupant de nombreuses espèces animales et végétales, dont un grand nombre d'espèces endémiques. Parmi celles-ci figurent divers oiseaux, poissons, reptiles, amphibiens, mollusques, crustacés, insectes et autres invertébrés.

La communauté internationale a reconnu leur importance en signant la Convention sur les zones humides d'importance internationale, communément appelée Convention de Ramsar. Selon les données les plus récentes de la Convention de Ramsar, en 2024, 172 pays sont désormais des parties contractantes à la Convention. Le nombre de zones humides inscrites sur la liste Ramsar a également augmenté, avec 2 523 sites couvrant plus de 257 millions d'hectares à travers le monde. Cette expansion témoigne de l'engagement continu des nations pour la préservation de ces écosystèmes vitaux.

En termes de superficie de zones humides désignées comme sites Ramsar, l'Algérie est classée au huitième rang mondial avec environ 3,03 millions d'hectares. Cela la place derrière des pays comme le Canada (13 millions d'hectares), la Russie (10,3 millions d'hectares) et le Botswana (5,54 millions d'hectares). En Afrique, l'Algérie est le troisième pays, après le Botswana et la Tanzanie.

Selon des données récentes de la Direction Générale des Forêts (DGF, 2017), l'Algérie compte désormais 2 375 zones humides, dont 50 sites classés Ramsar. Ces zones sont composées de 2 056 zones humides naturelles et 319 zones artificielles. Cela marque une augmentation par rapport aux recensements antérieurs. Ces sites jouent un rôle crucial dans la conservation de la biodiversité et la lutte contre le changement climatique. Cependant, l'Algérie fait face à de graves problèmes de dégradation de ses zones naturelles. Les principales menaces incluent le drainage pour l'agriculture et l'aquaculture, l'approvisionnement en eau potable, les aménagements, l'urbanisation et la pollution.

La vitesse actuelle de disparition des espèces est estimée entre 100 à 1000 fois supérieure au rythme naturel d'extinction, qui se situe à environ une espèce par million par an (Baillie et al., 2004). La crise de la biodiversité touche de nombreux groupes d'organismes, notamment les amphibiens, les oiseaux et les mammifères, qui subissent des déclin préoccupants à l'échelle mondiale. Parmi eux, les reptiles ne sont pas épargnés et connaissent également un déclin global depuis plusieurs décennies (Gibbons et al., 2000). Collins, et Storfer (2003) définissent des facteurs de risques directs, incluant la destruction et la fragmentation de leurs habitats, l'introduction d'espèces envahissantes, la surexploitation, ainsi que des facteurs indirects comme le changement climatique, la pollution environnementale et les maladies. La modification des milieux est largement reconnue par l'ensemble des spécialistes de la conservation comme la principale cause de diminution de la biodiversité à l'échelle mondiale (Sala et al., 2000).

Parmi les Reptiles, les tortues ont suscité l'intérêt des scientifiques depuis fort longtemps, notamment en raison des menaces qui pèsent sur leurs habitats. La Cistude d'Europe, *Emys orbicularis* (Emydidae Rafineque, 1815) (Gagnaison et al., 2023), est l'un des trois indigènes chéloniens d'Algérie, la deuxième étant la tortue méditerranéenne *Mauremys leprosa*, et la troisième étant une tortue terrestre, la tortue maures que *Testudo graeca* (Tiar-Saadi et al., 2017; Tiar-Saadi, 2018; Tiar et al. 2019; Gahmous et al., 2022; Tiar-Saadi et al., 2022). L'intérêt marqué pour la cistude d'Europe s'explique également par le fait qu'elle a connu l'une des plus fortes régressions parmi les chéloniens contemporains entre 1970 et 1990 (Servan, 1999). Elle est constamment menacée par la disparition progressive des zones humides due à des facteurs anthropiques : drainage des marais, comblement des étangs littoraux, urbanisation et pollution des eaux (Olivier, 2002). C'est pourquoi l'espèce est classée comme « vulnérable » et bénéficie d'un statut de protection très élevé. L'espèce a été classée menacée par l'UICN depuis 1996 en raison d'importants déclin de population à long terme (Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group, 1996). L'espèce est également protégée en Europe par la Convention de Berne (Annexe II, 1979) et par la Directive 92/43/CEE du Conseil, Annexes II et IV, 1992. En Algérie, elle figure dans le Journal officiel déterminant les espèces animales sauvages indigènes protégées (Décret n° 12-235, 10 juin 2012). La modification, l'altération et la pollution, ainsi que l'introduction de concurrents dans son habitat, ont été les principaux facteurs déterminant son état de conservation global (Ficetola et al., 2004; Mollov, 2019; Stanford et al., 2020 ; Nekrasova et al., 2021; Ayaz et al., 2021).

*Emys orbicularis* est une espèce gravement menacée en Afrique du Nord. Des populations fragmentées et très isolées ont été documentées sur une vaste zone du Maroc, du Gharb aux plaines orientales et des montagnes du Rif au nord jusqu'au Moyen Atlas au sud (Mediani et al., 2009; Velo-Antón et al., 2015a). En Tunisie, l'espèce est actuellement concentrée dans une petite zone à l'extrême nord-ouest (El Hili et al., 2020), ayant complètement disparu de la plupart des habitats reliques qu'elle occupait autrefois dans tout le nord du pays (Chaignon, 1904; Société d'histoire naturelle d'Autun, 1905; Blanc, 1978; Nouira, 2001). La répartition de la population algérienne dans une vaste zone entre les deux derniers pays reste floue en raison du manque d'études complètes.

Le Maroc, la Tunisie et l'Algérie sont les pays les plus méridionaux où l'on trouve *E. orbicularis* (Fritz, 2003). Sa répartition s'étend sur une grande partie de l'Europe ainsi qu'en Asie occidentale et centrale, de la péninsule ibérique jusqu'à la frontière de la mer d'Aral (Ernst et al., 1989; Fritz, 2001; Fritz, 2003; Sillero et al., 2014; Seidel and Ernst, 2017). Des documents historiques indiquent que cette espèce était localement distribuée en Algérie. Les plus anciens documents disponibles sur les reptiles algériens, datant de 1840 à 1891, indiquent la présence de l'espèce à El-Kala et Annaba, ainsi qu'autour d'Alger, à El Harrach, et le long du Sebaou en Kabylie à Tizi-Ouzou (Eichwald, 1851; Strauch, 1862; Lallemand, 1867; Boulenger, 1891).

Alors que la présence de l'espèce dans l'extrême nord-est du pays avait été confirmée et unanimement admise par les herpétologues de l'époque (Strauch, 1862; Boulenger, 1891; Service algérien de la carte géologique, 1935), l'affirmation qu'elle occupe la région centrale avait soulevé un débat. L'affirmation de (Guichenot, 1850), qui est considéré comme le pionnier ayant mentionné la présence de la Cistude d'Europe en Algérie, selon laquelle "elle était présente dans tous les cours d'eau de la région d'Alger en quantité prodigieuse", était considérée par certains comme trop exagérée, et il était même douteux qu'elle puisse être confondue avec *M. leprosa* (Strauch, 1862; Boulenger, 1891).

Les documents anciens produits après 1891 reproduisent les observations de leurs prédécesseurs, et aucun ne propose une révision ou une mise à jour de la distribution de l'espèce (Doumergue, 1901; Société centrale d'Aquiculture et de Pêche, 1912; Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, 1913; Service algérien de la carte géologique, 1935). L'énigme de sa répartition reste d'actualité, d'autant plus que nos connaissances n'ont guère progressé depuis la dernière compilation effectuée il y a plus de 130 ans.

Des études récentes éparses confirment sa présence dans quatre sites du nord-est de l'Algérie, El-Kala, Annaba, Skikda, et Jijel, sans donner plus d'informations sur sa répartition globale en Algérie (Samraoui et De Belair, 1997; De Belair et Samraoui, 2000; Tiar-Saadi et al., 2017; Tiar-Saadi, 2018). Cependant, aucune étude n'a proposé jusqu'ici une vision globale de la distribution de ses populations naturelles en Algérie. Plusieurs questions sont toujours sans réponse. Sont-elles fragmentées ou interconnectées ? Existe-t-il d'autres populations de l'espèce ? Quels types d'habitats préfère-t-elle ? Est-elle limitée à des plages et des altitudes climatiques particulières ? Seule une étude de terrain couvrant toute la partie nord du pays pourrait répondre à ces questions. De plus, une étude récente de la distribution modélisée d'*E. orbicularis* en Algérie, basée sur cinq groupes de descripteurs de niche (climat, topographie, sol, occupation du sol et système de drainage), a suggéré qu'il pourrait théoriquement se produire dans toute la bande côtière nord, avec une probabilité plus élevée dans les parties centrale et orientale (Escoriza & Ben Hassine, 2017).

Plusieurs études sur une grande partie de l'aire de répartition d'*E. orbicularis* sont disponibles en dehors du Maghreb par exemple, Portugal : (Segurado & Araújo, 2004), Espagne : (Mascort, 1998; Andueza & Alcayde, 2004), France : (Cadi et al., 2004; Cadi et al., 2008), Italie : (Zuffi, 2000), Slovénie : (Govedič et al., 2016), Russie : (Khabibullin, 2004 ; Mazanaeva & Orlova, 2004), Lituanie et Lettonie : (Meeske et al., 2006), Pologne : (Rybacki & Maciantowicz, 2008), Crimee-Ukraine : (Kotenko, 2004), Slovaquie : (Horváth et al., 2021), Hongrie : (Puky et al., 2004), Roumanie : (Bîrsan et al., 2017), Serbie : (Krizmanić et al., 2015), Bulgarie : (Mollov, 2019), Albanie : (Sacdanaku & Haxhiu, 2017), et Turquie : (Ayaz et al., 2021). Comparativement, les données récentes de distribution et de conservation pour le Maghreb ne sont disponibles que pour la Tunisie et le Maroc à partir de six décennies de rétrospectives (par exemple, Loveridge & Williams, 1957; Blanc, 1978; Bons & Geniez, 1996; Real et al., 1997; Noura, 2001; Fritz, 2003 ; Fahd et al., 2009; Mediani et al., 2009; Velo-Antón et al., 2015; Escoriza & Ben Hassine, 2017; El Hili et al., 2020). Cependant, aucune étude n'a été menée en Algérie sur ces questions. Si ces populations ne sont pas détectées, elles ne pourront jamais bénéficier de mesures de protection.

Les populations nord-africaines étaient auparavant identifiées comme *E. o. occidentalis* (Fritz et al., 2007). Cependant, l'analyse de l'ADN mitochondrial a démontré que seules les populations marocaines appartiennent à ce taxon (Stuckas et al., 2014). Les populations de l'est de l'Algérie et de la Tunisie sont caractérisées par la lignée distincte d'ADN mitochondrial IX représentant une sous-espèce distincte endémique à cette zone, qui n'a pas encore été nommée

(Stuckas et al., 2014). Cette étude, vise à fournir des informations détaillées sur la distribution actuelle et l'état de conservation d'*E. orbicularis* en Algérie, tout en complétant la répartition mondiale de ce taxon endémique algéro-tunisien. Elle permettra également de mieux comprendre l'état de conservation global de l'espèce dans toute la région du Maghreb.

Les tortues de rivière européennes préfèrent les habitats aquatiques riches en végétation et peu profondes comme les étangs, les lacs, les rivières calmes et les zones marécageuses. Selon Thienpont (2004), ces tortues préfèrent les habitats aquatiques caractérisées par une dense couverture végétale. Ces environnements offrent non seulement une abondance de nourriture, mais aussi des sites de reproduction et des zones de refuge contre les prédateurs (Lebboroni et Chelazzi 1991).

La Cistude d'Europe, étant un reptile ectotherme, régule sa température corporelle en s'exposant au soleil. Des études menées par Zuffi et Odetti (1998), Kotenko (2000), Servan et Roy (2004), ainsi que Cadi et Favérot (2004), montrent que la plage de température optimale pour son développement et sa reproduction se situe généralement entre 20 et 25 °C.

Bien que l'*E. orbicularis* soit principalement une espèce d'eau douce, elle peut tolérer des niveaux de salinité très faibles. Cependant, des niveaux trop élevés peuvent être stressants (Guezal, 2006)

Cette espèce préfère les habitats non pollués, des études montrent que la pollution de son environnement n'impacte pas sa survie à court terme (Schleich, 1996). Cependant, des anomalies sur la coquille et le plastron apparaissent plus fréquemment dans les zones polluées, indiquant que la pollution peut nuire à la santé et au développement de cette tortue (Balazs & Gyorffy, 2006).

La qualité de l'eau est un facteur déterminant pour la distribution et la survie des populations d'*E. orbicularis*. Plusieurs paramètres physico-chimiques sont cruciaux. Cependant, aucune étude n'a proposé jusqu'ici une vision globale sur les caractéristiques spécifiques des habitats aquatiques (les paramètres de qualité de l'eau) favorables de ses populations naturelles en Algérie.

Plusieurs questions sont toujours sans réponse. Quelles sont les caractéristiques spécifiques des habitats aquatiques favorables à l'*E. orbicularis* en Algérie ? Comment les variations de facteurs physico-chimiques et organiques affectent-elles la distribution de cette espèce ?

Comment la pollution affecte les habitats de l'*E. orbicularis*, en se concentrant sur les nutriments comme l'azote et le phosphore ?

Le statut « menacée de disparition » qui pèse sur la Cistude d'Europe et son état endémique dans le contexte national, nous pressent d'agir afin de mieux connaître leur état dans notre pays. La présente étude vise à fournir une évaluation claire sur l'existence et la distribution des populations naturelles algériennes, et de la sorte sur la situation du taxon endémique algéro-tunisien. Les données algériennes qui manquaient jusqu'ici vont enfin nous permettre de compléter le puzzle de répartition aux limites méridionales, et d'apprécier l'état de conservation globale de l'*E. orbicularis* dans tout le Maghreb. Par conséquent, cette étude vise à fournir des premières données sur la distribution actuelle d'*E. orbicularis* en Algérie sur la base de données d'occurrence précises.

Notre approche pour étudier les conditions d'habitat, les préférences écologiques et les paramètres de qualité de l'eau est essentielle pour mieux comprendre les besoins de l'*E. orbiculaire*. En identifiant les facteurs environnementaux qui influencent sa distribution, vous pourrez non seulement évaluer les habitats favorables, mais aussi repérer les zones à risque qui doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Ce cadre de recherche vise à approfondir notre compréhension des besoins écologiques de l'*E. orbicularis* et à soutenir des initiatives de conservation efficaces.



# **MATERIEL ET METHODES**

## I. Matériel et Méthodes

### I.1. Présentation du model biologique *Emys orbicularis*

#### I.1.1. Étymologie et historique

Les origines de la Cistude remontent à l'époque où les dinosaures dominaient le monde vivant (-300 à -65 millions d'années). L'ordre des Chéloniens s'est différencié des premiers grands reptiles il y a 200 millions d'années. Les tortues se sont répandues sur l'ensemble de la planète. La Cistude apparaît vers la fin de l'ère tertiaire (-2 millions d'années).

Étymologiquement, le nom « Cistude d'Europe » de la tortue *Emys orbicularis*, Linnaeus, 1758 vient de la contraction de deux mots latins : *cistis* « panier, corbeille » et *testudo* « tortue ».

Les ancêtres de la ligne actuelle dans la région méditerranéenne ont migré depuis l'Amérique du nord vers l'Eurasie dans le miocène ou l'oligocène supérieur, il y a 15 à 29 million d'années (Hutchison, 1981 in Fritz & Andreas, 1999). A l'heure actuelle, 13 sous-espèces ont été recensées (Fritz & Havaš, 2007) :

- *Emys orbicularis capolongoi* Fritz, 1995
- *Emys orbicularis colchica* Fritz, 1994
- *Emys orbicularis eiselti* Fritz, Baran ; Budak & Amthauer, 1998
- *Emys orbicularis fritzjuergenobsti* Fritz, 1993
- *Emys orbicularis galloitalica* Fritz, 1995
- *Emys orbicularis hellenica* Valenciennes, 1832
- *Emys orbicularis hispanica* Fritz, Keller & Budde, 1996
- *Emys orbicularis iberica* Eichwald, 1831
- *Emys orbicularis ingauna* Jesu Piombo Salvidio, Lamagni, Ortale & Genta, 2004
- *Emys orbicularis lanzai* Fritz, 1995
- *Emys orbicularis luteofusca* Fritz, 1989
- *Emys orbicularis occidentalis* Fritz, 1993
- *Emys orbicularis persica* Eichwald, 1831

Les analyses génétiques récentes classent les population *E. orbicularis* algériennes et tunisiennes dans une sous espèce distincte, non décrite et endémique (Stuckas et al., 2014). Ce taxon est plus proche génétiquement de la sous espèce distribué *E.o. galloitalica* dans l'ouest de l'Europe méditerranéenne, que de *E.o. occidentalis* du Maroc.

### I.1.2. Hiérarchie taxonomique (Fritz & Havaš, 2007)

**Règne :** *Animalia*

**Embranchement :** *Vertebrata*

**Classe :** *Reptilia* Laurenti, 1768

**Sous-classe :** *Anapsida*

**Ordre :** *Testudines* Batsch, 1788

**Sous-ordre :** *Cryptodira* Cope, 1868

**Super-Famille :** *Testudinoidae*

**Famille :** *Emydidae* Rafinesque, 1815

**Genre :** *Emys* Duméril, 1806

**Espèce :** *E. orbicularis* Linnaeus, 1758



Figure 1. *Emys orbicularis* (© Gherbi, 2021).

### I.1.3. Description morphologique de l'espèce

Comme toutes les espèces de son ordre, le corps d'*E. orbicularis* est enfermé entre deux squelettes osseux, ouverts en avant et en arrière. La carapace est constituée d'une dossière comptant trente-huit écailles (vingt-quatre marginales, une nucale, huit pleurales et cinq vertébrales) et d'un plastron constitué de douze écailles (deux gulaires, deux humérales, deux pectorales, deux abdominales, deux fémorales et deux anales) (Divers & Stahl, 2009) (Figure 2). Ses pattes palmées, lui permettant une nage rapide et efficace, sont pourvues de puissantes griffes (Arnold et Ovenden, 2002).

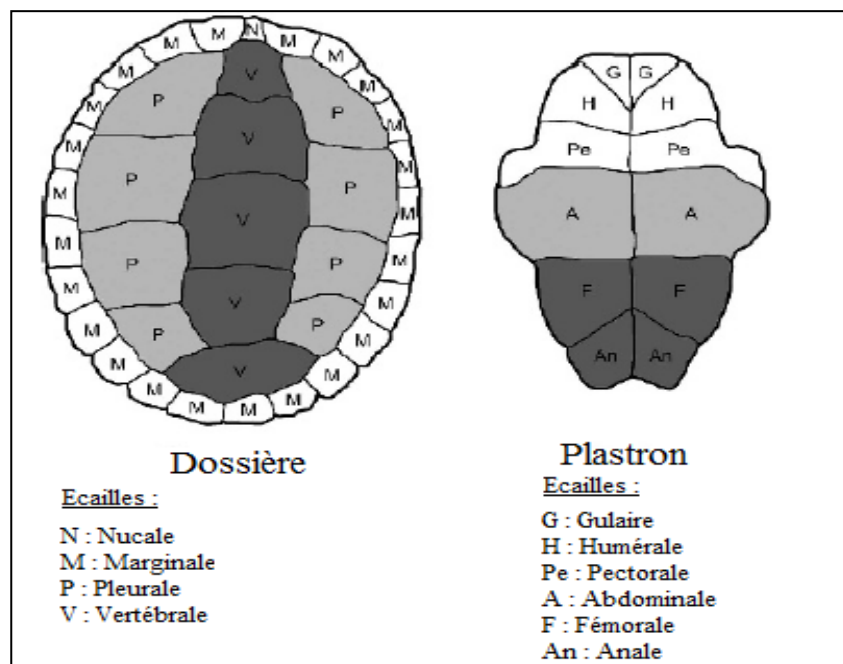


Figure 2. *Ecailles de la carapace des cistudes d'Europe* (Divers & Stahl, 2009).

La cistude d'Europe est une petite tortue dulçaquicole facilement reconnaissable par sa coloration de peau et de sa carapace sombre (varie du vert olive au noir, en passant par du marron foncé) ponctuée de tâches jaunes sur l'ensemble du corps (Figure 1)Figure 2. Ecailles de la carapace des cistudes d'Europe (Divers & Stahl, 2009).. La couleur des yeux varie entre orange, jaune, rouge et marron. La coloration du plastron varie d'un individu à l'autre, allant du jaune au noir en passant par la couleur orange (Deschamps, 1990; Fritz, 2003) (Figure 3).



*Figure 3. Différentes colorations du plastron chez des cistudes d'Europe (Thienpont, 2011).*

À l'éclosion, elle mesure en moyenne 2 centimètres de longueur et pèse 4 grammes. A l'âge adulte, elle mesure entre 12 et 20 centimètres pour un poids variant de 500 à 900 grammes. Les femelles sont en moyenne plus grandes et plus lourdes que les mâles. On note des variations morphologiques chez les sous-espèces en fonction de leur répartition géographique (Deschamps, 1990).

Comme le montrent les données du Tableau 1, un fort dimorphisme sexuel est présent chez cette espèce (Figure 4). En effet, il est assez aisé de distinguer un mâle d'une femelle à l'âge adulte. La femelle présentera des yeux jaunes, un plastron plat et une queue fine et effilée tandis que le mâle possède des yeux rouges-orangés, un plastron concave adapté pour faciliter l'accouplement, ainsi qu'une queue plus courte et trapue que la femelle et présentant un renflement pénien entre le plastron et le cloaque. Les femelles sont en moyenne plus grandes et plus lourdes que les mâles.

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques des cistudes d'Europe (Fritz, 2003 ; Rogner, 2009 ; Wolff, 2015).

Individu	Dossière (cm)	Plastron (cm, mesure linéaire)	Masse (g)	Couleur des yeux	Queue
<b>Adulte Male</b>	12-16	10-14 Concave	500-600	Orange-rouge, jaune, marron	Renflement pénien entre le plastron et le cloaque
<b>Adulte Femelle</b>	14-20	12-17 Plat	700-900	Jaune	Fine et effilée, absence de zone pénienne

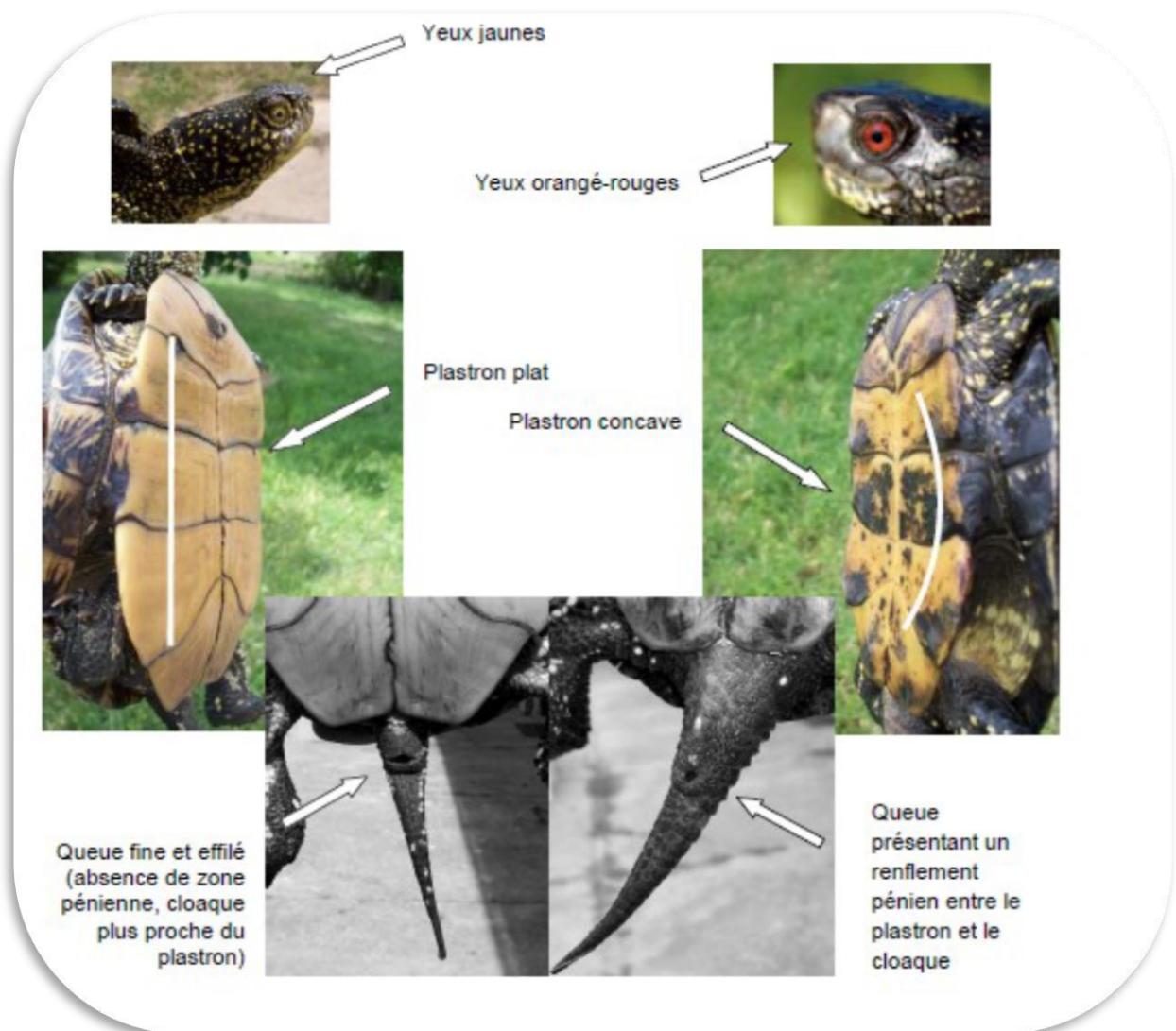


Figure 4. Détermination du sexe à partir de critères morphologiques (Rossler, 2000).

#### I.1.4. Ecaillage

On ne peut affirmer aucune particularité réelle de l'écaillère, sauf que les centrales sont plus larges que longue, la cinquième étant la plus large et les marginales relativement faible (Figure 2). La peau dorsale de la tête ne porte aucune bouclier), Les membres sont couverts d'écailles de taille modérée (Schleich et al., 1996).

#### I.1.5. Répartition géographique

La répartition de la cistude d'Europe est une plus large, comparé aux autres tortues non marine ( Fritz. & Andreas, 1999). Elle est répartie à partir des côtes atlantiques du Maroc et de la péninsule Ibérique à l'ouest, s'étalant sur la plupart de l'Europe au-dessous de la Scandinavie y compris les îles méditerranéennes de Corse (Figure 5). La Sardaigne et les Balkans, jusqu'au lac Aral en Asie mineure à l'est (Fritz, 2003; Fritz et al., 2005; Cadi & Faverot, 2004).

En Afrique du nord, sa répartition est discontinue. Des populations hautement isolées les unes des autres ont été notées au Maroc aux zones montagneuses du Rif occidental et du Moyen Atlas, et aussi aux plaines du Gharb et du Rif oriental (Mediani et al., 2009; Velo-Antón et al., 2015b). En Tunisie, les rares populations qu'on connaît actuellement sont concentrées sur le nord-ouest (El Hili et al., 2020). L'espèce avait complètement été disparu sur tout le nord tunisien des habitats relictuels qu'elle occupait avant (Blanc, 1978; Nouira, 2001).

En Algérie, la répartition actuelle de la cistude d'Europe est très restreinte, pas claire pour cause de manque d'études. L'existence de populations algériennes est confirmée dans le zone humide du parc national d'El Kala, à une dizaine de kilomètre des frontières tunisiennes à l'extrême nord-est, aussi à Skikda et Jijel (Samraoui et De Belair, 1997; De Belair et Samraoui, 2000; Tiar-Saadi et al., 2017; Tiar-Saadi, 2018). La persistance de quelques populations dans une région isolée autour d'Alger, à près de 650 km d'El Kala telle que rapportée par Fritz (2003) sur la base de documents historiques, est incertaine.



Figure 5. Aire de répartition actuelle de *Emys orbicularis* (Fritz et al., 2005).

#### I.1.6. Bioécologie d'*Emys orbicularis*

##### I.1.6.1. Habitats

Cette espèce passe la majeure partie de l'année inféodée aux milieux aquatiques (Cadi et al., 2004), on la retrouve donc principalement au sein de milieux humides et aquatiques de plaine, permanents ou temporaires : étangs, rivières, mares, canaux (Zuffi, 2000; Cadi et Joly, 2003; Kotenko, 2004; Thienpont, 2011), bords de fleuves, gravières abandonnées, canaux, fossés non curés avec au moins 20 cm d'eau libre et une végétation riveraine (Servan, 1999), marais (Fretey, 1985). Elle peut aussi se rencontrer dans les cours d'eau plus importants ou encore dans des eaux saumâtres (Devaux & Beley, 1998).

Son habitat ne se limite pas au milieu aquatique, le milieu terrestre est aussi indispensable pour cette espèce notamment pour l'estivation, l'hivernation, la dispersion (Ficetola et al., 2004), lors des déplacements à la recherche de site de ponte (Meeske et Muhlenberg, 2004; Ficetola et De Bernardi, 2006), ou encore dans le cas de l'assèchement ou de la destruction de son milieu de vie. Dans les latitudes septentrionales, *E. orbicularis* atteint la latitude 56 °N en Europe (Buhlmann et al., 2009).

La cistude évite les eaux polluées (Schleich et al., 1996), mais la pollution modérée de son habitat ne semble pas être problématique pour la survie à court terme de cette espèce (Balazs et Gyorffy, 2006). D'une façon générale, elle apprécie la présence de support émergés bien

ensoleillés (afin d'augmenter sa température interne), de fonds vaseux et d'une végétation aquatique abondante assurant abri et nourriture en quantité (Lyet & Cheylan, 2002).

#### *1.1.6.2. Cycle de vie*

##### *Hivernation (périodes de ralentissement et inactivité)*

Cette période s'étend généralement d'octobre à mi-mars mais peut varier si les conditions climatiques permettent aux tortues de rester en activité plus tardivement (jusqu'en novembre) ou de reprendre leur activité plus précocement (vers la fin du mois de février) (Cadi et al., 2004). Les individus s'enfouissent sous la vase, dans l'eau ou sous des amas de végétation afin de pouvoir passer l'hiver (Dall'antonia et al., 2001).

Pendant l'hivernation les cistudes adoptent une respiration cutanée, ou remontent périodiquement à la surface pour respirer. Leurs fréquences respiratoire et cardiaque ralentissent considérablement, tandis que leur prise alimentaire sont réduits au minimum (Biot, 2017).

#### *1.1.6.3. Activité*

À la fin de la période hivernale, la cistude reprend ses activités et s'expose fréquemment au soleil pour augmenter sa température corporelle. Cette exposition, appelée « phases d'insolation », est essentielle au bon fonctionnement de ses fonctions biologiques, telles que la digestion et la reproduction, ainsi qu'à l'activation optimale de ses enzymes (Priol, 2009). Ces phases d'insolation pourraient également contribuer à limiter la prolifération des algues encroûtantes sur la carapace. La cistude a besoin d'atteindre une température optimale de 26°C pour assurer le bon fonctionnement de son organisme. Les femelles passeraient plus de temps en phase d'ensoleillement que les mâles (Clarté et al., 2020).

Cette période s'étend généralement de mi-mars à octobre, incluant la période de reproduction entre avril et mai (Cadi et al., 2004). En Italie, Lebboroni et Chelazzi (1991) ont observé un pic d'activité en mai, puis une décroissance lente de l'activité jusqu'à août. La période de reproduction se déroule tout au long de cette phase (Duguy et Baron, 1998), ainsi que l'alimentation et le basking.

Des déplacements sont effectués entre les sites d'hivernation et les sites où les cistudes demeurent en été et au printemps. Les mâles peuvent parcourir plusieurs kilomètres, parfois sans retour, afin de favoriser le brassage génétique (Servan et al., 1989; Duguy & Baron, 1998). Les femelles seraient plutôt sédentaires à long terme. Elles peuvent effectuer des déplacements

vers les sites de pontes d'une moyenne de 300 m (Duguy & Baron, 1998). Les juvéniles, quant à eux, sont sédentaires (Duguy & Baron, 1998).

On observe peu de déplacements de grande amplitude chez cette espèce. Cependant, l'assèchement d'une zone aquatique peut provoquer une migration vers des zones adjacentes, élargissant ainsi son domaine vital (Servan, 1988).

#### *1.1.6.4. Reproduction*

Le cycle biologique de la cistude est résumé dans la Figure 6. La stratégie de reproduction de cette espèce est de type K, c'est-à-dire une reproduction faible (peu d'œufs par ponte) et une longévité élevée (Servan, 1988). De plus, la maturité sexuelle est acquise tardivement : 9-10 ans pour les mâles et 12-13 ans pour les femelles (Cadi & Faverot, 2004).

La saison de reproduction commence par des accouplements dès la fin de l'hivernation, généralement début mars, avec un pic en avril-mai (Duguy & Baron, 1998). Ces accouplements ont lieu dans l'eau. Le mâle commence par chevaucher la femelle en lui mordant la tête et le cou. Après l'avoir immobilisée, il se redresse en glissant vers l'arrière et étend sa queue pour que la copulation à proprement parler débute. Le mâle, agrippé par les membres postérieurs à la carapace de la femelle, peut rester ainsi jusqu'à plusieurs jours (Collet, 2003).

La ponte se déroule à terre, généralement de fin mai à mi-juillet, avec un pic en juin, soit en général trois à quatre semaines après l'accouplement. La femelle va parcourir une grande distance pour trouver le site de ponte idéal. Ce déplacement peut durer plusieurs heures et s'effectue généralement en fin de journée. Après avoir prélevé de l'eau d'un étang secondaire qu'elle stocke dans sa vessie accessoire, elle la relâche par son cloaque sur le sol pour l'attendrir et creuse une cavité d'une dizaine de centimètres de profondeur, avec une entrée d'environ cinq centimètres (Collet, 2003). Elle y dépose alors ses œufs qu'elle place délicatement avec ses membres postérieurs, les recouvre, nivelle le terrain à l'aide de son plastron et retourne ensuite à son milieu de vie aquatique. La durée de la ponte en elle-même (creusement et dépôt des œufs) est comprise entre une et trois heures, en fonction de la dureté du sol, de sa granulométrie et de l'état de fatigue de la femelle après son voyage.

Les femelles effectuent généralement une ponte par an, bien que des pontes multiples (jusqu'à trois par an) aient été observées. Ces pontes multiples, séparées en moyenne par vingt à trente jours, semblent liées à des conditions climatiques favorables, avec un assèchement tardif des plans d'eau temporaires (Priol, 2009). Le nombre d'œufs par ponte varie, selon les populations, de trois à vingt et un. Ce nombre semble corrélé à la taille de la cavité abdominale et à la morphologie des femelles (Olivier, 2002). Les œufs sont ovales, blancs et mats, et mesurent en

moyenne entre vingt et trente-cinq millimètres de diamètre pour un poids compris entre six et huit grammes (Collet, 2003).

L'incubation des œufs dure en moyenne entre 80 et 90 jours (Rovero et Chelazzi, 1996). La température est un facteur très important dans le développement des œufs. Si la température moyenne est supérieure à 29°C l'œuf donnera une femelle, si elle est inférieure à 28°C l'embryon évoluera en un mâle. Une température moyenne de 28,5°C induira une ponte avec 50 % de femelles et 50 % de mâles (Pieau, 1996). Dans les populations sauvages, le sex-ratio est généralement biaisé en faveur des femelles soit 1mâle pour 1,3 femelles (Servan et al., 1989).



Figure 6. Cycle biologique de la Cistude d'Europe (Cadi & Faverot, 2004).

#### 1.1.6.5. Alimentation

L'alimentation des cistudes évolue dans le temps : les juvéniles sont strictement carnivores à la naissance, avec une prise alimentaire quotidienne tandis que les adultes sont principalement carnivores et charognards, avec une prise alimentaire tous les deux à trois jours et une capacité de jeûne d'une à deux semaines (Ficetola & De Bernardi, 2006).

Son régime alimentaire est constitué de mollusques, d'insectes aquatiques, d'insectes terrestres tombés dans l'eau, de petits poissons généralement morts ou blessés, de petits crustacés (écrevisses) voire de grenouilles (Lebboroni & Chelazzi, 1991).

Elle chasse à l'affût, le plus souvent dans l'eau mais parfois aussi sur la terre ferme (Çiçek et Ayaz, 2011) dans des zones de végétation dense, car y vivent d'insectes aquatiques et larves (Servan et al., 1989). Les proies sont principalement mangées sous l'eau. Toutefois, la Cistude peut opter pour un régime alimentaire omnivore et se nourrir de quelques plantes aquatiques (Fretey, 1985).

#### *1.1.6.6. Prédation*

Grace à leur retrait complet à l'intérieur de la carapace, renfermée par la rétraction des membres antérieurs qui blindés d'ostéodermes, les tortues bénéficient d'une protection efficace contre leurs prédateurs, au moins chez les adultes (Barje et al., 2005). Les œufs, les nouveau-nés et les jeunes sont les plus vulnérables aux pressions de la prédation (Cadi et Faverot, 2004). Leur coquille molle et/ou pas assez rigide en est la cause. Leurs prédateurs sont essentiellement les sangliers, renards, belettes, les rats laveurs, les putois, les hérons, les goélands, les corneilles, les corbeaux et les poissons carnivores (Schleich et al., 1996) : Chelazzi et al., 2000).

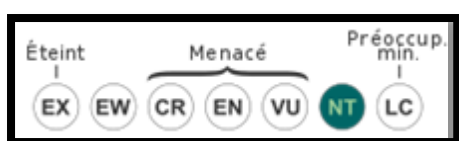
#### *1.1.6.7. Croissance et Longévité*

Beaucoup de tortues Emydides ont une espérance de vie à l'état sauvage de 20 à plus de 40 ans (Gibbons et Semlitschr, 1982; Congdon et al., 1993). La Cistude est une espèce longévive. Dans le milieu naturel, elle peut vivre jusqu'à environ 50 à 60 ans (Olivier, 2002). En captivité, quelques individus avaient eu une espérance de vie de plus d'un siècle (Jablonski and Jablonska, 1998).

#### *1.1.6.8. Menaces et risques sur l'espèce*

L'espèce a subi un déclin considérable dans la majorité de ses populations à travers son aire de distribution, au cours des dernières années. Le morcellement, l'altération, la destruction et la perte de la majorité de ses habitats, occasionnés principalement par les pratiques humaines, ainsi que la pollution, sont les principales menaces portantes atteinte à leurs habitats (Cadi et Joly, 2004; Ficetola et al., 2004). Ainsi les drainages, curages, endiguements et urbanisation affectent de manière notable le cycle de vie de la cistude. De mêmes certaines pratiques agricoles peuvent engendrer soit la mortalité des adultes ; c'est le cas de la fauche en période de ponte, mais aussi causer la destruction des nids durant les labourages (Cadi et Faverot, 2004). A ceci, s'ajoute les prélèvements abusifs à des fins de consommation, pharmacologique, ou de transformation des carapaces à des objets artisanaux ou comme animal de compagnie (Cheylan & Poitevin, 1998).

#### *1.1.6.9. Statut et mesures de protection*



**Au niveau international :**

- la Cistude d'Europe est classé dans liste rouge de l'UICN catégorie « Quasi Menacée ». (Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group, 1996 ; IUCN, 2005), c'est-à-dire menacée si des mesures de conservation spécifiques ne sont pas prises.

-Annexe II (espèce de faune strictement protégée) de la convention de Berne de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, 19/09/1979 : préconise que certains habitats vacants de Cistude puissent convenir à d'éventuelles réintroductions dans le cadre de mesures adaptées de conservation et précise que les plans de réhabilitation écologiques s'imposent d'urgence dans les pays où la Cistude est menacée.

**Au niveau européen :**

-Annexe II (espèce d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation) et IV (espèces d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte) de la directive de l'union européenne sur les habitats «Habitat-Faune-Flore». Directive du Conseil 92/43/CEE du 21 mai 1992.

**Au niveau national :**

Elle figure dans le journal officiel, fixant les espèces animales non domestiques protégées (décret n° 12-235. 10 juin 2012).

## I.2. Présentation des zones d'étude

L'Algérie est le plus grand pays de la région méditerranéenne et du continent africain. Il est bordé par la mer au nord, par la Tunisie et la Libye à l'est, par le Maroc et le Sahara occidental à l'ouest, par le Niger, le Mali et la Mauritanie au sud. Structurellement, elle se compose de quatre grandes unités géographiques, ordonnées du nord au sud : l'Atlas tellien, les Plateaux, l'Atlas saharien et le Sahara. La bande tellienne, formée d'une succession de massifs et de plaines montagneuses, côtières et sublittorales, est la seule zone où la présence d'*E. orbicularis* est probable (Escoriza & Ben Hassine, 2017).

Elle s'étend linéairement le long de la côte algérienne sur environ 1 200 km et s'élargit jusqu'à 190 km. La zone d'étude était centrée sur la région du nord, depuis la frontière tunisienne à l'est jusqu'aux environs de la capitale Alger au centre. La zone d'étude est administrativement rattachée aux provinces d'El-Tarf, Annaba, Skikda, Jijel, Bejaia, Boumerdes et Alger respectivement d'est en ouest.

L'Algérie présente de nombreuses zones climatiques différentes, depuis l'humide sur la frange méditerranéenne de la côte nord, jusqu'au semi-aride et l'aride sur les hauts plateaux du centre, entre les deux barrières montagneuses parallèles du Tell et de l'Atlas saharien, et jusqu'au Sahara plus au sud, qui domine une grande partie du pays. Les climats méditerranéens humides à subhumides prévalent dans la région d'étude du nord, comprenant des étés chauds et secs et des hivers pluvieux (Bouldjedri et al., 2011).

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées entre juin et septembre, allant de 20 à 26 °C. Les précipitations totales annuelles moyennes, selon les stations météorologiques les plus proches, ont été de 641 mm à Annaba, 668 mm à El-Kala, 722 mm à Guerbes-Sanhadja, Skikda, 1000 mm à Beni-Belaid, Jijel et 1057 mm à Akfadou, Bejaia (Lemdani & Ouaked, 2020).

Sur le plan hydrographique, l'Algérie est riche en zones humides qui jouent un rôle important dans les cycles hydrologiques et qui hébergent une diversité faunistique et floristique importante. D'après Balla (2012), le nombre de zones humide en Algérie dépasse le deux milles, dont 50 sites sont classés dans la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale.

### 1.2.1. Première région d'étude « El Tarf »

La Wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-est du pays, elle est réputée pour sa nature généreuse, ses zones humides et son environnement, et elle mérite bien son appellation de « Wilaya verte ». La wilaya s'étend sur une superficie de 2 908 km<sup>2</sup>. Le Parc National d'El-Kala (PNEK) est le plus étendu des parcs du nord de l'Algérie avec une superficie de 76438 ha soit 26% de la Wilaya d'El Tarf.

#### 1.2.1.1. Zones humides du PNEK

Les principales zones humides de la région sont les lacs : lac Mellah (860 ha), lac Oubeira (2200 ha) et lac Tonga (2400 ha). A cela, il faut ajouter le marais de la Mekhada (8900 ha), le Lac des Oiseaux (40 ha), le Lac bleu, le lac noir, le marais de Bouredim et le lac de barrage Mexa (Figure 7).

Ces zones humides constituent des sites privilégiés de reproduction d'espèces animales d'un grand intérêt pour la biodiversité régionale voire nationale ; telles que les Odonates, les Oiseaux (Benyacoub et al., 2000; Chalabi, 1990; Rizi, 2001; Belhadj, 1996; Boulehbhel, 1999 ; Ziane, 1999; Boukheroufa, 2001), les Amphibiens et Reptiles « *E.orbicularis* » (Rouag, 1999).

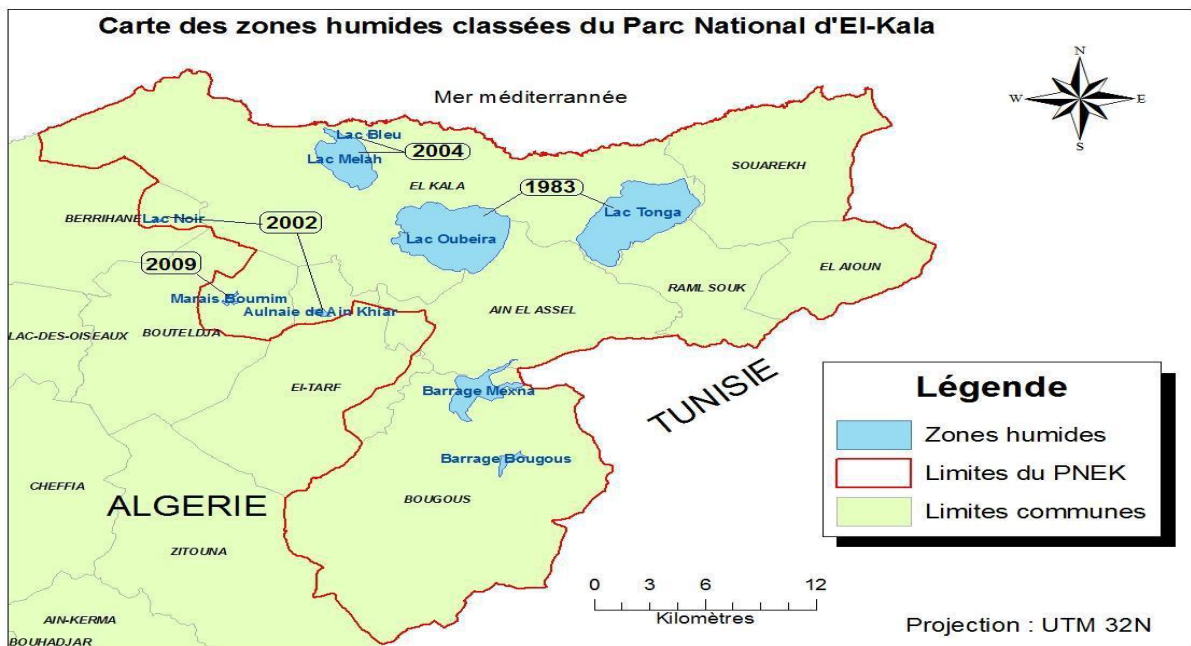


Figure 7. Zones humides du PNEK (Direction du Parc National d'El Kala).

### *I.2.1.2. Présentation des sites d'étude*

#### *I.2.1.2.1. Lac Tonga*

Le Lac Tonga (36°53' N, 08°31' E) est situé à l'extrême nord-est du PNEK, à 10 km à l'est de la ville d'El Kala. Il est en communication avec la mer Méditerranée par un canal artificiel, le canal de Messida. Il s'étend sur une superficie de 2600 ha. Sa longueur, selon un axe nord-est-sud-ouest, est de 7,1 km avec une largeur, selon un axe est-ouest passant par le centre de 3,5 km. C'est un plan d'eau peu profond, la profondeur maximale mesurée en période estivale est de 1,80 m, lui donnant plus une propriété d'une marre que d'un lac. C'est l'un des sites les plus importants en zones humides d'Afrique du nord et aussi comme habitat à la sauvagine (Boumezbeur, 1993; Samraoui et De Belir, 1998).

Le lac se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque composée d'hélophytes (scirpes, phragmites et typhas). Il présente une physionomie dominée par la présence des scirpes *Cyrpuslacustris*, les phragmites *Typha angustifolia*, de nénuphar blanc nymphéa alba, et d'iris *Iris pseudoacorus*, (Kadid, 1999). Sa surface est recouverte à 90 % par cette végétation émergente, il y existe 14 groupements dont dix associations, 82 espèces végétales recensées qui appartiennent à 31 familles botaniques, dont 32 espèces (39% de l'ensemble) sont classées d'assez rares à rarissimes (Kadid, 1989).

Le lac Tonga est un site qui abrite une faune très importante (anguille, reptiles et amphibiens, insectes au moins pendant leur stades larvaires). Il abrite habituellement plus de 20.000 oiseaux d'eau. Il abrite également 1% de la population mondiale pour plusieurs espèces comme l'Erismature à tête blanche *Oxyuraleucocephala* (64, 108, 64 individus en 1990, 1991, 1992) et le Fuligule nyroca *Aythyanyroca* (724, 1424, 650 individus en 1990, 1991, 1992) (Boumezbeur, 1993).

C'est également un site de nidification important pour plusieurs espèces, dont certaines sont très rares, comme l'Erismature à tête blanche (*Oxyuraleucocephala*) le Fuligule nyroca (*Aythyanyroca*) la poule Sultane (*Porphyrioporphyrion*), la guifette moustac (*Chlidoniashybridus*), etc. La faune mammalienne du bassin versant du Tonga, tous écosystèmes confondus est représentée par 37 espèces. Certaines de ces espèces sont rares et localisées. La loutre *Lutralutra* espèce rare et menacée d'extinction, confinée au lac Tonga reste tributaire de l'intégrité de son biotope (Ghalmi, 1997).

#### I.2.1.2.2.Lac bleu

Le lac Bleu est un étang de faible superficie localisé au nord-est de la lagune d'El Mellah et à 700 mètres au sud de la Méditerranée. Ses coordonnées géographiques sont : 36.909°N - 8.338°E. De forme grossièrement ovale, ce petit étang d'eau douce se caractérise par une profondeur étonnante pour sa faible superficie de 3 ha.

La superficie du bassin versant du lac Bleu est de 128 ha et son périmètre égal à près de 6 km. Le ruissellement est quasi nul mis à part l'écoulement des eaux de débordement d'un plan d'eau situé au sud-est à environ 400 m du site.

La flore hydrophyte est représentée par *Nymphaea alba* qui forme un champ spectaculaire qui donne toute son originalité et sa beauté au plan d'eau. La flore aquatique est beaucoup plus diversifiée et composée par une ceinture de végétation qui occupe le pourtour du site. Elle est constituée de : *Phragmites australis*, *Juncus acutus*, *Osmunda regalis*, *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Iris pseudo-acorus*, et d'une strate arborée hydrophile, *Fraxinus excelsior*, *Salix pedicellata*, *Alnus glutinosa*, *Salix purpurea* (Benyacoub, 2011).

Le lac Bleu est une zone humide où la faune entomologique est spectaculaire. En dehors des carabidés d'eau douce, les organismes les plus visibles sont les odonates. La faune mammalienne est représentée par les éléments classiques de la faune régionale par exemple : Sanglier, Chacal, Renard, Mangouste, Genette et le Hérisson. Les oiseaux du lac Bleu forment un peuplement typique des petites zones humides. Ce sont surtout les fauvelles et les insectivores aériens comme les Apodidés et Hirundinidés qui y sont les plus fréquents. Les oiseaux d'eau ne sont représentés que par 25 espèces. Ce chiffre inclus les nicheurs et les non-résidents. La modestie de cette richesse spécifique est due à la petite taille du plan d'eau (Blondel, 1986).

#### I.2.1.2.3.Lac Oubeira

Lac Oubeira (36°50'N et 38°23'E), a une altitude de 25 m (Marre, 1987). Il est situé à 3 Km à l'Ouest de la ville d'El-Kala. C'est un système endoréique dont l'alimentation en eau est assurée par l'oued Messida, par l'oued El- Kebir et plus particulièrement par le ruissellement des eaux sur les estuaires argilo-gréseux composant le bassin versant (Bouguessa, 1993). Il est classé site Ramsar en 1982.

C'est un plan d'eau douce d'une superficie de 2200 ha qui fait partie du complexe de zones humides le plus important du Maghreb que le Parc National d'El Kala abrite (Miri,1996).

La végétation aquatique y est caractéristique des zones humides d'eau douce (Quezel et Santa, 1963; Maire, 1952). L'organisation spatiale de la végétation en ceinture, entourant près de 50% du périmètre du lac, est une originalité de ce seul site parmi les grands plans d'eau de la région (Miri, 1996). Une grande partie des rives du lac Oubeira est aujourd'hui cultivée, à l'Est, la plaine d'El Frine l'est entièrement, au Nord-Ouest, la dispersion de Gantra El Hamra et au Nord est celle de Bou Merchène. Seule la rive Ouest est épargnée.

L'avifaune qui fréquente le lac Oubeira est composée de rousserole turdoïde, du butor étoilé, du busard des roseaux, du blongios nain, de la talève sultane, du balbusard pêcheur, l'érismature à tête blanche, la grande aigrette, la spatule blanche, l'oie cendrée, l'avocette élégante, l'ibis falcinelle et le flamant rose.

Benyacoub et Chabi, (2000) reconnaissent pas moins de 15 espèces sensibles, nicheuses dans les zones humides de la région et que l'on peut observer au lac Oubeira : l'ensemble des hérons, le Balbuzard pêcheur, le Phragmite des joncs, la Rousserole turdoïde, etc. Bien que considéré comme site d'hivernage par excellence, ce lac, malgré son couvert végétal limité aux bordures, est un lieu de nidification pour plusieurs espèces d'oiseaux d'eau telles que la poule d'eau, la Marouette ponctuée, le Râle d'eau, Les insectes sont représentés par au moins 28 espèces d'Anisoptères (Odonates), parmi elles nous citons *Anax imperator*, *Anax parthenope*, *Ashna mixta*, *Aeschna affinis*, *Hemianax ephippiger*, *Orthetrum cancellatum*, *Acisomapanor poidesa scalaphoides*, etc.

#### I.2.1.2.4. Lac Mellah

Le lac (36°53N, 80°20 E) est en réalité une lagune de 873 ha du fait de son contact direct avec la mer grâce à un chenal qui lui confère une salinité voisine de 8,5 g/l. Les deux principaux affluents qui l'alimentent sont Oued Bouaroug et Oued Mellah (Morgan, 1982).

Le lac offre une biodiversité riche, par le double échange du lac avec son bassin versant et avec la mer à travers le chenal. Le delta abrite les espèces de Salicorne et *Juncus* (Sites Ramsar).

La salinité et la productivité élevée de la lagune contribuent à une riche biodiversité de phytoplancton, zooplancton et poissons. Le lac sert de site de croissance, notamment pour les anguilles avant leur long voyage (Sites Ramsar), et soutient des poissons en abondance, principalement le loup de mer, la sole commune, la saupe, le marbré et l'anguille (Djebar *et al*, 2003).

Par ailleurs, de nombreuses autres espèces d'oiseaux, batraciens et reptiles fréquentent ce site pour l'abondance de la nourriture (Djebar *et al.*, 2003). Il abrite ainsi différentes espèces d'oiseaux d'eau, dont 14 migrateurs, 19 oiseaux nicheurs et 20 hivernants, comprennent le grand cormoran, le grèbe huppé et le fuligule morillon (Sites Ramsar).

#### I.2.1.2.5. Lac des Oiseaux

Le Lac des Oiseaux ou Garâat Ettouyouur (36°47'N 08°7'E), doit son nom à sa richesse ornithologique, surtout en hiver (Maazi, 1992). Ce plan d'eau est un Lac d'eau douce permanente, qui présente une forme plus ou moins ovale, étirée vers la Nord-Est par une queue d'étang très caractéristique (Arrignon, 1962; Houhamdi, 1998, 2002). Il s'étale sur une superficie de 150 ha avec une profondeur maximale voisine de 2.5m et un dépôt de matière organique allant de 1 à 3 cm (Joleaud, 1936). Il est en plan incliné vers Koudiat Nemlia au Nord et au Nord-Est et djebel Bouabed au Sud et au Sud-Est. A l'Ouest, il s'ouvre sur la plaine alluviale de la Mékhada. Il occupe actuellement une superficie de 70 ha en période de pluie et 40 ha au maximum en période sèche (Samraoui *et al.*, 1992). Il est de type continental : O, Classer dans la liste de la convention Ramsar des zones humides d'importance internationale en 1999.

Le Lac des Oiseaux est caractérisé par une végétation variée, très liée au substrat pédologique qui diffère du Nord-ouest au Sud-Est (Samraoui *et al.*, 1992). Le plan d'eau est composé essentiellement par les formations suivantes : *Typha angustifolia*, *Ranunculus baudotii*, *Nymphaea alba*, *Scirpus lacustris*, *S. maritimus* et *Myriophyl lumspicatum* avec quelques taches de *Cyperus aristatus*, *C. fuscus*, *Callitriche sp.* *Rumex algeriensis* et *R. pulcher* (Houhamdi, 1998). Le lac est entièrement délimité par une ceinture de *Juncus acutus* montrant la limite des hautes eaux (Houhamdi, 1998). Est au total 187 espèces appartenant à 47 familles ont été recensées en 1997. Cependant deux d'entre elles sont nouvelles pour la région *Cotula coronopifolia* (Composées) et *Asparagus officinalis* (Liliacées) et une autre est à ajouter à la flore algérienne *Cyperus aristatus* (Cypéracées) (Houhamdi, 1998).

Mise à part la richesse aviaire qui constitue la principale caractéristique du Lac des Oiseaux, comme son nom l'indique, il est aussi un refuge pour des nombreux oiseaux d'eau et rapaces hivernants ou de transit (Chalabi *et al.*, 1985; Skinner et Smart in Stevenssen *et al.*, 1988). Plus de 10 000 oiseaux d'eau y hivernent chaque année et sa richesse spécifique est supérieure à 69 (Houhamdi, 2002). Il est aussi le site de nidification privilégié de l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et des Fuligules Nyroca *Aythya nyroca* (Boumezbeur, 1990/1993 et

Samraoui et al, 1992). Le Lac des Oiseaux est occupé par deux peuplements différents durant deux périodes très distincts; les Anatidés et les Rallidés en hiver et par les Laro-limicoles et Echassiers en été (Houhamdi, 1998; Houhamdi et Samraoui, 2002, 2003, 2008) et d'autre part par la présence des deux espèces nouvelles pour le site le pélican blanc *Pelecanus onocrotalus* et la Tadorne casarca *Tadorna ferruginea*, ainsi qu'une espèce nouvelle pour l'Algérie l'Erismature rousse *Oxyura jamaicensis* (Samraoui et Houhamdi, 2001). La périphérie du Lac, grâce à une végétation luxuriante, est largement fréquentée par une faune mammalienne assez importante. Grâce à des observations ou aux indices de présence (Fèces, traces), La présence du Chacal *Canis aurius*, du renard *Vulpus vulpus*, de la mangouste *Herpestes ichneumon*, de l'herisson *Erinaceus algirus* (Maazi, 1992).

#### I.2.1.2.6. Lac Noir

Le lac noir occupe une dépression dunaire près du chemin CW109, d'une superficie de 05 ha et d'une Altitude moyenne de 35 m. Ce lac était l'habitat du nénuphar jaune et d'un certain nombre de populations délictuelles d'odonates, entouré par plusieurs forages, ce lac est presque à sec et de ce fait il est devenu une tourbière; ce site est classé comme tourbière sur la liste Ramsar.

Ses coordonnées géographiques (36°51'10'' N-8°12'10'' E). D'une surface de 5 ha, la tourbière du lac noir est l'unique tourbière de l'Algérie. Elle est classée site Ramsar en 2003, cette Tourbière prend siège à l'emplacement d'un ancien lac asséché accidentellement. Riche en graminées, bétulacées, fagacées, polygonacées, poodiacées, rosacées, cuprésacées, myricacées, cypéracées, polygonacées, rubiacées, liliacées, malvacées, papillonacées, nymphacées, urticacées, labiacées et mimosacées, cette tourbière offre le gîte au cerf de Barbarie, à la genette, à la mangouste et à l'hyène rayée (Grimes, 2005).

La description morphologique ainsi que les analyses polliniques a permis de mettre en évidence 18 familles de plantes supérieures ainsi que des ptéridophytes (graminées, bétulacées, fagacées, typhocées, poodiacées, rosacées, cuprésacées, myricacées, cypéracées, polygonacées, rubiacées, liliacées, tnaacées, papil-lonnacées, nymphacées, urticacées labiacées, mimosacées).

Le site fait partie d'une région intéressante sur le plan faunistique, elle est de ce fait fréquentée par un nombre important de mammifères tels que le Cerf de Barbarie, la genette, la mangouste et l'Hyène rayée.

#### I.2.1.2.7. Marais d'El Mekhada

Le marais d'El Mekhada se trouve sur les coordonnées géographiques suivant : 36° 48' N et 8° 00' E. Il se situe à environ 20 km à l'Est de la ville d'Annaba et à 45 km à l'Ouest de la ville d'El Kala (Boumezbeur, 2003). Il est délimité au Nord par des dunes littorales l'isolant de la mer Méditerranée, et au Sud par les massifs argileux et forestiers de la Commune d'El Chefia de la Daïra de Bouteldja (Boumezbeur, 2003). Sur le plan administratif, le marais fait partie de la Daïra de Ben M'Hidi et de la wilaya d'El Tarf (Boumezbeur, 2003).

Le marais d'El Mekhada représente le plus grand marais d'eau douce d'Afrique du Nord, avec une superficie de 8900 ha (Stevenson et al., 1988). C'est une zone humide palustre, dont les eaux sont douces, à l'exception de sa partie nord qui est en contact à l'embouchure avec la mer (Oued El Mafregh), dont les eaux sont saumâtres (Boumezbeur, 2003). La profondeur du marais est généralement inférieure à 1 m (Stevenson et al., 1988). Le marais est alimenté par les Oueds Bounamoussa et Oued El Kébir-Est.

La surface du marais est presque totalement recouverte (>90% de sa superficie) par une grande diversité de végétation émergente, constituée principalement de scirpes *Schoenoplectus littoralis*, *S. lacustris*, *S. maritimus* et *Juncus* sp. (Morgan, 1982). Tandis que d'autres espèces rencontrent le long des berges, telles que : *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* et *Glycena fluitans* se produisent à un moindre degré (Boumezbeur, 2003). Ainsi, *Vitex agnus*, *Myriophyllum* sp., *Charasp.*, *Nitellesp.*, *Rubiasp.*, *Zannichellia palustris*, *Lemna minor* et le *Tamarix* sp. (Boumezbeur, 2003).

#### I.2.1.2.8. Marais de Bourdim

Marais de Bourdim d'eau douce de faible profondeur qui s'assèche en été, alimenté au nord par la nappe libre dunaire à partir de l'oued Bourdim, sa superficie est de 25 ha et son altitude moyenne est de 25 m (Darmellah, 1989 in Houam, 2003). C'est un site de nidification pour une colonie plurispécifique d'Ardéidés. Il est couvert de *Scirpus lacustris*, *Carex elata* et *Alnus glutinosa*. Les données de la flore et la faune sont manquantes.

#### I.2.1.2.9. Aulnaie d'Ain Khiar

L'Aulnaie d'Ain Khiar classée Ramsar est une formation forestière humide située au niveau d'une dépression du cordon dunaire et prolongée par un marécage de la rive alluviale nord de l'oued El Kebir. Sa superficie est de 170 ha et son altitude moyenne est de 28 m. C'est l'une

des dernières formations de ce type en Afrique du nord et forme un refuge particulier pour une biodiversité d'affinité européenne, afro-tropicale et endémique. Ces coordonnées géographiques : 36° 40' N 08° 20' E.

#### I.2.1.2.10. Barrage Mexa

La superficie de la cuvette du barrage Mexa est 06 km<sup>2</sup>. Ses sources d'alimentation sont les Oueds : El Kébir, Bougous et Fernana. Son Apport inter annuel est de 103.00 hm<sup>3</sup>/an.

#### I.2.1.2.11. Barrage Cheffia et son bassin versant

Le barrage Cheffia est situé sur l'oued Bounamoussa à 50 Km au Sud-Est à l'amont de la ville d'Annaba et 42 Km au Sud-Ouest d'El Tarf sur la commune de Cheffia et Daïra de Bouteldja. S'étend sur une superficie de 1000 ha. Sa hauteur maximale est de 55 m sur fond de fouilles.

Le barrage de la Cheffia contrôle une superficie drainée de 575 Km<sup>2</sup>, soit 57.7 % de la superficie totale du bassin versant de l'Oued Bounamoussa. Le relief du bassin au barrage de Cheffia est caractérisé par une topographie accidentée où les altitudes culminent à 1404 m à Djebel M'cid vers le Sud, 1106 à Djebel Oum Ediss au Sud-Est, 810 à Kef Hdjar Mrekeb à l'Ouest. Les altitudes sont plus modérées vers le Nord, elles sont de 739 m à Kef Bouabed, 490 à Kef El Abid (Kef Draa Bou Ndor) vers le Nord-Ouest, elles se limitent à 463 à Ras El Warda vers le Nord-Est.

La forêt couvre environ la moitié (52%) de la superficie du bassin versant (Conservation des Forêts de la wilaya d'El Tarf, 2017), limitant ainsi les effets de l'érosion et favorisant l'infiltration sur les grès numidiens fracturés (Affoun, 2006).

#### I.2.1.2.12. Garaet Estah

Garaet Estah (36° 50, N, 07° 58, 94'E) est une dépression dunaire couverte de *Nymphaea alba*, *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* et *Iris pseudoacorus*. L'extraction de l'eau est un problème récurrent pour ce site.

#### I.2.1.2.13. Garaat Dakhla

Garaat Dakhla se localise aux coordonnées 36° 50, 67' N, 07° 59, 08' E. C'est une dépression dunaire couverte de *Nymphaea alba*, *Salix cinerea*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*, *Iris pseudoacorus*.

#### I.2.1.2.14. Garaet El Chatt

Garaet El Chatt se situe entre les deux villages de Chatt et Sidi M'barekaux coordonnées 36° 49,81' N, 07° 54,68' E. Sa superficie est de 2 ha environ.

Ce site est parmi les plus eutrophisé de la région (eaux usées déversées sans aucun filtrage). La végétation est constituée essentiellement d'*Iris pseudoacorus*, *Typha angustifolia* et *Phragmites australis*.

#### I.2.2. Deuxième région d'étude « Plaine d'Annaba »

La plaine d'Annaba est située au nord-est d'Algérie, entre les latitudes 36°30' 37°03' nord et les longitudes 7°20' 8°40' sud. Elle est limitée au nord par la Mer Méditerranée, au sud par la wilaya de Guelma, à l'est par la wilaya d'El Tarf et à l'ouest par la wilaya de Skikda (Allout, 2013).

##### I.2.2.1. Présentation des sites d'étude

###### I.2.2.1.1.Lac Fetzara

Le lac Fetzara est l'un des plus importants qui représente un écosystème humide et remarquable. Ce lac est situé dans la wilaya de Annaba, dans la partie Nord-Est de l'Algérie, à 14km de la mer méditerranée et 18km au Sud-Ouest du Cheurfa (lieu de la wilaya), sous une longitude de 7°24 à 7°4 Est et une latitude de 36°50 Nord.

Ce lac est bordé par le massif de l'Edough au Nord, les collines d'Ain Berda au Sud, et les cordons dunaires à l'Est et l'Ouest. Le lac constitue une large dépression. Avec une superficie de 18600 ha, dont les dimensions sont approximativement de 17 km d'Ouest en Est et 13km du Nord au Sud.

La partie inondable du lac est située au centre de la zone et couvre une surface estimée à 13000 ha. Le lac est partiellement inondé en hiver malgré la présence d'un canal principal creusé afin d'assurer le drainage (Durand, 1950). Cependant, il a été constaté que cet ouvrage, qui se jette dans l'oued Meboudja, était insuffisant pour évacuer toutes les eaux des fortes pluies d'hiver. Tout autour du lac Fetzara, existent plusieurs agglomérations, au Nord la commune de Berrahal, au Sud les communes d'El-Eulma et de Cheurfa et à l'Est les petits villages d'El Gantra et Oued Zièd.

Un total de 226 espèces de plantes vasculaires appartenant à 166 genres et 58 familles sont été identifiées dans la zone du lac Fetzara. La flore existante est : *Alisma plantagoaquatica*, *Juncus maritimus*, *Juncus bufonius*, *Phragmite australis*, *Mentha aquatica*, *Lythrum salicaria*, *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus flamula*, *Tamarix gallica*, *Typha angustifolia*, *Salix pedicillata*, *Paspalum distichum*, *Myriophyl lumspicatum*, *Ceratophyl lumdemersum*, *Potamogeton natans*, *Salicornia arabica* *Asparagus sp.*, *Trifolium sp.*, *Euphorbia helioscopea*, *Ziziphus lotus* *Chamaerops humili*.

Le Lac de Fetzara constitue un site très important pour l'accueil des oiseaux d'eau hivernants, principalement l'oie cendrée *Anser anser* dont il abrite le 1% international et le Canard siffleur *Anas penelope*. Zone de gagnage pour les Anatidés et foulques, il accueille en moyenne en hiver plus de 30.000 oiseaux d'eau annuellement (DGF, 2004).

#### I.2.2.1.2. Marais de Boussedra

Le marais de Boussedra (36°50'45" N, 7°43'47" E) fait partie des zones humides de la Numidie occidentale. Cette région est située à 600 km de la capitale Alger, ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 Km. Elle s'étend sur une superficie d'environ 55 ha (en fonction de la pluviométrie), La profondeur du marais est de 2 m au maximum pendant la période de pluie et 1,5 m au maximum en période sèche, la surface d'eau libre aussi dépend de la saison (Chettibi, 2013).

Cette zone humide est un exemple typique de fragment des zones humides méditerranéennes (Battistiet *al.*, 2008; Paracuellos, 2008). Elle est un vestige d'un ancien grand complexe de zones humides autour de la ville d'Annaba et est désormais intégrée dans un paysage urbain. Elle est située dans une agglomération urbaine et est limitée sur toute sa partie Est par les bidonvilles. La rive Sud est limitée par des usines d'industries agroalimentaire et traversée par un chemin de fer. Sur ses limites Nord et Ouest les agglomérations urbaines sont un peu plus loin (quelques dizaines de mètres).

La biodiversité du marais de Boussedra se caractérise par une très grande richesse floristique, car elle est dominée par les espèces suivantes : *Scirpus maritimus* et *Lesser bulrush*, *Typha angustifolia*, *Phragmite australis*, *Scirpuslacustris*. Dans la partie sud de la marre on trouve une large bande de *Tamarix gallica*, qui est utilisé comme site de la nidification pour une colonie mixte de hérons (environ 500 nids, de Héron garde-boeuf, Héron chevelu, Aigrette gazette et Héron bihoreau) (Samraoui et Samaraoui, 2008; Samraoui *et al.*, 2012).

Les insectes sont des groupes relativement diversifiés au sein desquels les espèces sont généralement identifiables sur le terrain. Leur bonne connaissance permet la définition d'enjeux locaux de conservation. De plus, ils comprennent une grande partie des espèces concernées par des statuts réglementaires. Il s'agit des papillons de jour (lépidoptères rhopalocères), des sauterelles, criquets et grillons (orthoptères) et des libellules et des demoiselles (odonates). Notre présence durant la période d'étude a permis d'observer des lézards, grenouilles et tortues. L'observation des oiseaux d'eau du marais de Bussedra ont permis d'inventorier les espèces nicheuses et migratrices en halte et/ou de passage sur la zone d'étude, telles que les Anatidés, Ardéidés, Ralidés, Charadriidés, Ecurvirostridés, Ciconidés, Threskiornithidés, Hoenicoptéridés, Podicipédidés.

#### I.2.2.1.3. Oued Boukhmira

La zone humide de Boukhmira est située dans le Nord-Est algérien et fait partie de la Wilaya de Annaba, commune d'El Bouni, localité de Sidi Salem, en juxtaposition de l'aéroport de la ville. Ses coordonnées géographiques sont comprises entre 36°50'48"N de latitude et 07°48'50"E de longitude, et ses limites sont : au Nord, la Mer Méditerranée, au Sud, la Commune d'El Bouni et de Sidi Amar, à l'Est, Echatt et Ben Mhidi et à l'Ouest, la plaine de Annaba et le Massif de l'Edough.

La zone d'étude est une dépression de 02 m d'altitude, caractérisée par des formations argileuses noir et hydromorphes, résultant de la disparition à l'Est et à l'Ouest de la basse terrasse sableuse de l'Oued Seybouse (Boudjemaa, 2010). Comme elle fait partie de la plaine d'Annaba, la zone humide de Boukhmira est influencée par les caractéristiques géomorphologiques et le réseau hydrographique local et régional.

Oued Boukhmira draine principalement les terres agricoles et s'étend en marécage à proximité de son embouchure. A ses rives se trouve une immense décharge sauvage d'ordures ménagères de la commune de Sidi Salem.

Les communautés végétales de la zone humide Boukhmira se présentent sous forme d'une mosaïque des espèces de plantes spontanées, semi aquatiques et des sols hydromorphes.

On a pu recenser 104 espèces appartenant à 89 genres et 42 familles dont les plus représentées et par ordre d'importance sont des *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Plantaginaceae*, *Euphotbiaceae*, *Brassicaceae*, *Geraniaceae*, *Poaceae*, *Rubiaceae* et les *Rosaceae* (Allouat, 2013).

La zone humide Boukhmira constitue un habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition de certaines espèces faunistiques; 33 espèces d'oiseaux aquatiques appartenant à 12 familles dont leur statut diffère entre sédentaire, hivernant et de passage (Touati & Samraoui, 2013) tels que : des poules d'eau, des foulques, des canards en grand nombre, ainsi que des hérons, des sarcelles d'été et marbrés y séjournent.

On trouve dans cet estuaire à la fois des poissons de mer et d'eau douce tel que les dorades, marbrés, loupes et des mulets. C'est la raison pour laquelle on trouve un grand nombre d'oiseaux larvo-limicoles et des échassiers (Touati & Samraoui, 2013).

### I.2.3. Troisième région d'étude « de la wilaya de Skikda »

#### *I.2.3.1. Complexe des Zones Humides Guerbes-Sanhadja*

Les zones humides de la Numidie algérienne sont d'une grande valeur pour la biodiversité (Samraoui et De Belair, 1998; Metallaoui et Houhamdi, 2008). La Numidie située dans le Nord-Est algérien est divisée en deux grands complexes séparés par l'Oued Seybouse : la Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'El Kala et la Numidie occidentale représentée par le complexe de zone humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja (Houhamdi et Samraoui, 2001).

Le complexe Guerbes-Sanhadja est une grande plaine littorale bordée à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaibi. Les altitudes de la zone se situent entre 0 et 200 mètres. 48,5 % des terres ont une pente inférieure ou égale à 3 % et le reste a 12,5 %. Les principales unités lithologiques sont essentiellement formées de dépôts éoliens et alluviaux (Joleaud 1936 in Atoussi 2008).

Le complexe de zones humides de la plaine de Guerbes Sanhadja est un lieu de migration et d'hivernage pour les oiseaux d'eau, en plus il représente un lieu important pour l'alimentation de certains poissons comme l'anguille et les poissons marins comme le barbeau et le mulot (DGF, 2001).

La région de Guerbes-Sanhadja est la seule au niveau national, avec le Lac Tonga (wilaya d'El-Tarf), à avoir répondu à cinq des huit critères fixés par la convention de Ramsar. La plaine de Guerbes renferme des sites d'importance internationale qui fournissent des exemples Description du site représentatifs, rares et ou uniques de type de zone humide naturelle que ce soit pour le Maghreb, l'Afrique du Nord et la région méditerranéenne (Metallaoui, 2010).

Le complexe des zones humides de Guerbes-Senhadja (Numidie occidentale) vaste territoire faisant partie de la Numidie (Maire 1926, Quezel et Santa 1962-1963, Marre 1992) s'étend entre les latitudes 36°43' et 37°N et les longitudes 7° 13' et 7° 30' E. Il s'étend sur une superficie

de 42 100 ha. C'est une grande plaine littorale bordée à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaïbi. Situé dans la partie nord orientale de l'Algérie à proximité du massif de l'Edough. Ce complexe des zones humides de Guerbes-Senhadja est presque symétriquement situé par rapport au massif de l'Edough et ce vis-à-vis des régions d'Annaba-Bouteldja-El Kala localisées dans l'extrême Nord-Est du pays (Numidie orientale).

### *1.2.3.2. Présentation des sites d'étude*

#### *1.2.3.2.1. Oued El Kébir d'Azzaba*

Le réseau hydrographique de la région Guèbres Sanhadja constitue essentiellement par les oueds Fendek et El-Hadjar, contourne les massifs du djebel Oust (254 m) et de la forêt de Tsmara (282 m) avant de créer l'oued el Kebir, coulant au pied des grands versants rectilignes et abrupts qui sort du bassin d'Azzaba par une étroite vallée qui isole le djebel Safia (341 m) du massif de la forêt de Zaitria. Il pénètre alors dans le bassin d'Ain Charchar où se fait la confluence avec l'oued Hamimine.

L'oued El Kébir Ouest appelé généralement oued El Kébir d'Azzaba (du fait qu'il arrose le bassin d'Azzaba) qui draine la région du Guerbès a du mal à rejoindre la mer Méditerranée : il doit contourner des dunes avant de pouvoir passer le cordon sableux qui longe le littoral. Ainsi donc, l'oued El Kebir rejoint la mer dans la plaine du Guerbès où d'importantes formations dunaires empêchent l'écoulement direct vers la mer. L'oued El Kébir est alors obligé de contourner ces dunes par le Nord-Est pour se frayer un passage.

C'est donc un milieu de basses plaines et de marécages qui s'étaleront devant son passage. En fait, le drainage de la région d'Azzaba se fait par l'oued Fendek qui prend le nom d'oued Emchakel à la sortie du bassin d'Azzaba pour devenir l'oued El Kebir dans la plaine du Guerbès. Ce cours d'eau prend naissance sur le versant nord du djebel Boutellis et suivant une trace Nord-Sud il descend vers le petit bassin d'Es-Sebt et débouche dans le bassin d'Azzaba après le passage de la gorge qui sépare les djebels Tengout et Saifia. Il fait alors le tour du bassin en isolant le djebel el Oust du massif de la forêt de Tsmara et se dirige vers l'Est en passant par l'étroite vallée au nord de la forêt de Zaitria. Il prend alors la direction Ouest Est pour rejoindre la Méditerranée.

#### I.2.3.2.2. Rives d'Oued El Kébir

Oued El Kébir s'étend dans de nombreux méandres. Il coule sur plus de 20 kilomètres pour couvrir une distance réelle de 12 kilomètre dans la direction Sud-est, Nord-Ouest entre Ben Azzouz et la mer Méditerranée. Cela permet le développement de forêts riveraines qui peuvent être denses. Il a été recensé 52 espèces végétales : *Myriophyllum verticillatum*, *Nitella* sp., *Potamogeton lucens*, *Ranunculus baudotii*, *Alisma plantago aquatica*, *Carex divisa*, *Cyperus longus*, *Eleocharis palustris*, *Juncus acutus*, *Juncus bufonius*, *Lycopus europaeus* et *Rumex conglomeratus*. Parmi l'avifaune aquatique qui fréquente ce site, nous citons le Grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* et l'Aigrette garzette *Egretta garzetta* (Samraoui et De Belair, 1997).

#### I.2.3.2.3. Garaet Hady Tahar

Un lac d'eau douce (112 ha) inondé toute l'année (même en période d'évaporation). A une vingtaine de kilomètre de la Méditerranée. Il est entouré par des collines d'argile et de grès de Numidie au Nord-Ouest est d'une plaine alluviale d'Oued El Kebir au Sud-est. Cette garaet a une forme ovale et se caractérise par des ressources trophiques très abondantes (particulièrement des gastéropodes) (Haouam, 2003).

La couverture végétale est dominée à 70% par *Nymphaea alba* en plus de *Lemma gibba*, *Lemma minor*, *Potamogeton lucens*, *Callitriche stagnalis*, *Ceratophyl lundemersum*, *Hanumenbus bandotii*, *Wolffia arrhiza* et un ptérodophyte rare *Salvinia natans* (Metallaoui, 2010).

#### I.2.3.2.4. Nechaa Khellaba

Le site est composé principalement d'aulnaie (75 ha). Il est alimenté par des courants d'eau d'Oued El-Kebir. Le substratum de ces aulnaies est exclusivement composé de la tourbe et du sable à cause de la matière organique laissée par les forêts humides (Samraoui et De Belair, 1997). Ce plan d'eau est pauvre en végétations aquatiques qui est limitée à *Callitriche stagnalis* dont le recouvrement varie d'un endroit à un autre et peut aller de 0% jusqu'à 60%. Par contre les Amphiphytes sont mieux représenté seize espèces ont été recensées parmi les quelles, nous notons le *lycopus europaeus*, *Lythrum junceum*, *Nasturium officinale*, *Polygonum lapathifolium*, *Ranunculus sceleratus*, *Rumex conglomeratus* et *Veronica anagallis aquatica*. Le climat et le substratum tourbeux de la plaine ont favorisés la formation de forêts d'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*). Le cortège floristique entourant ce site est formé également d'*Arum*

*italicum*, *Rubia peregrina*, *Rubus ulmifolius* et de *Mentha suaveolens*. Trois espèces d'Ostracodes sont présentes dans ce plan d'eau à savoir *Cyprina ophthalmica* et *Cypris bispinosa* (Samraoui et De Belair, 1997).

#### I.2.3.2.5. Garaet Ain Nechma

C'est un cours d'eau formé d'un ensemble de mares et de marais, alimentés par des ruissèlements et par des débordements de l'Oued. Les espèces végétales décrites dans cette garaet sont les suivantes : *Callitriche stagnalis*, *Alisma plantago aquatica*, *Alopecurus bulbosus*, *Carex divisa*, *Cyperus longus*, *Eleocharis palustris*, *Glyceria fluitans*, *Juncus acuta*, *Scirpus lacustris*, *Scirpus maritimus*, *Pistacia lentiscus*, *Populus alba* et *Tamarix gallica* (Samraoui et De Belair, 1997).

#### I.2.3.2.6. Garaet Sidi Makhoulouf

Semblable à Garaet Chichaya sur le plan géomorphologique tous les deux constituent aussi une unité simple orientée Nord-Ouest au Sud- Est. D'une superficie de 50 ha, ce site est colonisé par une diversité avienne très remarquable (le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*), la Poule sultane (*Porphyrio porphyrio*), le Fuligule milouin (*Aythya ferina*), la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*), la Cigogne Blanche *Ciconia ciconia*, la Foulque macroule *Fulica atra*, l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), le Héron garde-bœuf *Ardea ibis*, le Héron cendré (*Ardea cinerea*), le Héron crabier (*Ardeola ralloides*), Grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*), le Busard des roseaux) (Metallaoui, 2010).

Concernant la végétation nous citons certains Amphiphytes comme les *Callitriches stagnalis*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Nymphaea alba* recouvrant 25% de la superficie du plan d'eau, des Renonculacées (*Ranunculus baudotii*, *Ranunculus tricophyllus*), *Salvinia natans*, *Urticularia vulgaris*, *Wolffia arrhiza*. Le cortège floristique du site est constitué principalement d'*Alisma plantago aquatica*, *Apium nodiflorum*, *Iris pseudoacorus*, Juncacées, *Juncus capitatus*, *Juncus heterophyllus*, de Scirpes *Scirpus cernuus* et *Scirpus lacustris*. Une espèce rare de Neuroptera *Lertha barbara* a été trouvée uniquement dans ce plan d'eau (Samraoui et De Belair, 1997).

#### I.2.3.2.7. Canal de Sidi Makhlouf

C'est un canal construit par les agriculteurs. Il est dominé par *Glyceria fluitans* et *Rorripia amphibia*. Il héberge une espèce rare et locale de Phyllopode *Chirocephalus diaphanus* (Samraoui et De Belair, 1997).

#### I.2.4. Quatrième région d'étude « de la wilaya de Jijel »

Jijel est une région côtière, située au nord-est du pays, distante de 360 km de la capitale. Elle occupe une superficie de 2.396,63 km<sup>2</sup> et est composée de 11 daïras et 28 communes. Elle est limitée au nord par la mer méditerranéenne, à l'Est par la wilaya de Skikda, à l'ouest par la wilaya de Béjaïa, au sud par la wilaya de Mila, au sud-ouest par la wilaya de Sétif.

##### I.2.4.1. Présentation de site d'étude

La zone humide de Béni Bélaïd : site Ramsar, de renommée internationale est constitué principalement d'un lac, d'un oued, et d'une aulnaie. Le lac couvre une surface de 120 ha, et compte une avifaune d'environ 23 espèces d'oiseaux nicheurs (Andi, 2013).

##### I.2.4.1.1. Réserve naturelle de Béni Bélaïd

Le site de Béni Bélaïd s'étend à l'Est de l'embouchure de l'Oued El Kebir; ce dernier n'est autre que l'Oued Rhumel enrichi, à la sortie de Grarem, des apports d'oueds et de chabas nés des massifs méridionaux. Ce complexe appartient à la commune d'El-Ancer, chef-lieu situé au sud-ouest du site, à proximité de la N. 43 (Constantine-Jijel). La commune d'El Ancer dépend de la wilaya de Jijel. La dépression, occupée par le site humide, varie entre 2 et 5 m d'altitude. Elle s'inscrit approximativement dans un triangle isocèle d'une surface de 46 ha environ (De Bélair et Samraoui, 2000).

Après avoir traversé la chaîne numidique, l'Oued Rhumel devenu l'Oued El Kebir se fraie un chemin à travers les massifs d'El-Aouana, culminant à 1121 m au-dessus de Jijel et de Bougaroun, atteignant 1183 m au Djebel Goufi, au-dessus d'El Kol. Il débouche enfin sur la petite plaine d'El Ancer (Douar El Djanah), ensuite, il gagne la mer en franchissant un cordon littoral de faible largeur (au plus 300 m) et d'altitude réduite (au plus 3m). Malgré sa faiblesse, ce cordon peut constituer un obstacle à l'écoulement des eaux vers la mer lors des basses eaux ou des années de moindre pluviosité, obstacle favorable à la création de méandres ou de bras morts à l'origine de divers plans d'eau (De Bélair et Samraoui, 2000).

Le site de Béni-Bélaïd abrite une faune rare et distinctive, notamment une avifaune riche et variée qui inclut plusieurs espèces rares, telles que *Aythya nyroca* et *Porphyrio porphyrio*. La loutre *Lutra lutra*, une espèce rare à l'échelle mondiale. On y trouve également des espèces moins communes, comme *Alcedo atthis* et *Acrocephalus scirpaceus*, ainsi que des espèces endémiques telles que *Pseudophoxinus callensis*, *Barbus callensis*, *Rana perezi* et *Bufo mauritanicus*. Certaines espèces, comme *E. orbicularis*, sont menacées et présentent une distribution localisée. De plus, le site accueille des odonates d'origine africain tropicale, considérés comme des reliques, tels que *Acisoma panorpoides ascalaphoides*, *Diplacodes lefebvrei*, *Trithemis annulata*, *Hydrocyrius columbae*, *Anisops sardea* et *Mesovelia vittigera*.

Des espèces assez communes et en nette régression, telles que *Jussiaea repens*, ainsi que quelques espèces dunaires comme *Euphorbia peplis* et *Echinophora spinosa*, sont présentes. Par ailleurs, des espèces rares à l'échelle nationale trouvent leur optimum à Béni-Bélaïd, comme *Eryngium barreliera*, *Lippia nodiflora*, *Carex flacca*, *Vitex agnus-castus*, *Paspalum distichum* et *Apium crassipes*.

#### I.2.5. Cinquième région d'étude « de la wilaya de Béjaïa »

La wilaya de Béjaïa est située au nord-est de l'Algérie, dans la région de la Kabylie sur sa côte méditerranéenne. La wilaya de Béjaïa a une superficie de 3.268 km<sup>2</sup> et elle est divisée administrativement en 52 communes. Elle est délimitée à l'ouest par les wilayas de Tizi-Ouzou et Bouira, au sud par les wilayas de Bouira et Bordj-Bou-Argeridj, à l'est par les wilayas de Sétif et Jijel et au nord par la mer Méditerranée.

Comme toutes les régions du littoral algérien, la wilaya de Béjaïa bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes avec une température de 15 °C en moyenne. La période estivale, rafraîchie par les vents marins, présente une température moyenne de 25 °C environ. Sur les hauteurs, le climat est beaucoup plus rude, avec parfois des températures négatives et une neige abondante l'hiver et des étés chauds, dans la vallée de la Soummam, couloir de passage du sirocco. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie mais avec de forts contrastes (700 mm en mer, 1000 mm en moyenne montagne, 1500 et plus dans les Babors, mais moins de 400 mm dans la moyenne vallée de la Soummam).

### *I.2.5.1. Présentation de site d'étude*

#### *I.2.5.1.1. Mare Lac noir\_Akfadou*

La forêt d'Akfadou plus exactement le Lac Noir est situé à environ 150 km à l'est d'Alger, à 65 km au Sud -Est de la wilaya de Tizi Ouzou, distante de plus de 20 km de la mer. Il dépend administrativement des départements de Bejaia et de Tizi-Ouzou. Le massif forestier s'étend sur une superficie d'environ 11 000 ha, soit 18 % de la chênaie caducifoliée d'Algérie (Messaoudène, 2007). Le massif est limité au nord par la daïra d'Adekar, à l'Est par les communes de Tifra et Tinebdar, au Sud par la commune de Chemini et à l'Ouest par la wilaya de Tizi Ouzou.

Les coordonnées GPS de la station sont : La latitude : 36,695844N, La longitude : 4,601990 E et Altitude : 1200 m

Le massif de l'Akfadou repose sur des terrains siliceux formés de grès numidiens. Ces formations appartiennent à l'étage numidien de l'éocène supérieur (Laribi, 2000) Cet étage est caractérisé par des grès siliceux homogènes assez faibles, intercalés de minces couches d'argile qui partagent la masse en une série de couches aquifères maintenant la fraîcheur dans le substratum (Durant, 1951, in Oudjiane, 1995). D'après Laribi (2000), ce sont des sols bruns lessivés dont la profondeur de l'horizon d'accumulation argileux dépend de la pente. Duchaufour (1977) les classe parmi les sols forestiers. Ces sols sont acides et l'humus et de type Mull ou Moder (Bouzelma et Bouchek, 1989; Messaoudène, 1989)

Le réseau hydrographique est très dense et bien hiérarchisé, les chéneaux d'écoulement peu profonds alimentent en période de pluies quatre oueds principaux : Oued Abdel Ali et Assif el Hammam à l'ouest et les Oueds Roumila et El-Nrouha à l'est. L'aménagement des pistes forestières effectuées ces dernières années a provoqué la déviation de Oued Roumila et Assif el Hammam d'où l'assèchement du lac noir en été. Quelques oueds existent toujours et d'autres se sont formés récemment, comme c'est le cas de la source de la maison forestière (source des Ifs) à l'Ouest, Oued Roumila et El-Nrouha à l'est.

### **I.3. Méthodologie d'étude**

#### **I.3.1. Suivi des tortues**

##### *I.3.1.1. Période d'échantillonnage*

Tous les échantillons, qu'il s'agisse de l'observation ou de la capture des tortues, ainsi que des analyses biologiques, physico-chimiques et organiques de l'eau, ont été réalisés pendant la période de pic d'activité des tortues, de début avril à fin juin, sur les sites d'étude, et ce, durant trois années consécutives (2020, 2021 et 2022).

##### *I.3.1.2. Sélection des sites d'étude*

La sélection des plans d'eau et sites d'étude a été exclusivement basée sur les rapports élaborés par les services de la conservation des forêts, qui ont indiqué la présence de l'espèce durant les quarante dernières années. Une fois sur place, nous avons interviewé les pêcheurs traditionnels, les agriculteurs et les riverains sur les stations de regroupement des tortues auxquelles ils avaient assisté. Tous les types de zones humides (grandes, petites, artificielles ou naturelles) ont été pris en considération dans les efforts d'échantillonnage. Globalement, l'étude a été conduite sur toute la bande de littoral, depuis les frontières algéro-tunisiennes à l'est jusqu'à Alger au centre.

##### *I.3.1.3. Suivi des tortues*

Toujours dans conditions propices de l'observation, les stations sélectionnées ont été visitées à une fréquence d'une fois tous les quinze jours jusqu'à la fin de la période d'échantillonnage, et n'est arrêté par un site que si la présence des cistudes n'est y confirmée. La confirmation de la présence de *l'E. orbicularis* a été faite par l'observation à une faible distance, en se servant d'un télescope Konus-Spot (20×60) et d'une paire de jumelle (15×45) (Figure 8).



Figure 8. Télescope et jumelles pour l'observation à distance des individus (© Gherbi, 2021).

#### 1.3.1.4. Liste de matériels utilisés sur le terrain

Le matériel utilisé est récapitulé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Liste du matériel de terrain utilisé.

Matériel	Rôle
Gants résistants	Protection
Bottes en plastique	Déplacement le sol mouillé tout en gardant les pieds au sec
Sacs à dos de terrain	Transport du matériel
Epuisette	Récolte et la capture des tortues
Pied à coulisse manuel	Mesure morphométrique
Balance électronique	Mesure du poids
Petite scie	Marquage individuel
Télescope et jumelles	Observation à distance des individus
Waders	Pénétration dans l'eau peu profond tout en restant au sec
GPS	Détermination de la localisation
Fiche de terrain	Prise de notes et d'observations sur terrain

#### 1.3.1.5. Capture

Dans certaines situations où l'identification de l'espèce était incertaine, des captures ont été effectuées afin de confirmer la présence de la cistude d'Europe (Figure 9). Ces captures ont permis de valider les observations sur le terrain, en s'assurant que les individus observés correspondaient bien à l'espèce cible. Cette méthode a été particulièrement utile dans les habitats où la cistude partage des caractéristiques écologiques avec d'autres espèces aquatiques, rendant l'identification visuelle seule parfois insuffisante. Grâce à ces captures, il a été possible d'affiner les relevés et de garantir l'exactitude des données concernant la répartition de l'espèce

dans les différents sites étudiés. La capture des tortues s'est effectuée à la main au moyen de filets manuels ou des filets verveux (installés et enlevés le même jour), en se basant sur le comportement d'insolation des tortues sur les berges. Les tortues capturées étaient gardées dans des larges bacs en plastique bien aérés le temps de réaliser l'identification, puis relâchées immédiatement à l'endroit de leur capture.



Figure 9. Epuisette de capture et bac en plastique de stockage des tortues (©Gherbi,2021).

### I.3.2. Etude physico-chimique et organiques des habitats des tortues

L'objectif de l'échantillonnage physico-chimique et organique est d'analyser les milieux dans lesquels les tortues vivent afin de déterminer la préférence des habitats de cette espèce.

Le prélèvement est une étape très importante, puisque toutes les étapes qui suivent reposent sur la fiabilité et la représentativité des échantillons recueillis.

#### I.3.2.1. *Mesure in situ*

Plusieurs mesures physico-chimique sont été directement réalisés sur terrain (Figure 10), échantillonnées à l'aide de la valise multi paramètres de terrain modèle HANNA 9828, à savoir : la température (T en °C), oxygène dissous (OD en mg/l), potentiel d'hydrogène (pH), conductivité électrique (CE en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), turbidité (FNU), salinité (PSU), Total des solides dissous (T.D.S).

Le fonctionnement de cet appareil consiste à faire plonger la sonde appropriée dans un récipient qui contient l'échantillon d'eau, après son étalonnage, puis attendre quelques minutes jusqu'à la stabilisation de l'affichage sur l'écran ensuite noter les résultats de la mesure.



Figure 10. Instrument de mesure multi paramètre de terrain (© Gherbi, 2021).

### *1.3.2.2. Mesure ex-situ*

Des échantillons d'eau ont été prélevés (une bouteille en plastique de 0,5 litre ont été remplis d'eau) à chaque station, puis transportés au laboratoire spécialisé **Horizon Annaba** dans une glacière et conserver dans des réfrigérateurs afin de les analyser avec précision.

Les paramètres de pollution analysés sont : l'azote total (NT en mg/l) réaction chimique conforme aux méthodes normées (DIN EN ISO 11905-1) et le Phosphore Total (PT en mg/l) réaction chimique conformes aux méthodes normées (DIN EN ISO 6878-D11).

#### *1.3.2.2.1. Paramètres physicochimiques et organiques*

##### *1.3.2.2.1.1. Température*

Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous, et donc elle influence la conductivité électrique et le pH. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine (Leclerc, 1994).

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes (Rodier. 1996; Boukrouma, 2008). La valeur de la température est exprimée en degré Celsius (C°).

##### *1.3.2.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)*

Le pH mesure la concentration en ions H<sup>+</sup>. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre

d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (Castany et Margot, 1977).

Il joue aussi un rôle primordial dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003). La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (Detay, 1993).

#### *1.3.2.2.1.3. Turbidité (TU)*

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc (Rodier, 1984; OMS, 1986).

La mesure est effectuée sur le terrain avec un turbidimètre ou un multi paramètres. La mesure est obtenue directement en FNU (Formazin Nephelometric Unit). La FNU est le plus souvent utilisée lorsque l'on se réfère à la méthode de turbidité ISO 7027 (européenne).

Selon Ghazali et Ziad (2013), les valeurs typiques de turbidité dans l'eau varient considérablement. Ainsi, une eau claire présente une turbidité de 0 à 5 FNU, tandis qu'une eau légèrement turbide se situe entre 5 et 50 FNU, indiquant un léger trouble. Pour une eau turbide, les valeurs vont de 50 à 100 FNU et enfin, une eau très turbide dépasse les 100 FNU. Ces classifications permettent de mieux comprendre la qualité de l'eau en fonction de celle-ci.

#### *1.3.2.2.1.4. Oxygène dissous (OD)*

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité (Rodier, 1994).

La mesure de l'oxygène dissous (mg/l) est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc. (Thierrin *et al.*, 2001). La mesure est effectuée sur le terrain avec un multi paramètres.

Beaupoil et Bornens (1997) ont fixés, après une étude bibliographique concernant l'effet des hypoxies sur la faune, les seuils suivants pour l'oxygène dissous dans les milieux estuariens Bretons:

- Qualité excellente à acceptable : > 5 mg/l
- Qualité moyenne à médiocre : 3 à 5 mg/l
- Qualité mauvaise à très mauvaise : 2 à 3 mg/l

#### *1.3.2.2.1.5. Conductivité électrique (CE)*

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électrons. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. (Saadali, 2007).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre (Detay, 1993).

Pour la mesure de la conductivité, plonger la sonde dans le milieu à analyser, remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. La valeur de conductivité s'affiche directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Après utilisation, rincer les sondes à l'eau déminéralisée (Agrigon, 2000).

Selon l'Association américaine de santé publique (l'APHA, 2017), les eaux peuvent être classées en différentes catégories basées sur leur conductivité :

- Eaux douces : inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces eaux ont une faible concentration en sels dissous.
- Eaux modérément salines : entre 500 et 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette gamme peut inclure des rivières et des lacs influencés par des apports agricoles ou urbains.
- Eaux salines : Conductivité de 3000 à 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces eaux peuvent se trouver dans des zones côtières ou des environnements avec une forte évaporation.
- Eaux très salines : Conductivité supérieure à 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cela inclut des environnements comme les lagunes salées ou certains lacs hyper salins.

#### *1.3.2.2.1.6. Total des solides dissous (T.D.S)*

TDS signifie total des solides dissous et représenté la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le

magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions (Rodier et *al.*, 2009).

T.D.S Mesurée directement à l'aide d'un appareil multi-paramètres et la valeur exprimée en mg/l.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2003), les niveaux de solides dissous totaux (TDS) dans l'eau peuvent être classés en cinq catégories :

- Excellente : inférieure à 300 mg/L
- Bonne : entre 300 et 600 mg/L
- Moyenne : entre 600 et 900 mg/L
- Médiocre : entre 900 et 1200 mg/L
- Inacceptable : supérieure à 1200 mg/L

#### *1.3.2.2.1.7. Salinité*

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (Ramade, 2011).

Mesurée directement à l'aide d'un appareil multi-paramètres et la valeur exprimée en PSU.

D'après Kloppmann et al., (2011), la salinité peut être classée en trois niveaux distincts, ce qui est essentiel pour comprendre les conditions environnementales dans les milieux aquatiques. Un niveau faible, qui se situe entre 0 et 1 PSU, indique une salinité très faible, souvent enregistrée dans les eaux douces. Un niveau modéré, variante de 1 à 10 PSU, représente une salinité intermédiaire, retrouvée dans des zones comme les estuaires, où l'eau douce se mélange à l'eau de mer. Enfin, un niveau élevé est défini entre 10 et 35 PSU, signalant une salinité significativement plus élevée, typique des eaux côtières ou des mers. Cette classification permet non seulement d'évaluer les variations de salinité, mais aussi d'en déduire des implications écologiques importantes, telles que la distribution des espèces et la production.

#### *1.3.2.2.1.8. Azote totale*

L'azote est un facteur très utile dans la détermination de la pollution organique (Makhoukh et al., 2011). L'azote total dans l'eau comprend toutes les formes d'azote, y compris les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote organique.

En France (Levi et al., 2006), les niveaux d'azote dans l'eau sont classés comme suit :

- Eaux non polluées : moins de 0,5 mg/L
- Eaux légèrement polluées : entre 0,5 et 15 mg/L (dans les eaux douces, rivières et lacs)
- Eaux modérément polluées : entre 15 et 50 mg/L (en raison des apports agricoles et urbains)
- Eaux fortement polluées : plus de 50 mg/L (provenant des eaux usées).

La détermination de l'azote total se fait après minéralisation oxydative de tous les composés azotés inorganiques et organiques en bloc chauffant pendant 1H à 100 °C, puis une élimination des substances interférentes par ajout d'un réactif de compensation, puis détermination par le spectrophotomètre UV Visible à la longueur d'onde 365 nm.

Cette méthode donne les résultats comparables de l'azote total selon Kjeldahl.

Réaction chimique conforme aux méthodes normées (DIN EN ISO 11905-1).

#### *1.3.2.2.1.9. Phosphore totale*

Le phosphore est un nutriment important, qui peut se trouver sous différentes formes oxydées. Il constitue un élément de base pour les acides nucléiques ADN et ARN. La norme marocaine suggérée pour les concentrations en phosphates des eaux naturelles est fixée à 1 mg/l (Makhoukh et al., 2011). Les teneurs élevées de ce facteur dans les milieux aquatiques indiquent leur eutrophisation (Makhoukh et al., 2011).

Tableau 3. Classes trophiques du cadre proposé par le CCME pour la gestion du phosphore en milieu aquatique (CCME, 2003).

Classe trophique Phosphore total	( $\mu\text{g/l}$ )
Ultra-oligotrophe	< 4
Oligotrophe	4 – 10
Mésotrophe	10 – 20
Méso-eutrophe	20 – 35
Eutrophe	35 – 100
Hypereutrophe	> 100

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide phosphomolybdique lequel sera réduit par l'ascorbate de sodium bleu de molybdène.

Réaction chimique conformes aux méthodes normées (DIN EN ISO 6878-D11).

#### I.3.3. Analyse géographique (QGIS)

Pour la représentation spatiale, nous avons regroupé les enregistrements de distribution dans le système de grille Universal Transverse Mercator (UTM) à une résolution spatiale de 100 km<sup>2</sup> (10,10 km).

Nous avons effectué toutes les analyses spatiales dans Q-GIS (3.28.4 Firenze). Les données bibliographiques récentes collectées dans la région du Maghreb ont été intégrées à nos nouvelles données algériennes pour une évaluation globale de la distribution.

#### I.3.4. Analyse statistique

Pour évaluer les paramètres environnementaux des habitats aquatiques d'*Emys orbicularis*, une analyse descriptive a été réalisée pour résumer les données. Cette méthode permet de comprendre les conditions générales de l'habitat et d'identifier les plages pour chaque paramètre, ainsi que les tendances qui influencent la présence de cette tortue.

Nous avons utilisé le test de Pearson pour les analyses de corrélation. Les résultats ont été considérés significatifs à  $P < 0,05$ .

---

# RESULTATS

## II. RESULTAT

### II.1. Distribution et état de conservation de la tortue *Emys orbiculaire* en Algérie

#### II.1.1. Répartition de *E. orbicularis* en Algérie

Sur la base de documents historiques, d'études réalisées au cours des 25 dernières années et de rapports des Conservations Forestières Algériennes, ou Parcs Nationaux, la présence des espèces mentionnées dans la bibliographie a été indiquée exclusivement dans les complexes de zones humides du nord-est et du centre de l'Algérie, de la frontière tunisienne jusqu'aux environs d'Alger.

Au total, 23 600 km<sup>2</sup> ont été étudiés sur une bande horizontale proche de la côte d'une longueur maximale de 590 km et d'une largeur maximale de 40 km (Figure 11). Après avoir tout vérifié Selon les sites indiqués, la superficie occupée par l'espèce était de 2900 km<sup>2</sup>, soit 12,3% de la superficie étudiée et à peine 0,12% de la superficie totale de l'Algérie.

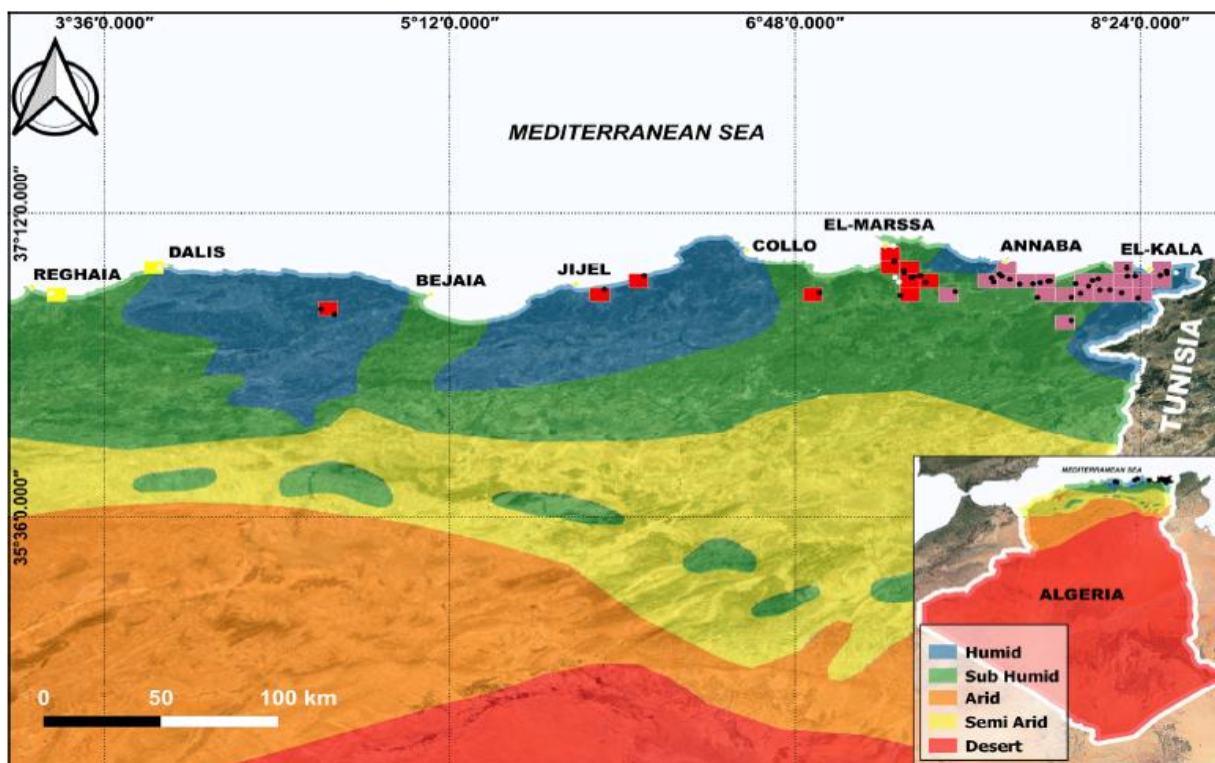


Figure 11. Carte de répartition d'*E. orbicularis* en Algérie. La taille de la grille était de 10 km × 10 km UTM ; carrés jaune clair : présence de l'espèce soupçonnée avant 1891, mais non confirmée au cours de la présente étude ; carrés rouge vif : nouvelles zones d'occurrence confirmées au cours de la présente étude ; carrés violets rosés — présence confirmée avant 1891 et au cours de la présente étude ; points blancs : habitat étudié sans présence d'*E. orbicularis* ; points noirs : présence confirmée d'*E. orbicularis*.

Au total, 54 milieux humides ont été étudiés au cours de la période d'étude (Tableau 4), dont 45 (83 %) étaient positifs pour la présence d'*E. orbicularis*. Quarante des 45 sites positifs (89%)

étaient concentrés dans le complexe de zones humides de Numidie (allant du lac Tonga à El-Kala au complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja à El Marsa), trois (7%) dans la Petite Kabylie (à Collo et Jijel), et deux (4%) en Grande Kabylie (à Bejaia). L'aire de répartition détectée en Numidie est ininterrompue, avec 40 populations alignées interconnectées par un vaste réseau hydrographique. Toutefois, les cinq autres populations recensées en Kabylie centrale et orientale étaient fragmentées et très isolées.

*Tableau 4. Un aperçu des efforts déployés pour la détection d'E. orbicularis dans les sites surveillés. En 2020, en raison des restrictions de déplacements liées aux enjeux sanitaires liés au COVID19, nous avons réalisé seulement quatre observations sur le terrain.*

Période, année	1 avril-31 juillet 2020	1er avril-31 juillet 2021	1er avril-31 juillet 2022	1er avril-31 juillet 2023
<b>Positif à une à quatre observations sur le terrain</b>	24,11,20,22,26,29–31,34–35	2,11,22,26,29–31,34–35,37–44,46–47,49,52	2,10–11,14,17–18,20–22,26,29–31,34–35,37–44,46–47,49,52	2,11,14,17–18,21,26,29–31,34–35,37 44,46–47,49–52
<b>Positif à cinq à huit observations sur le terrain</b>		3,8,10,12,14,16–23,27–28,32–33,48,50–5	3–4,8,12,16,19,23,27–28,32–33,48,50–51	7–8,10,12,16,19–20,22–25,27–28,32,36
<b>Négatif à huit observations de terrain</b>		1,5,6,9,13,15,45,53–54	1,5–7,9,13,15,36,45,53–54	1,5–6,9,13,15,33,45,48,53–54

Les sites suivis sont organisés selon leur position longitudinale d'est en ouest comme suit :

1, Oued Draidra ; 2, lac Tonga nord-est ; 3, marais de Messida ; 4, Lac Tonga-Centre Nord ; 5, Oued El Frine ; 6, Oued Bouhchicha ; 7, barrage de Mexa ; 8, Lac Oubeira ; 9, Barrage Oued El-Kbir ; 10, marais de la lagune d'El Mallah ; 11, lac bleu ; 12, Aulnaie d'Ain Khia ; 13, Oued Gargour ; 14, Marais Bourdime ; 15, étang Wlad Anane ; 16, marais d'Oum Laagareb ; 17, Tourbière du Lac Noir ; 18, Garaet Khouzbi ; 19, marais de Righia ; 20, Garaet El-Touyou ; 21, étang Sebaa ; 22, Mekhada Marsh-Sud ; 23, Digue du barrage de Chafia ; 24, étang de Dakhla ; 25, étang Stah ; 26, Mekhada Marsh-Nord ; 27, Barrage de Bounamousa ; 28, Marais El-Chat ; 29, Oued Boukhmira ; 30, Etangs de Sidi Salem ; 31, Marais de Bousedra ; 32, étang de Zouzina ; 33, Étang Tabacob ; 34, Étang Cheaiba ; 35, Oued Bidari ; 36, Canal d'assèchement de Fetzara ; 37, Lac Guirech ; 38, Barket El Khwaled ; 39, Garaet Zawiya ; 40, Gareat Khmisa ; 41, Garaet Tabga ; 42, Garaet Sidi Makhlof ; 43, Garaet Lihlaymia ; 44, Oued Berka Zarga ; 45, Lac Hadj Tahar ; 46, Gareat Mamri ; 47, Garaet Khellalba ; 48, étang Mazaat Hmidani ; 49, Lac Beni Belaïd ; 50, marais Rajla ; 51, étang Alsos ; 52, Akfadou Lac Noir ; 53, Oued Sébaou ; 54, Lac Reghaia.

### II.1.2. Climat et altitude des habitats

Les zones humides habitées par les tortues appartenaient au climat sub-subhumide (64 %) et au climat humide (36 %) (Figure 11). La plupart de ces habitats (43 parcelles) étaient situés entre 1 et 170 m d'altitude, tous sauf un en dessous de 100 m d'altitude (Figure 12). Comme valeur aberrante, nous considérons deux populations enregistrées à 618 m d'altitude et 1246 m d'altitude dans les monts Akfadou (marais d'Alsus et du Lac Noir).

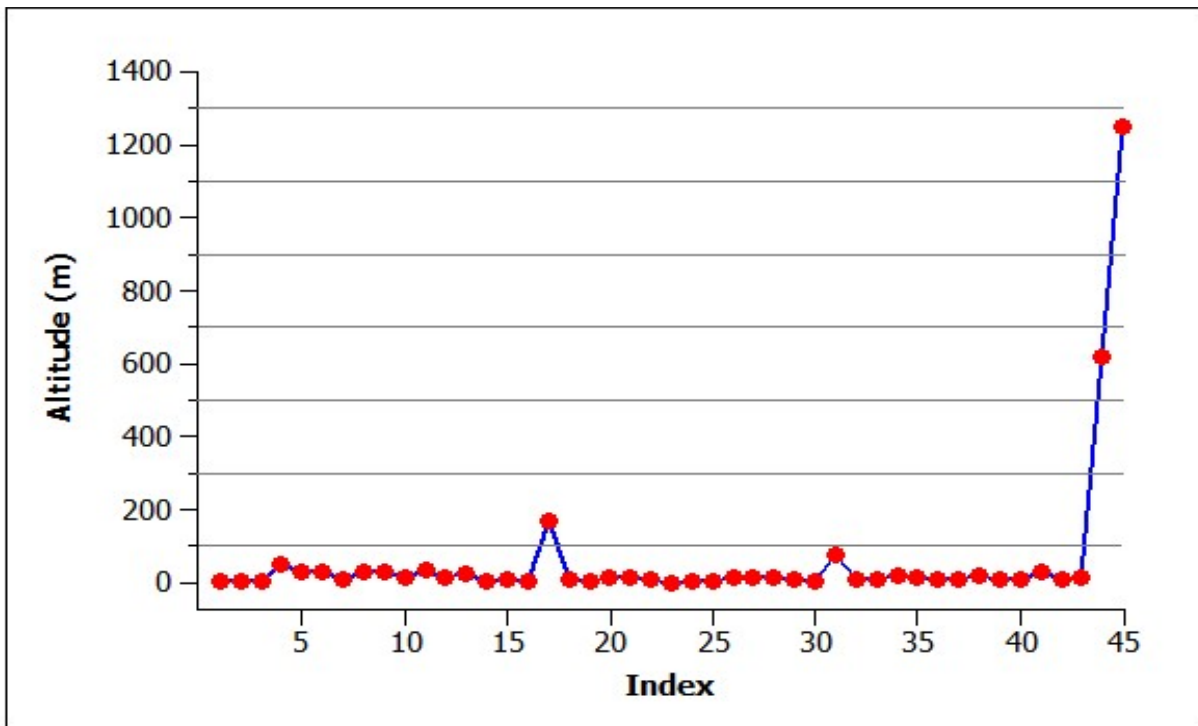


Figure 12. Altitude des habitats d'*E. orbicularis* en Algérie. Les habitats sont alignés selon leur position longitudinale.

### II.1.3. Diversité des biotopes habités

Les tortues de bassin européennes n'ont été observées que dans des habitats d'eau douce. On les retrouve principalement dans les eaux stagnantes de 84 % des habitats occupés, majoritairement dans les eaux peu profondes (mares, marais, étangs et marécages), et parfois sur les berges des eaux profondes (barrages et lacs). Ils habitaient également sporadiquement des plans d'eau à faible débit, aussi bien larges (rivières lentes, berges des rivières), notamment leurs deltas, que même étroits (ruisseaux, canaux de drainage, fossés non nettoyés), à raison de 8 % chacun (Figure 13).

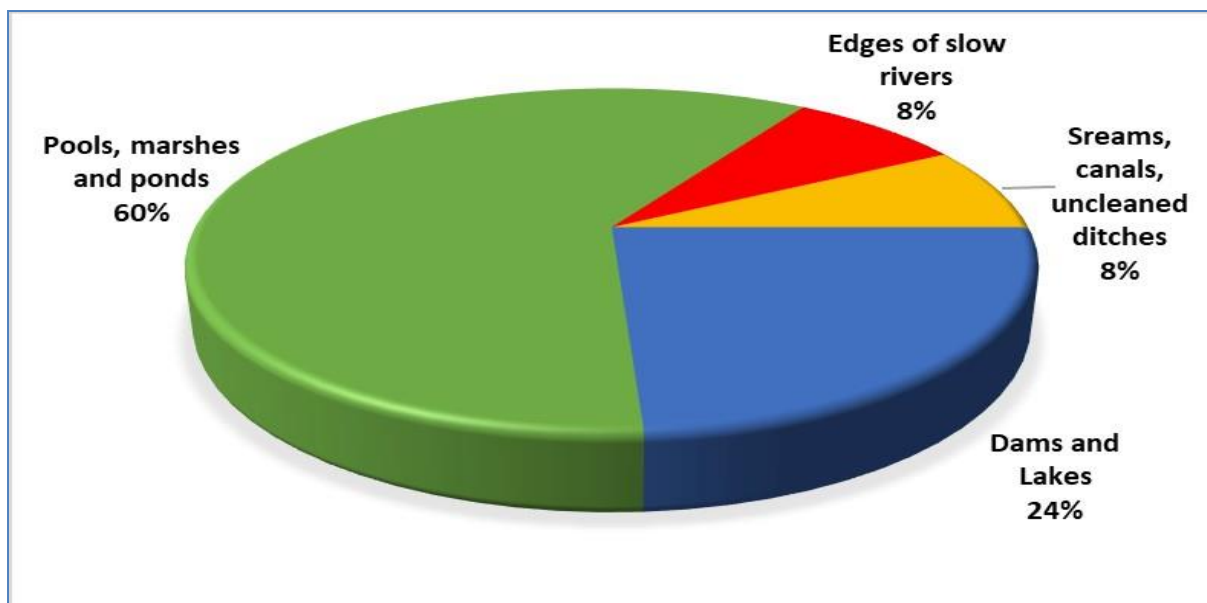


Figure 13. Les types d'habitats occupés par *E.orbicularis* en Algérie.

#### II.1.4. Statut de conservation des habitats algériens d'*Emys orbicularis*

Sur les 45 zones humides habitées par la tortue d'étang européenne, 23 (51 %) sous-populations appartenaient à 12 sites Ramsar, trois sous-populations (7 %) étaient trouvées dans trois barrages et les 19 autres (42 %) étaient situées dans des zones non protégées. zones. Sans exception, toutes les zones humides côtières Ramsar, d'El Kala à Jijel, ont accueilli des tortues d'étang européennes. Les 12 zones humides Ramsar qui étaient habitées sont le lac Tonga, le lac Oubeira, le lac Bleu, le marais d'El-Melah, l'aulnaie d'Ain-Khiar, le marais de Bourdim, le marais d'Oum-Laagareb, la tourbière du lac Noir, Garaet El-Touyour, le marais de Mekhada, le complexe de zones humides de Guerbes Sanhadja et le lac Beni-Belaid.

### II.2. Caractérisation des habitats aquatiques de la tortue *E. orbicularis* : Analyse des paramètres physico-chimiques et organiques

L'objectif de cette étude est d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques des habitats fréquentés par la tortue aquatique *E. orbicularis* durant le pic d'activité, correspondant à la saison printanière, afin d'identifier les conditions les plus favorables à son occupation. Pour cela, nous avons analysé plusieurs descripteurs de la qualité de l'eau, notamment la profondeur, pH, température, turbidité, conductivité, TDS, salinité, oxygène dissous, azote totale et phosphore totale. Il convient de préciser que les mesures ont été effectuées aux endroits où les tortues ont été observées. Les résultats de ces analyses sont synthétisés ci-dessous, offrant une vue d'ensemble des conditions qui favorisent ou nuisent à la présence d'*E. orbicularis* dans ses habitats aquatiques.

### II.2.1. Température

L'analyse des données concernant la température moyenne relevée sur les différents sites fréquentés par la cistude d'Europe révèle une nette préférence pour des habitats dont la température varie entre 21 et 26°C (Figure 14). En effet, 100 % des sites étudiés présentent des températures comprises dans cette plage, avec une concentration marquée autour de 23°C. Ce résultat souligne l'importance d'une température modérée pour les sites fréquentés par la cistude, probablement liée à ses besoins thermiques spécifiques pour la thermorégulation et les activités biologiques telles que l'alimentation et la reproduction. Aucun site n'a été observé en dehors de cette plage, ce qui suggère que la cistude évite les habitats trop froids ou trop chauds, confirmant ainsi son attachement à des environnements aquatiques tempérés.

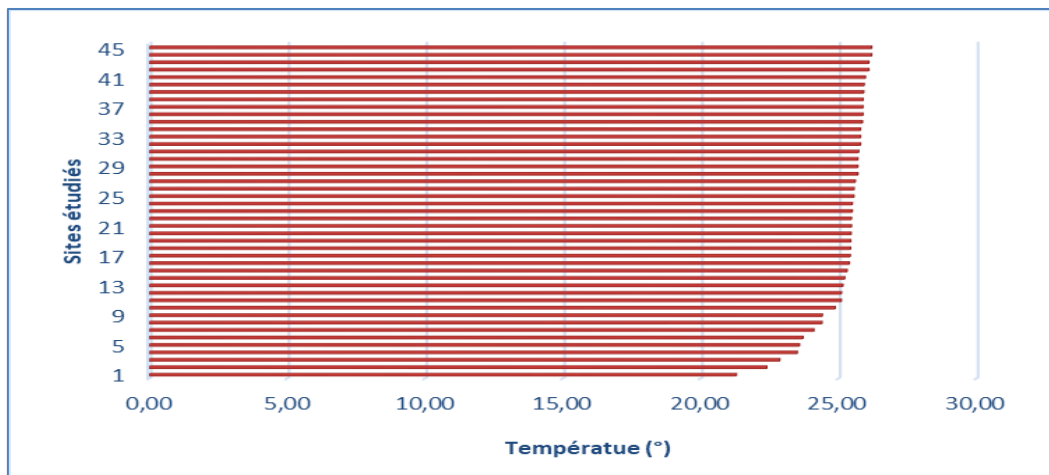


Figure 14. Températures moyennes des habitats de la tortue *E.orbicularis* au moment de l'échantillonnage.

### II.2.2. Profondeur moyenne

L'analyse des données concernant la profondeur moyenne des différents sites fréquentés par la cistude d'Europe met en évidence une forte préférence pour les habitats peu profonds. En effet, 91 % des sites présentent des profondeurs allant de 25 cm à 96 cm (inférieures à 1 mètre). Même les 9 % restants affichent des profondeurs légèrement plus importantes, variant de 100 à 150 cm, indiquant que la cistude privilégie généralement des environnements moins profonds (Figure 15).

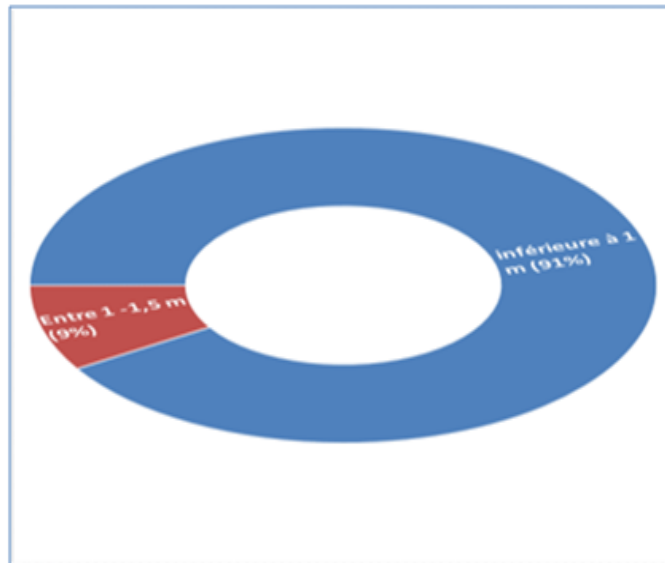


Figure 15. Pourcentage de la répartition des habitats aquatiques en fonction de la profondeur moyenne.

*Emys orbicularis* privilégie les habitats aquatiques peu profonds, avec des profondeurs variant entre 25 cm et 150 cm, offrant ainsi une diversité d'habitats adaptés aux besoins de l'espèce. L'Étang Tabacob ainsi que les canaux et fossés proches du marais de Mékhada ont enregistré la profondeur la plus faible, à 25 cm. En revanche, la profondeur maximale a été relevée au barrage Oued El-Kbir, atteignant 150 cm (Figure 16).

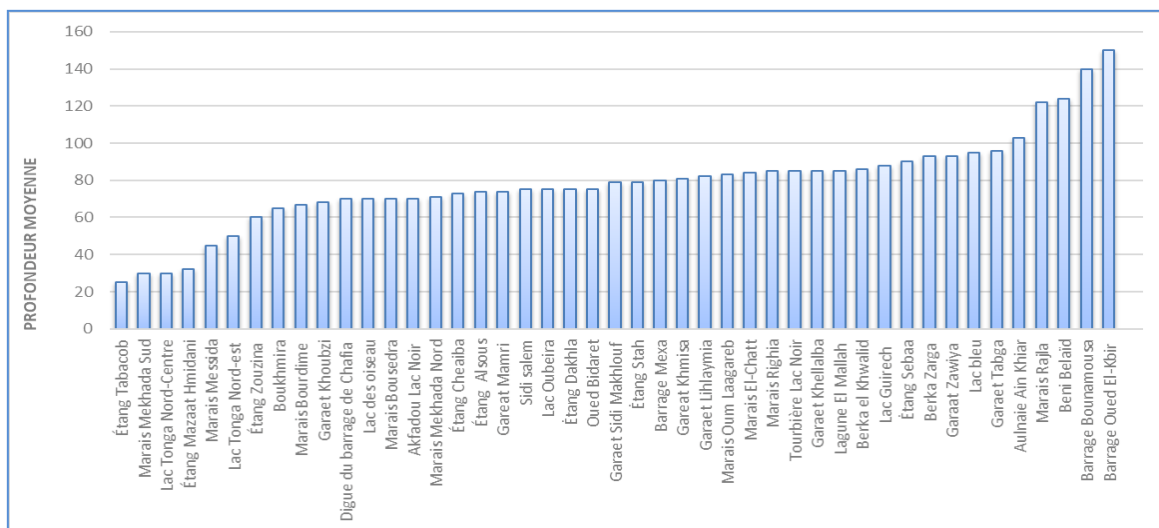


Figure 16. Valeur de la profondeur moyenne des habitats fréquentés par la tortue *Emys orbicularis*.

### II.2.3. Potentiel hydrogène (pH)

Les données de pH collectées sur les habitats fréquentés par la tortue *E. orbicularis* révèlent une intolérance aux environnements acides, avec les premières observations enregistrées à un pH de 6,43. La majorité des habitats, soit 82 %, affichent un pH neutre à légèrement alcalin (entre 6,5 et 8,99), indiquant une préférence marquée pour ces conditions. De plus, 13 % des sites étudiés présentent un pH fortement alcalin (de 9,0 à 9,99), ce qui démontre la capacité d'adaptation de cette tortue à des environnements plus basiques (Figure 17).

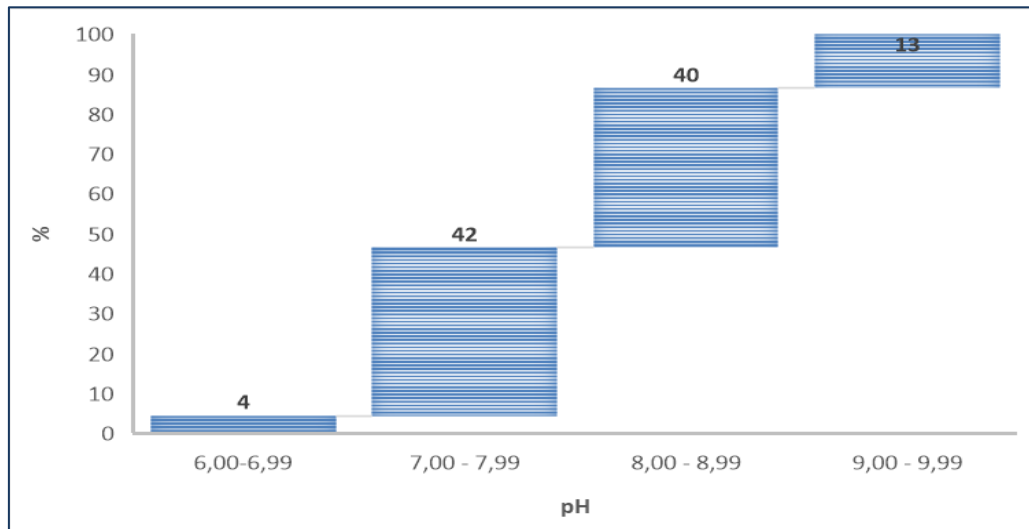


Figure 17. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux de pH.

Les sites les moins tolérants aux variations de pH se situent aux deux extrêmes : d'une part, le Lac Guirech et le Barrage Oued El-Kbir, et d'autre part, le marais Mékhada et Rajla (Figure 18).

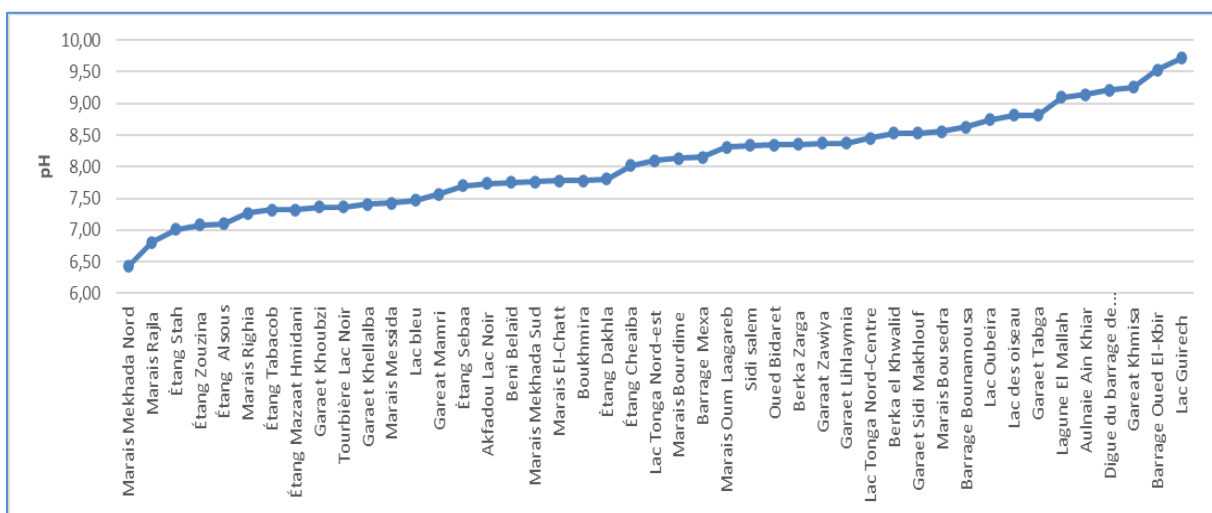


Figure 18. Valeur de pH des sites fréquentés par la tortue *Emys orbicularis*.

#### II.2.4. Turbidité

Les données de turbidité révèlent une grande variété parmi les sites étudiés. La majorité des habitats aquatiques fréquentés par les tortues, représentant 74 % des sites, présentent une eau claire à légèrement turbide, avec des valeurs de turbidité inférieures à 50 FNU. Cependant, il est important de noter que les tortues peuvent également résister dans des environnements moyennement à fortement turbides, qui constituent 26 % des sites, affichant des valeurs de turbidité supérieures à 50 FNU (Figure 19).

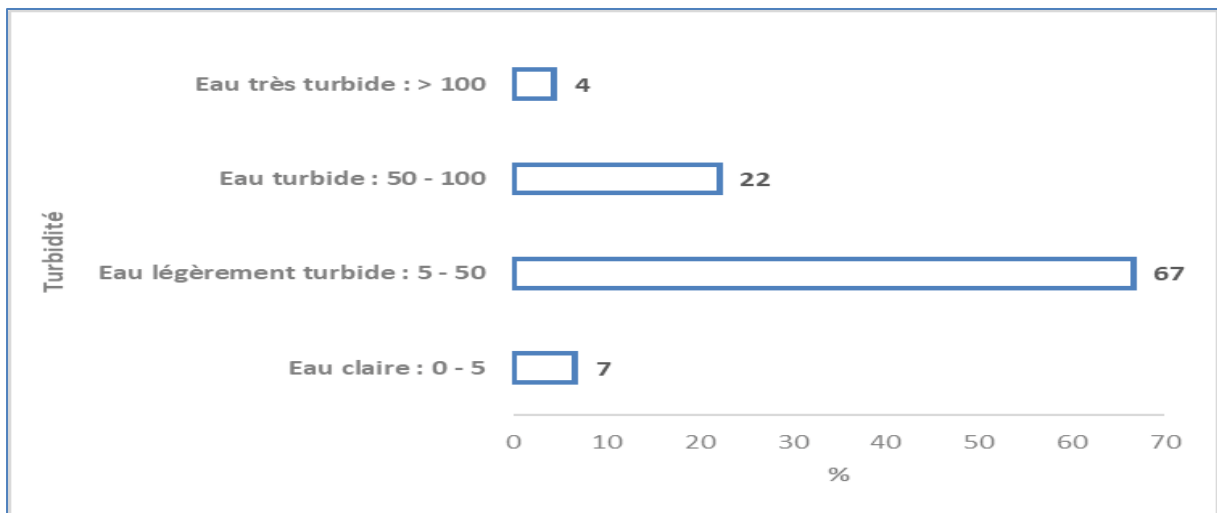


Figure 19. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux de la turbidité.

Parmi les sites présentant les eaux les plus claires ou les moins turbides, on trouve Digue du barrage de Chafia, lac bleu et barrage de Mexa. Tandis que le site le plus turbide était distinctement le marais de Boukhmira, qui a affiché une valeur alarmante de 269 FNU, indiquant une dégradation significative susceptible de nuire à la survie des tortues (Figure 20).

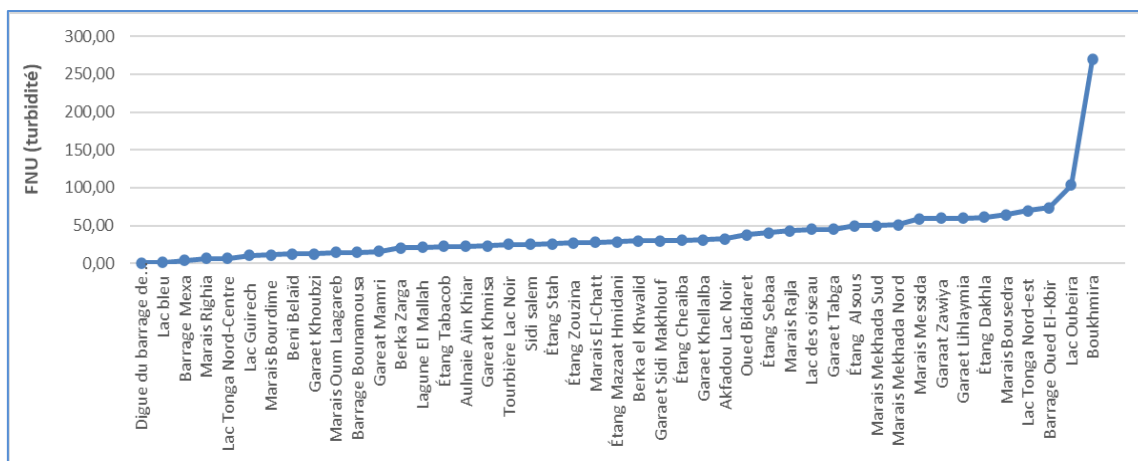


Figure 20. Valeur de la turbidité des sites fréquentés par la tortue *Emys orbicularis*.

#### II.5.4. Oxygène dissous

Les résultats montrent que 78 % des habitats échantillonnés présentent des niveaux d'oxygène dissous de qualité moyenne à médiocre, inférieurs à 5 mg/L, ce qui pourrait influencer la présence des tortues. En revanche, seulement 22 % des sites affichent une oxygénation allant d'excellente à acceptable, indiquant que les tortues fréquentent principalement des habitats moins bien oxygénés (Figure 21).

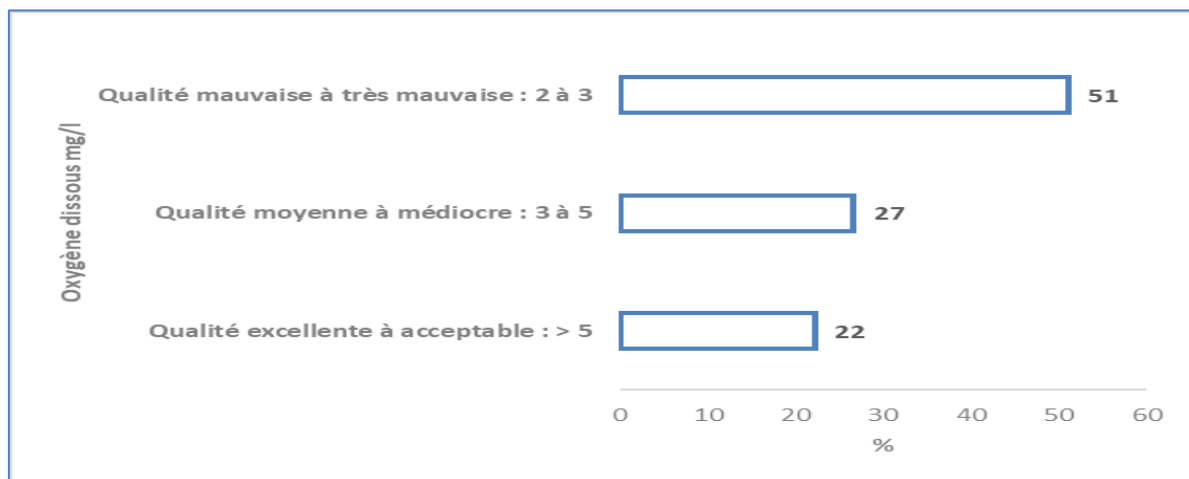


Figure 21. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux de l'oxygène dissous.

Parmi les sites affichant les niveaux d'oxygène dissous les plus élevés, Lac noir d'Akfadou, marais Rejla et Beni Belaid se distinguent avec des valeurs exemplaires allant de 6,25 à 8,56 mg/L. Cela indique des conditions idéales pour la vie aquatique et favorise une biodiversité riche. À l'inverse, une vingtaine de sites tels que l'étang Zouzina, lagune El Mallah et Marais

El-Chatt présentent une qualité d'eau très mauvaise, avec des niveaux d'oxygène dissous inférieurs à 3 mg/L. Bien que ces conditions puissent convenir aux tortues, elles peuvent être préjudiciables à d'autres espèces aquatiques, notamment celles qui nécessitent des niveaux d'oxygène plus élevés (Figure 22).

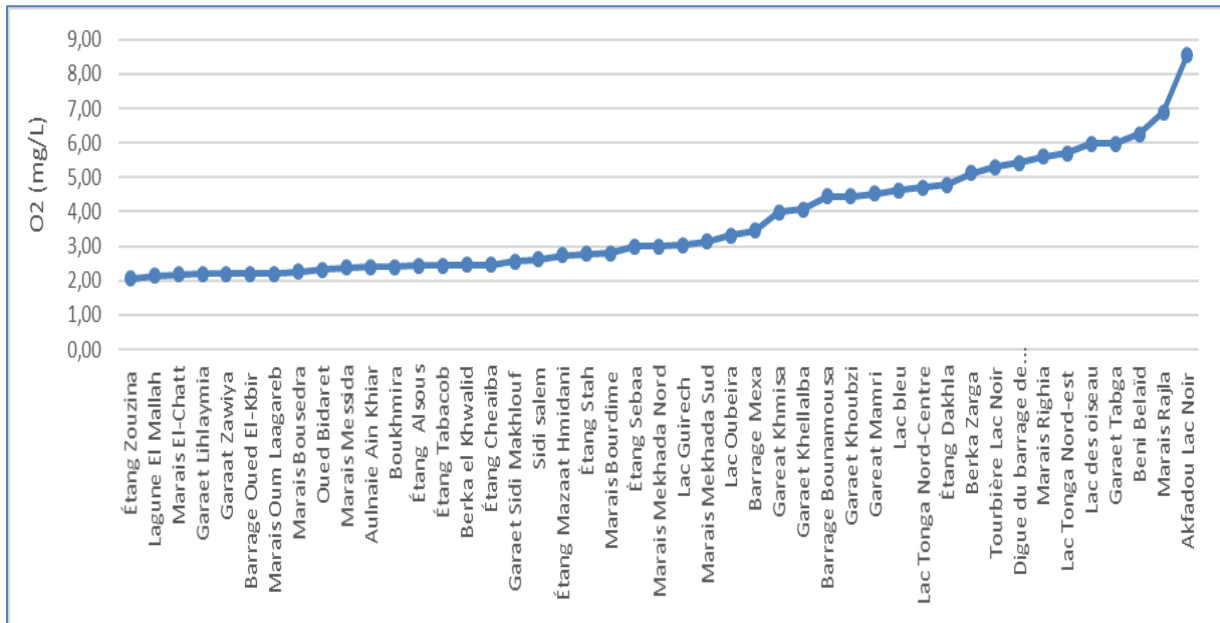


Figure 22. Valeurs de l'oxygène dissous des sites fréquentés par la tortue *Emys orbicularis*.

## II.2.6. Conductivité

Les données montrent que les tortues fréquentent majoritairement des habitats présentant une conductivité comprise entre 500 et 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , correspondant à des eaux modérément salines, qui représentent 78 % des sites échantillonnés. Elles préfèrent également des eaux douces, avec 18 % des habitats affichant une conductivité inférieure à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Toutefois, elles sont rarement observées dans des eaux salines, puisque seulement 4 % des habitats fréquentés présentent des valeurs de conductivité comprises entre 3000 et 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figure 23).

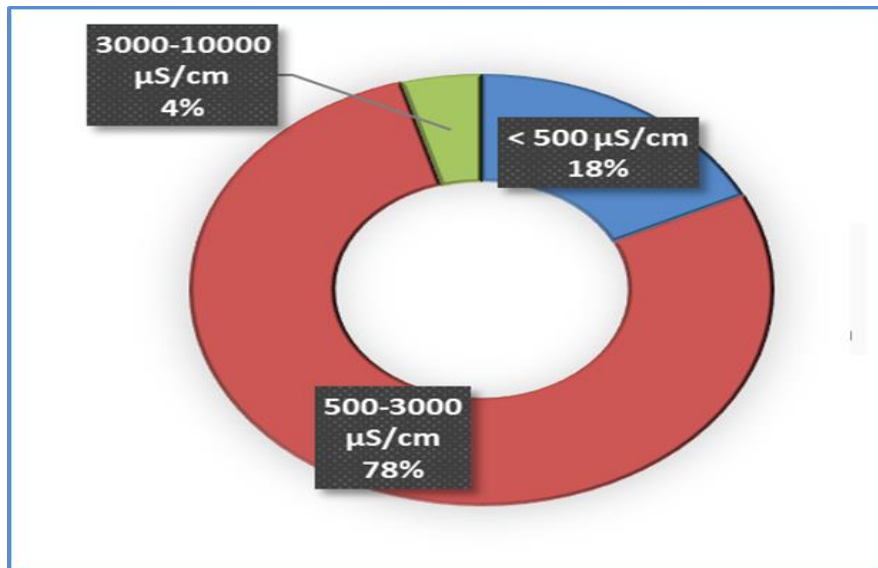


Figure 23. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux de la conductivité.

Parmi les sites présentant des eaux avec des niveaux de conductivité faibles on trouve Tourbière Lac Noir, Lac bleu et étang Mazaat Hmidani, dont les valeurs n'ont pas dépassé les 400 µS/cm. En revanche, le site affichant la conductivité la plus élevée est le Barrage Bounamousa, qui présente une valeur de 8573 µS/cm (Figure 24).

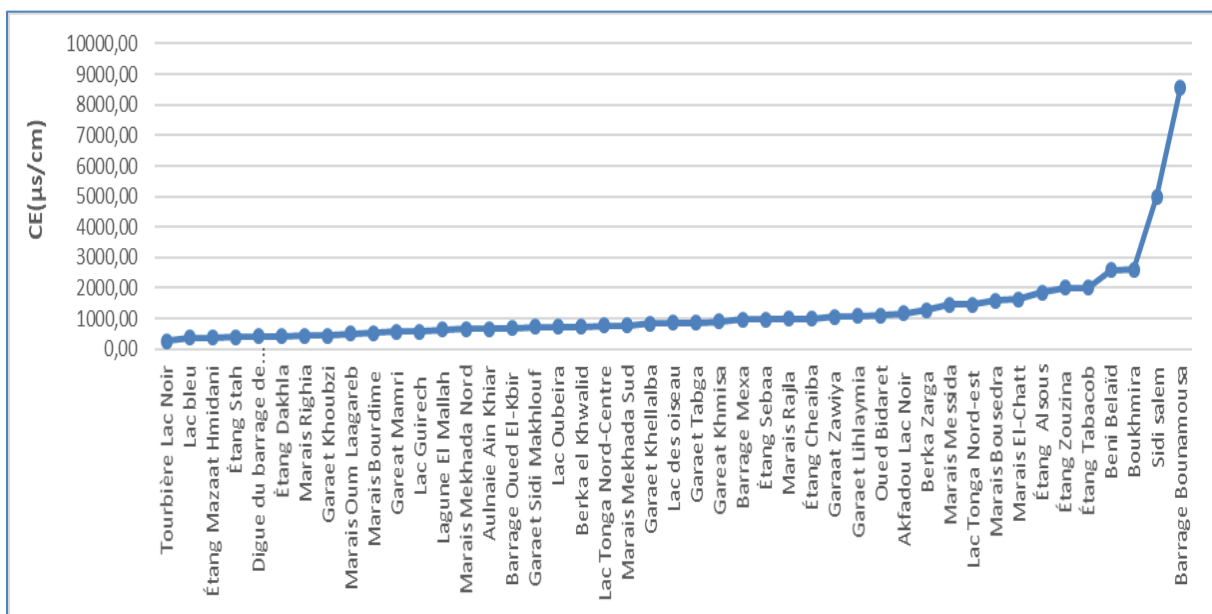


Figure 24. Valeurs de la conductivité électrique des sites fréquentés par la tortues *Emys orbicularis*.

## II.2.7. Solides Dissous Totaux (TDS)

Les résultats montrent que les tortues préfèrent majoritairement des habitats présentant des niveaux de solides dissous totaux (TDS) considérés comme bons à moyens, avec 84 % des sites fréquentés affichant des valeurs inférieures à 900 mg/L. Cependant, elles sont également observées dans 16 % des habitats où les niveaux de TDS dépassent 900 mg/L, bien que ces conditions soient classées comme médiocres à inacceptables (Figure 25).

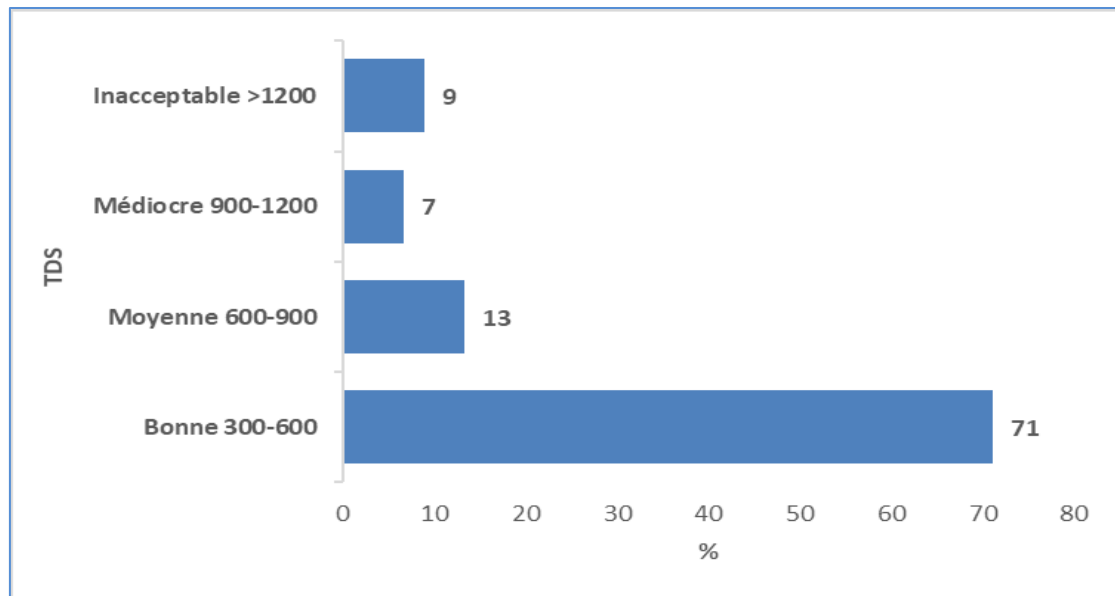


Figure 25. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux des solides dissous totaux (TDS).

Parmi les habitats aquatiques faiblement minéralisés, dits de qualité excellente avec des valeurs inférieures à 200 mg/L, fréquentés par *E. orbicularis*, on retrouve la tourbière du Lac Noir, le Lac Bleu et l'étang Mazaat Hmidani. En revanche, les sites présentant des niveaux de TDS médiocres à inacceptables incluent le Barrage Bounamoussa, qui affiche une valeur particulièrement élevée de 4715 mg/L, indiquant une eau fortement minéralisée de qualité inacceptable (Figure 26).

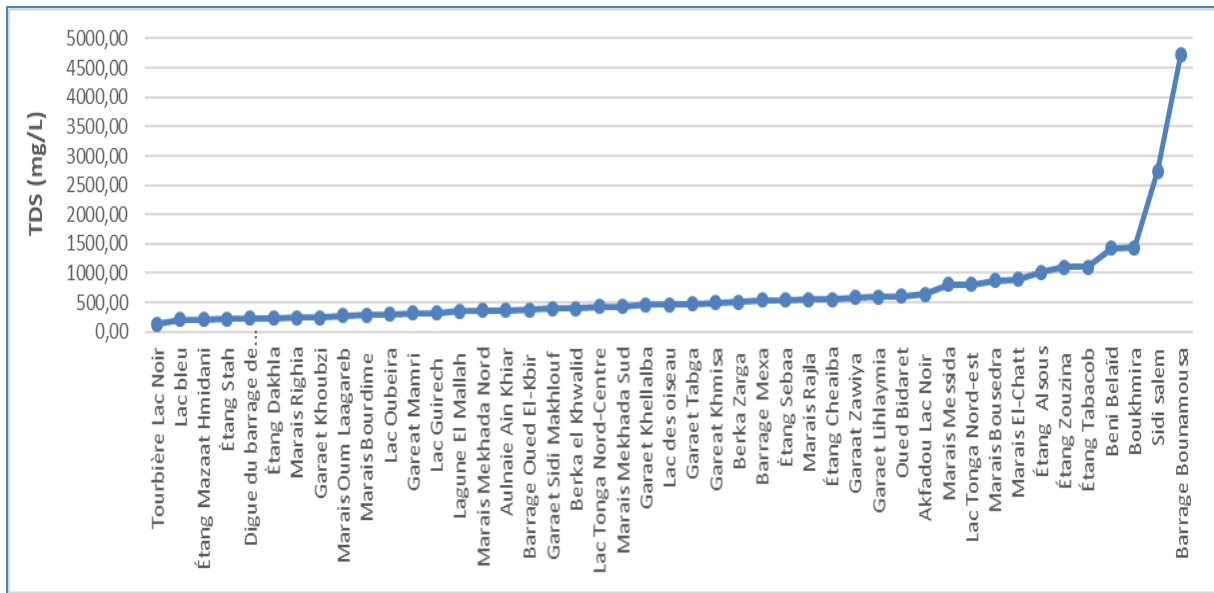


Figure 26. Valeurs des solides dissous totaux des sites fréquentés par la tortues *Emsys orbicularis*.

### II.2.8. Salinité

Les résultats montrent que les tortues préfèrent nettement les eaux douces, avec 82 % des habitats fréquentés présentant une salinité inférieure à 1 PSU. Toutefois, elles sont également capables de s'adapter à des environnements plus salins, puisqu'elles ont été observées dans 18 % des sites ayant une salinité comprise entre 1 et 10 PSU, caractéristiques des eaux saumâtres (Figure 27).

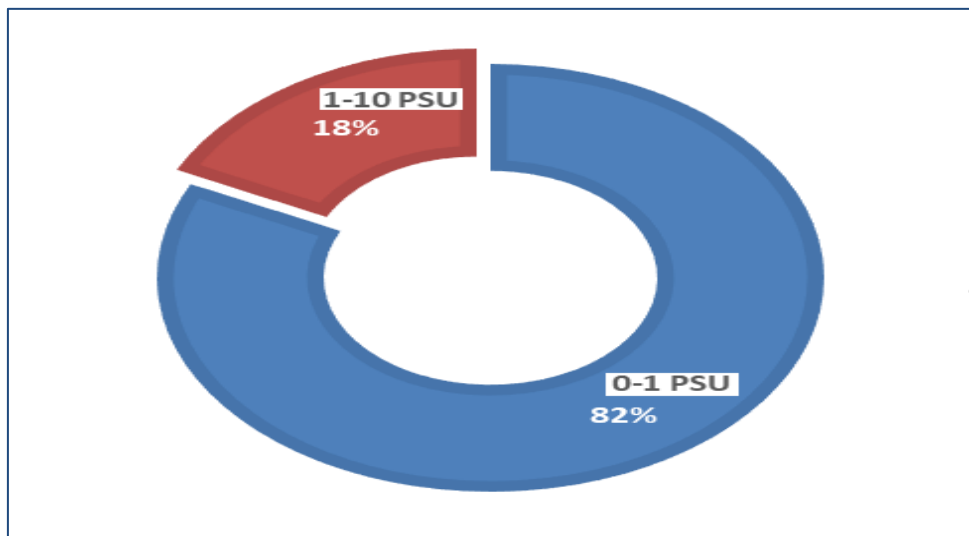


Figure 27. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux de la salinité.

Parmi les sites présentant des eaux peu salines, nous avons noté le Marais Righia (0,12 PSU) et la Tourbière Lac Noir (0,16 PSU), qui illustrent des conditions optimales. En revanche, les sites les plus salins sont Sidi Salem (3,34 PSU) et le Barrage Bounamousa (5,74 PSU) (Figure 28).

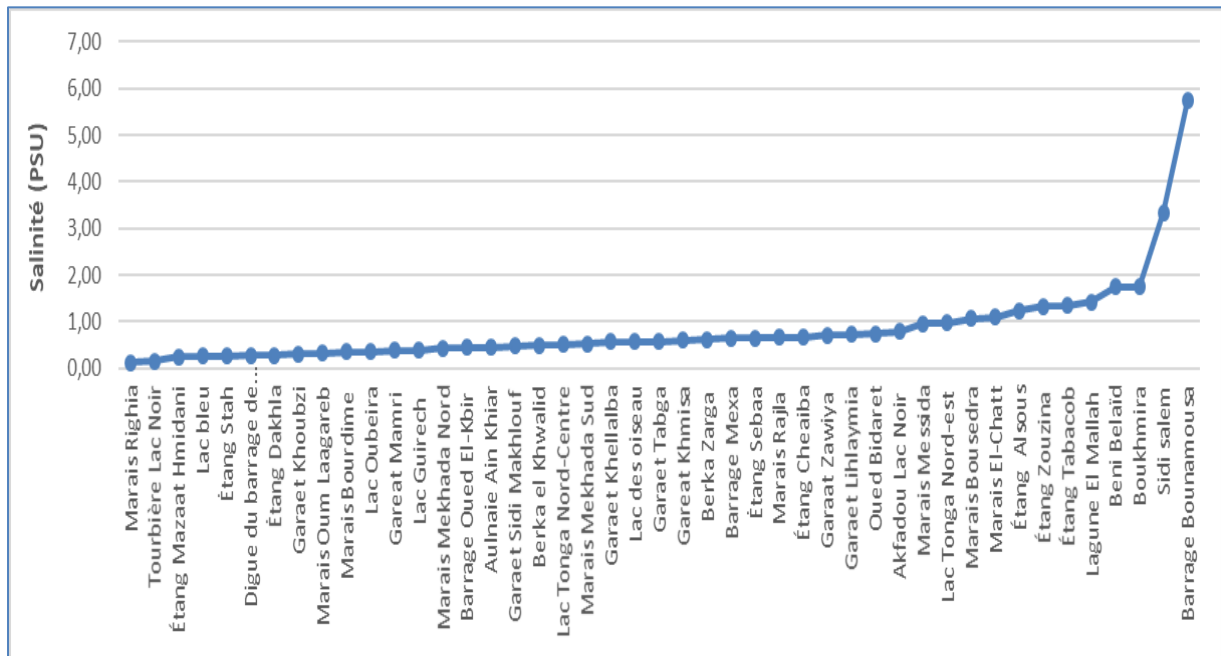


Figure 28. Valeurs de la salinité des sites fréquentés par la tortues *Emys orbicularis*.

## II.2.9. Azote totale

Les données sur l'azote total dans les différents sites indiquent que la cistude d'Europe préfère principalement des habitats avec des niveaux d'azote faibles, puisque 98 % des sites se situent dans la catégorie des eaux légèrement à modérément polluées, avec des valeurs inférieures à 50 mg/L. En revanche, seulement 2 % des habitats présentent des niveaux d'azote supérieurs à 50 mg/L, classés comme fortement pollués. Ces niveaux d'azote suggèrent que la cistude est davantage présente dans des environnements où les impacts des activités agricoles et urbaines sont limités, favorisant ainsi la santé des écosystèmes aquatiques (Figure 29).

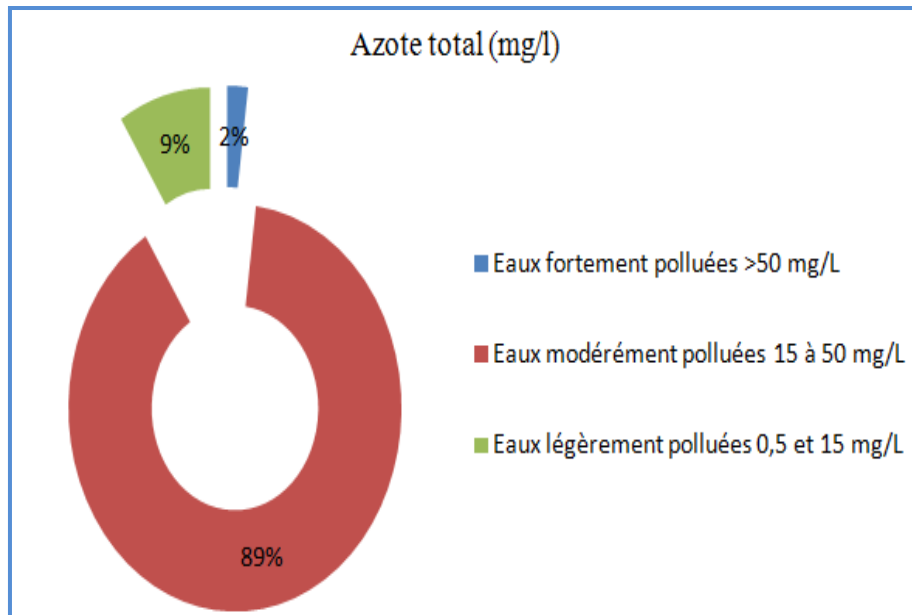


Figure 29. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux l'Azote totale.

Parmi les sites présentant des habitats légèrement pollués, la cistude d'Europe fréquente des lieux tels qu'Akfadou, le Lac Noir, Beni Belaïd et le Marais Messida, où les niveaux d'azote sont inférieurs à 50 mg/L. En revanche, Sidi Salem se distingue comme le site le plus pollué, affichant un niveau alarmant de 53 mg/L. Cette situation est particulièrement préoccupante et suggère une contamination sévère, probablement due à des eaux usées, ce qui pourrait limiter la présence de la cistude dans cet habitat (Figure 30).

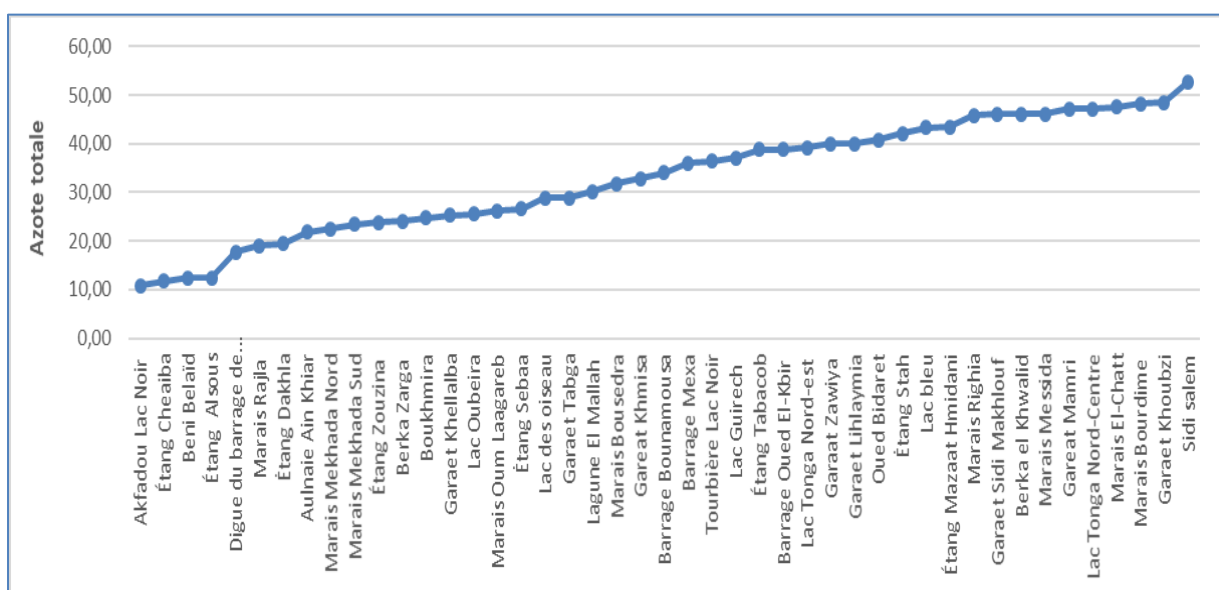


Figure 30. Valeurs de l'Azote totale des sites fréquentés par la tortues *Emys orbicularis*.

## II.2.10. Phosphore totale

Les données concernant le phosphore total indiquent que la cistude d'Europe préfère majoritairement des habitats se classant dans les catégories mésotrophes et méso-eutrophes, représentant 82 % des sites, avec des niveaux de phosphore variant entre 10 et 35 mg/L. En revanche, 16 % des sites sont classés comme eutrophes, affichant des niveaux de phosphore supérieurs à 35 mg/L. Seuls 2 % des habitats présentent des niveaux de phosphore considérés comme Ultra-oligotrophe. Cela suggère que la cistude est davantage présente dans des environnements où la qualité de l'eau est moins altérée par des apports excessifs en phosphore (Figure 31).

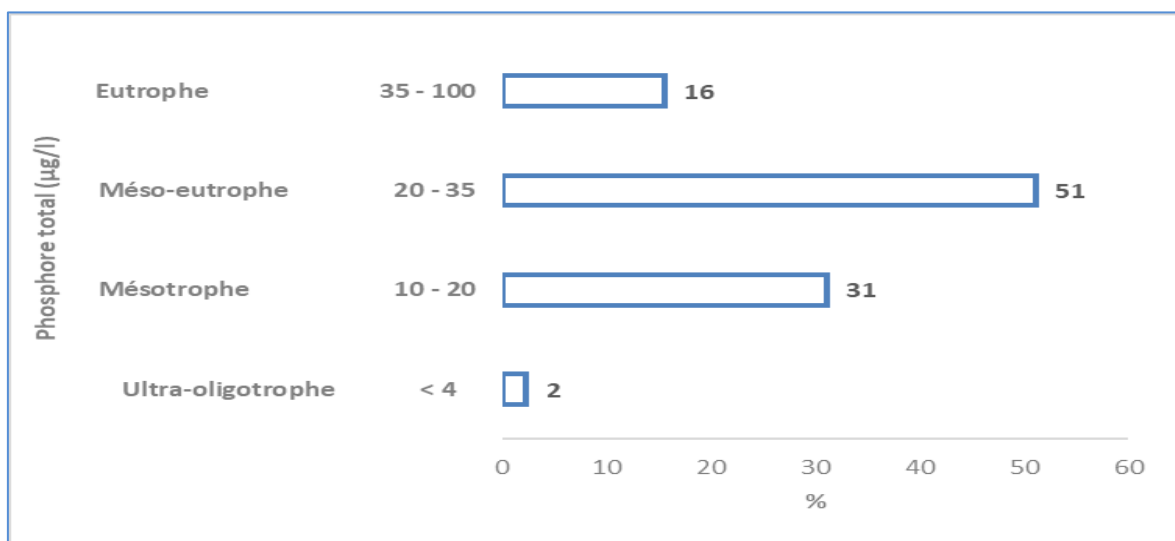


Figure 31. Distribution des habitats des tortues *E. orbicularis* en fonction des niveaux de phosphore totale.

Parmi les sites présentant des eaux Ultra-oligotrophe, le lac de Beni Belaid affiche un niveau de phosphore de 3,4 mg/L, tandis que d'autres sites, comme le marais El Chatt et Boukhmira, présentent des niveaux nettement plus élevés, atteignant respectivement 69 mg/L et 58 mg/L. Ces valeurs indiquent que, bien que le lac de Beni Belaid soit légèrement eutrophe, les habitats comme le marais El Chatt et Boukhmira, avec des niveaux de phosphore plus préoccupants, pourraient être moins favorables à la cistude d'Europe en raison de la dégradation de la qualité de l'eau (Figure 32).

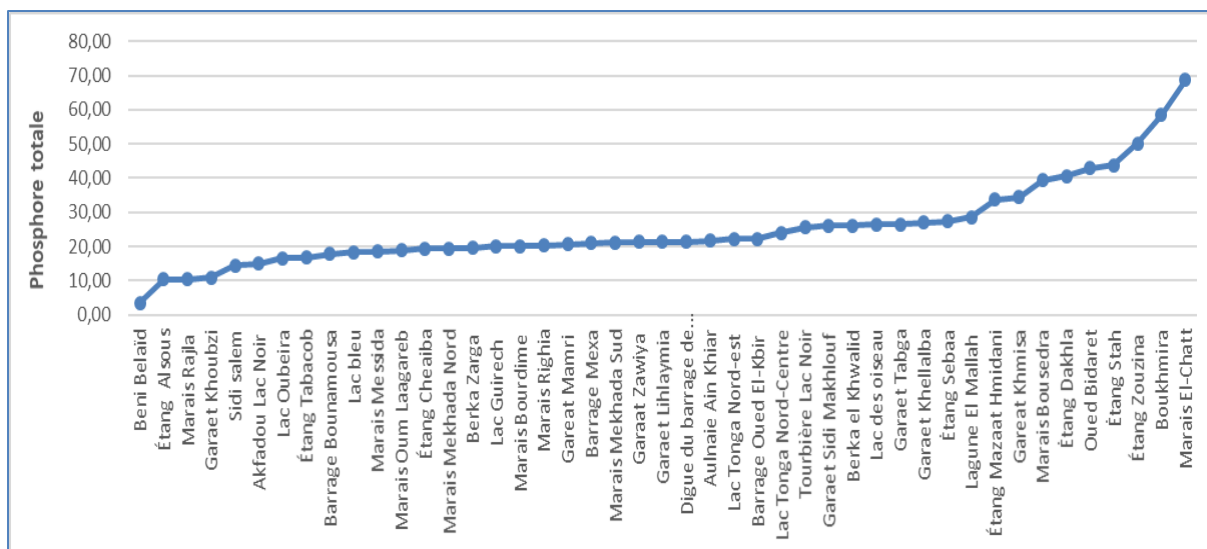


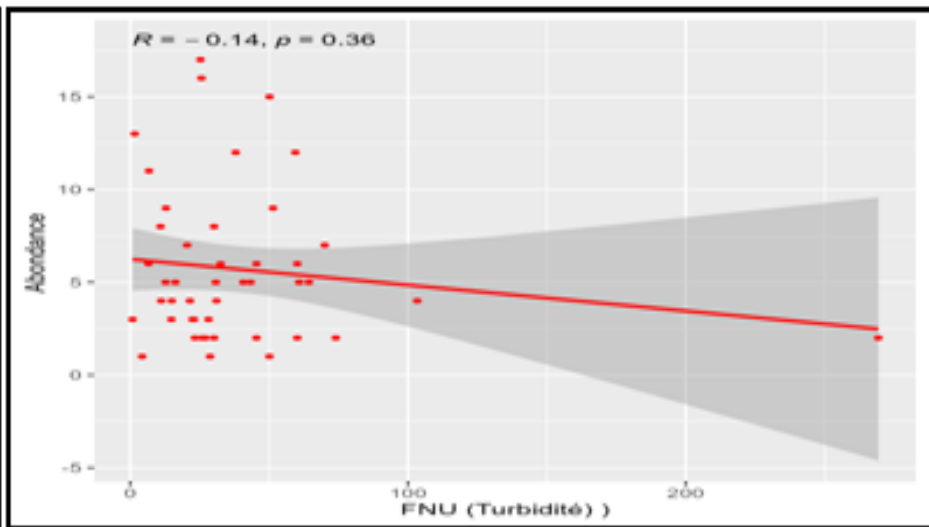
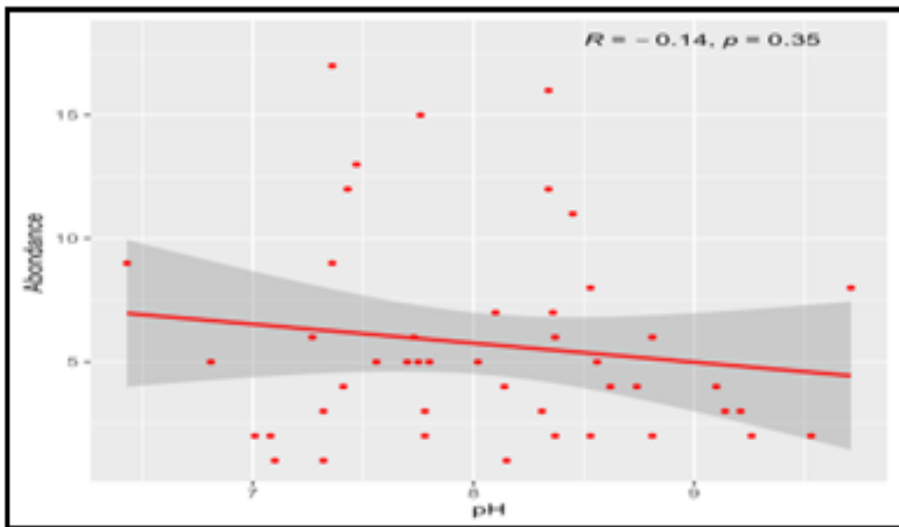
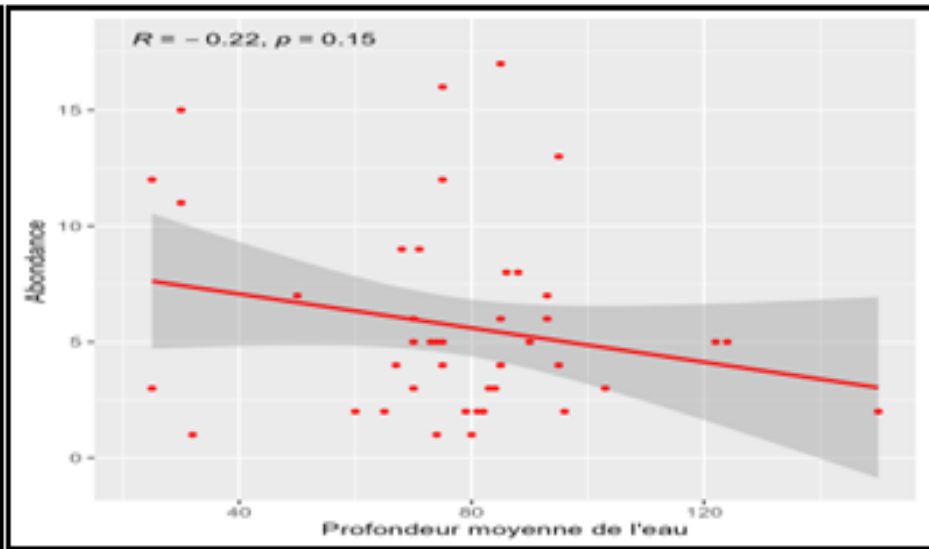
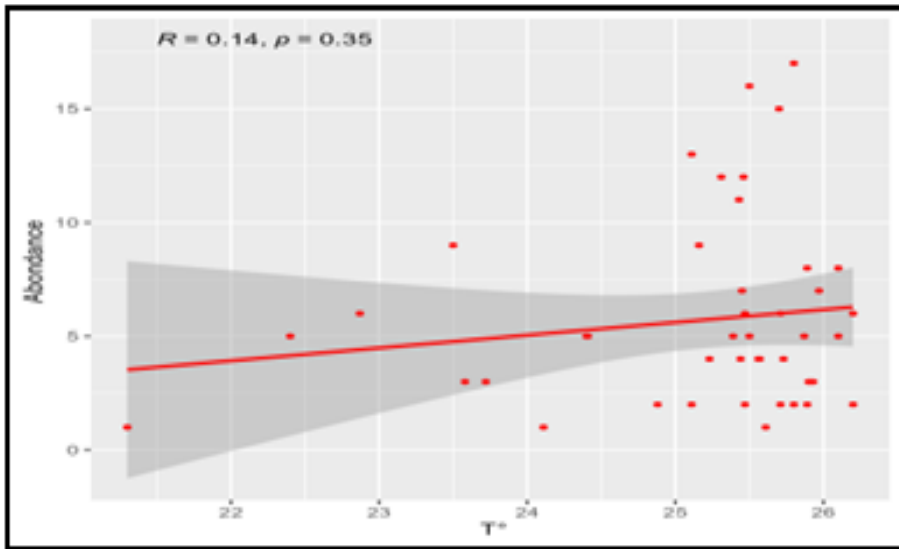
Figure 32. Valeurs de phosphore total des sites fréquentés par la tortue *Emys orbicularis*.

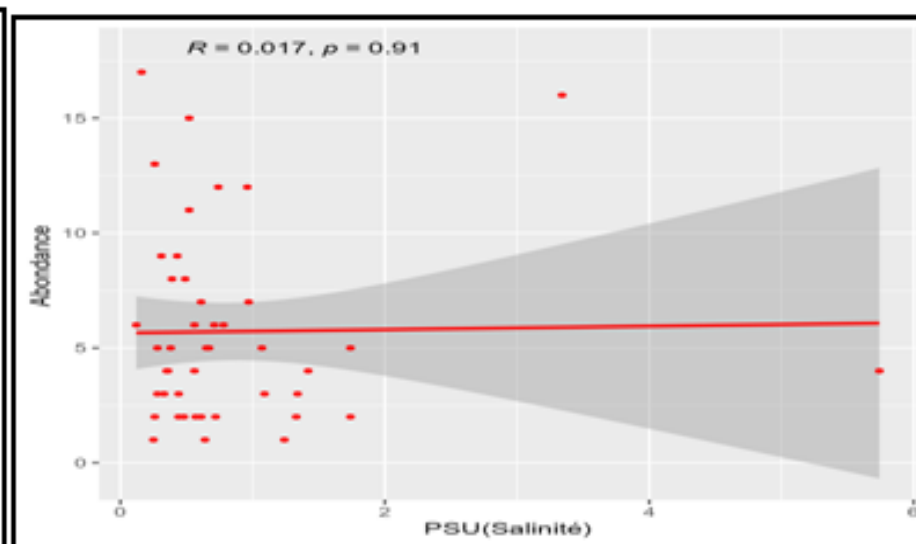
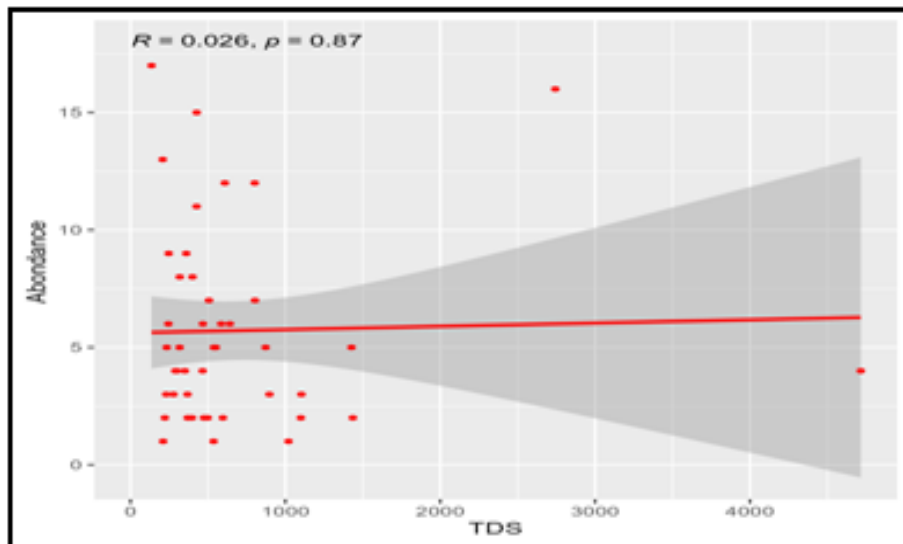
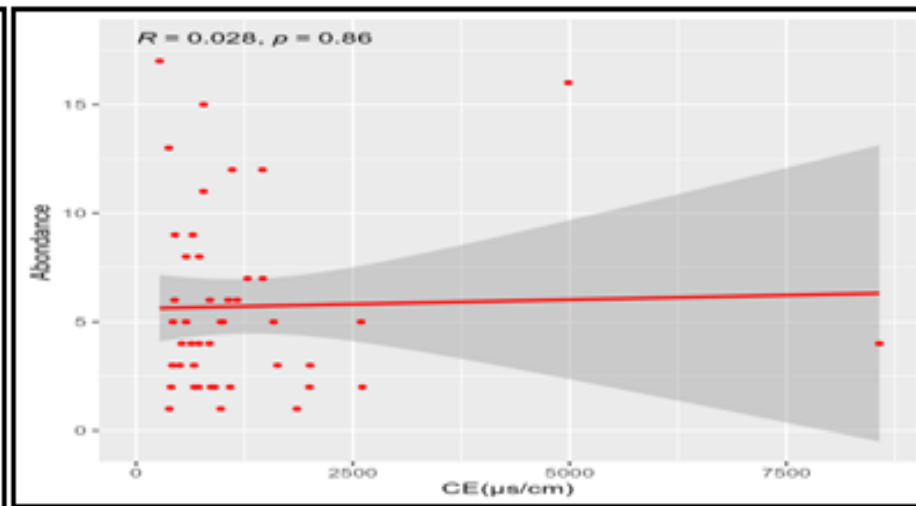
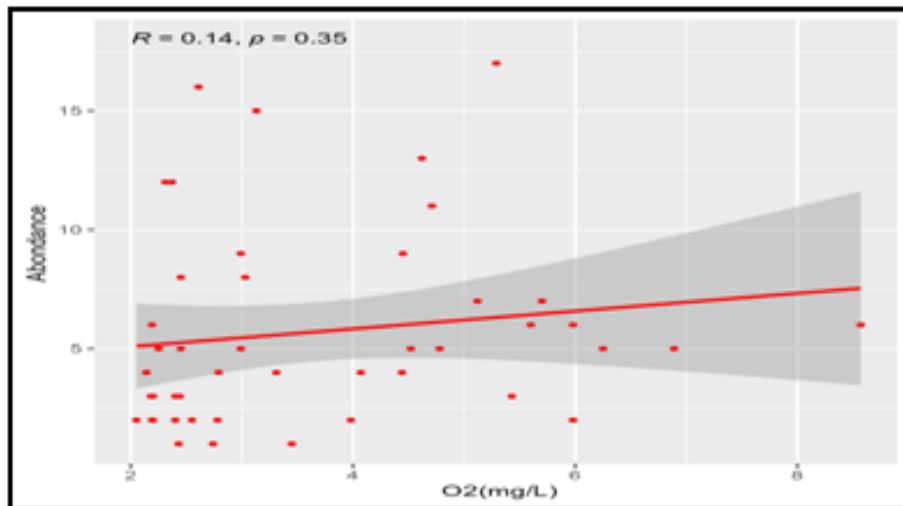
### II.3. Relation entre les abondances des populations de la tortue *Emys orbicularis* et les paramètres physicochimiques de leurs habitats

Les résultats suggèrent que, dans l'ensemble, il n'existe pas de corrélation significative entre les paramètres mesurés et l'abondance des tortues *E. orbicularis* (Figure 33, Tableau 5). Des recherches supplémentaires avec un échantillonnage plus large ou d'autres méthodes pourraient être nécessaires pour identifier les facteurs qui influencent leur abondance (Tableau 5).

Tableau 5. Résultats des Corrélations entre les abondances des tortues *Emys orbicularis* et les paramètres physico-chimiques et organiques de leurs habitats.

Eléments de corrélation	T (°C)	Prof moy	pH	Turb	O dissous	Cond	TDS	Sal	Az totale	Phos totale
<b>Abondance</b>	r = 0.14 p= 0.35	r = 0.22 p= 0.15	r = 0.14 p= 0.35	r = 0.14 p= 0.36	r = 0.14 p= 0.35	r = 0.028 p= 0.86	r = 0.026 p= 0.87	r = 0.017 p= 0.91	r = 0.26 p= 0.083	r = 0.76 p= 0.62





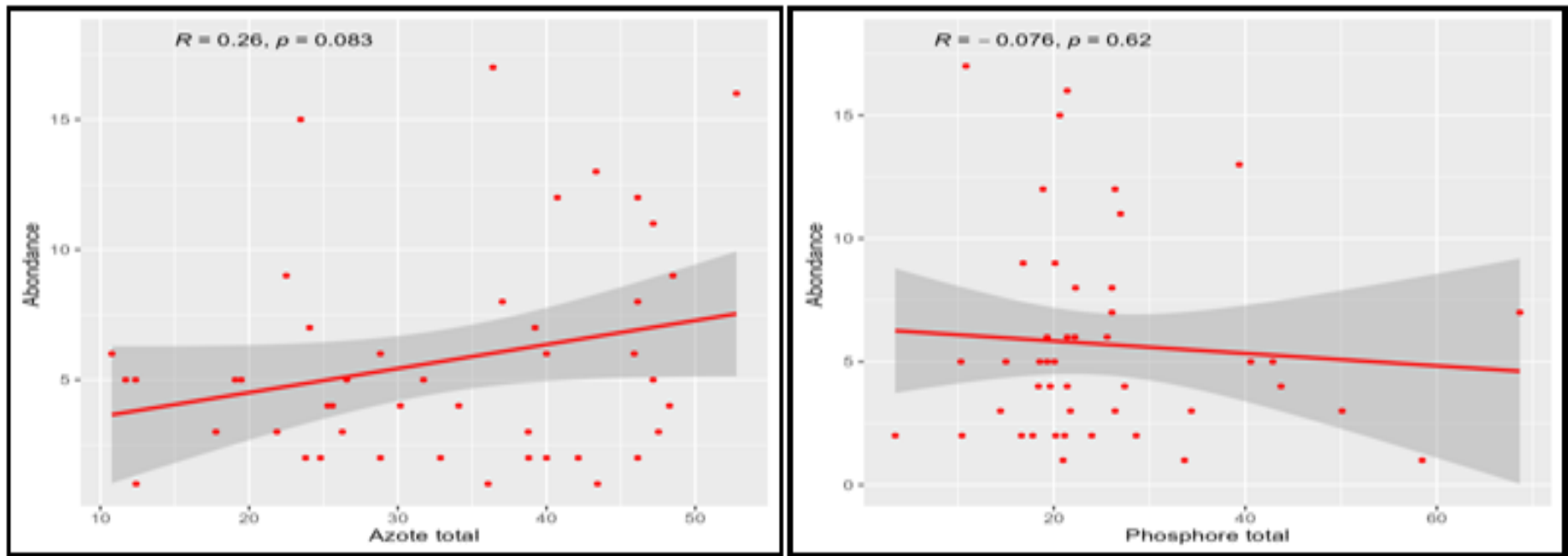


Figure 33. Corrélations entre les abondances des tortues *Emys orbicularis* et les paramètres physico-chimiques et organiques de leurs habitats.

---

## DISCUSSION

### III. DISCUSSION

#### III.1. Distribution et état de conservation de la tortue *Emys orbicularis* en Algérie

##### III.1.1. Répartition d'*E. orbicularis* en Algérie

L'aire de répartition de *E. orbicularis* en Algérie est restée plutôt peu étudiée, avec des rapports limités publiés récemment (Samraoui & Belair, 1997; Tiar-Saadi *et al.*, 2017). Les données présentées ici contribuent à combler ces lacunes dans les connaissances sur les populations algériennes et à compléter la vision de la répartition de l'espèce au Maghreb, puisqu'en comparaison, la répartition au Maroc et en Tunisie est bien documentée (Loveridge & Williams, 1957; Blanc, 1978; Fritz, 2003; Mediani *et al.*, 2009; Escoriza & Ben Hassine, 2017; El Hili *et al.*, 2020).

Le lac Tonga dans le parc national d'El-Kala et l'estuaire de Boukhmira à Annaba, situés respectivement à 10 km et 60 km de la frontière algéro-tunisienne, étaient les seules populations algériennes confirmées (Tiar-Saadi *et al.*, 2017). La présence de l'espèce a également été constatée dans les listes fauniques du complexe humide de Guerbes-Sanhadja et du lac Beni-Belaid (Samraoui & Belair, 1997; De Belair & Samraoui, 2000). Actuellement, quarante-cinq populations sont connues en Algérie. Ceux-ci s'étendent du lac Tonga, qui serait le plus oriental, au lac Noir d'Akfadou au centre de la plaine côtière, couvrant une bande côtière de 490 km de long et 40 km de large.

La répartition actuelle révèle que l'espèce persiste depuis plus de 130 ans dans l'extrême nord-est du pays, notamment à Annaba, El Kala et leurs environs (Eichwald, 1851; Boulenger, 1891). Là, l'espèce occupe des parcelles densément interconnectées par un réseau hydrographique riche et ramifié.

Même si actuellement, cette étude résout également l'existence de l'espèce en Kabylie, qui a fait l'objet de débats dans les documents historiques (Strauch, 1862; Boulenger, 1891). On ne peut pas conclure à la pérennité des populations dans cette zone, étant donné que leur présence historique présumée dans le fleuve Sebaou, le plus grand de Grande Kabylie, a été rejetée par les herpétologues de l'époque. Nous n'avons pas observé *E. orbicularis* à l'embouchure de l'Oued Sebaou (Figure 11), mais les deux plans d'eau les plus proches dans les monts Akfadou (Bejaia), qui ont partie du réseau hydrographique qui l'alimente en période pluvieuse ont été habités par cette espèce de tortue (Laribi *et al.*, 2008). D'ailleurs, la première et unique mention de la présence de l'espèce a été suggérée en Petite Kabylie au lac de Beni-Belaid (Jijel) en 2000 (De Belair & Samraoui, 2000). Les auteurs ont fait remarquer que cette présence était inattendue

dans cette région, loin de son aire de répartition connue à l'extrême nord-est. Nous confirmons la persistance de cette population sous forme d'une fraction périphérique et l'existence d'une autre à proximité, à quelques kilomètres de là.

Dans l'ensemble, nous avons constaté la stabilité de la métapopulation numide et même de son expansion plus à l'ouest et jusqu'en Kabylie. Aucun des rapports et études récents dont nous avons connaissance n'a mentionné les tortues de bassin plus à l'ouest, pas même dans la région voisine d'Alger. Nous n'avons trouvé aucune *E. orbicularis* dans la zone humide de Reghaia, le seul site Ramsar autour d'Alger. Néanmoins, cela ne peut en aucun cas réfuter le document historique de Guichenot qui affirme avoir observé l'espèce en grand nombre dans presque toutes les eaux d'Alger au cours des années 1840-1842, ni conforter l'hypothèse de ses successeurs, qui croient l'avoir confondu avec *M. leprosa*, car ils ne l'ont pas observé lors de leurs visites sur le terrain (Strauch, 1862; Boulenger, 1891).

Le regroupement de quarante populations sur le complexe humide numide, dans la région la plus au nord-est entre El Kala et l'est de Skikda, permet de déduire le noyau central des populations algériennes. La proximité spatiale, la densité et la bonne connexion hydrographique des zones identifiées principalement en Numidie, nous laissent penser qu'il existe un échange génétique permanent entre les populations adjacentes afin qu'elles fonctionnent selon un modèle de métapopulation (Clarté *et al.*, 2020).

De plus, l'absence de l'espèce dans les trois sites précédemment occupés en Numidie (Figure 11) n'implique pas nécessairement une extinction définitive. Il est bien connu que la disparition locale et la recolonisation d'habitats précédemment occupés sont des attributs de la dynamique de propagation de *E. orbicularis*, et que ces localités peuvent être recolonisées à partir d'habitats adjacents (Roe *et al.*, 2009). Une eau, de la nourriture et un partenaire appropriés, ainsi que des sites d'insolation, d'hivernage, de ponte et d'estivation, sont les éléments clés du cycle de vie que les tortues de bassin recherchent constamment. S'ils ne sont pas satisfaits d'un seul habitat à faible compétition, ils adopteront des déplacements partiels ou permanents entre différentes parcelles, répondant ainsi à tout ou partie de leurs besoins (Cadi *et al.*, 2004; Roe & Georges, 2008; Clarté *et al.*, 2020).

La concentration de l'espèce dans la bande côtière du complexe de zones humides numides, riche en plans d'eau, suggère que cette zone pourvoit à tous ses besoins dans les habitats adjacents. Cependant, lorsque la connectivité entre les habitats colonisés est affaiblie ou perdue en raison de la distance, les individus perdus par dispersion ou migration ne peuvent être

compensés (Cushman, 2006; Roe *et al.*, 2009; Clarté *et al.*, 2020). Les populations très isolées finissent par être entourées de barrières d'habitats défavorables et sont moins capables de réagir efficacement à une dégradation importante de leur environnement, et encore moins lorsqu'elles vivent sur de petites surfaces, augmentant le risque d'extinction locale (Gilpin & Soulé, 1986; Harrison, 1991). Les cinq populations périphériques très isolées recensées en Kabylie orientale et centrale sont donc menacées d'extinction locale, notamment dans le cas de petites zones, comme le Lac Noir et l'étang d'Assous, qui occupent de petites superficies de moins de troishectares.

Nous avons comblé le manque algérien dans notre connaissance de la répartition d'*E. orbicularis* au Maghreb. Actuellement, deux agrégats distincts se trouvent au Maghreb, séparés par plus de 700 km de montagnes, de plaines et de hauts plateaux. L'un se trouve au Maroc, couvrant une vaste zone entre les plaines du Gharb et les montagnes du Rif, et le second se situe des deux côtés de la frontière algéro-tunisienne (Figure 34). Il a été déterminé que les deux agrégats de population appartenaient à deux lignées évolutives différentes, *E. o. occidentalis* et un taxon encore non décrit, respectivement (Stuckas *et al.*, 2014). Bien que limité à une large bande le long de la zone côtière, le recensement de nombreuses populations en Algérie témoigne d'un état de conservation relativement meilleur du taxon non décrit, notamment en Numidie. En comparaison avec la Tunisie, sur les 48 zones humides étudiées dans le nord en 2017-2018, il n'y avait que deux sites à Kroumiria, dans le nord-ouest, où *E. orbicularis* a été trouvé (El Hili *et al.*, 2020). L'espèce avait disparu en vingt ans des 11 habitats reliques qu'elle occupait auparavant (Blanc, 1978; Nouira, 2001). Il convient de noter que les paysages et les conditions environnementales des deux côtés de la frontière sont identiques en Numidie, qui s'étend d'El-Marsa en Algérie à Kroumiria en Tunisie (Medail & Quezel, 1997). L'isolement de la population orientale de l'espèce dans l'aire géographique Kabylie-Numidie-Kroumirie renforce une fois de plus la qualification de cette entité comme hotspot de biodiversité et comme centre d'endémisme dans l'ensemble de la Méditerranée (Medail & Quezel, 1997; Véla & Benhouhou, 2007). Le taxon ouest-africain du Nord, endémique du Maroc, est dans une situation plus critique car très fragmenté sur une zone géographique relativement vaste (Velo-Antón *et al.*, 2015).

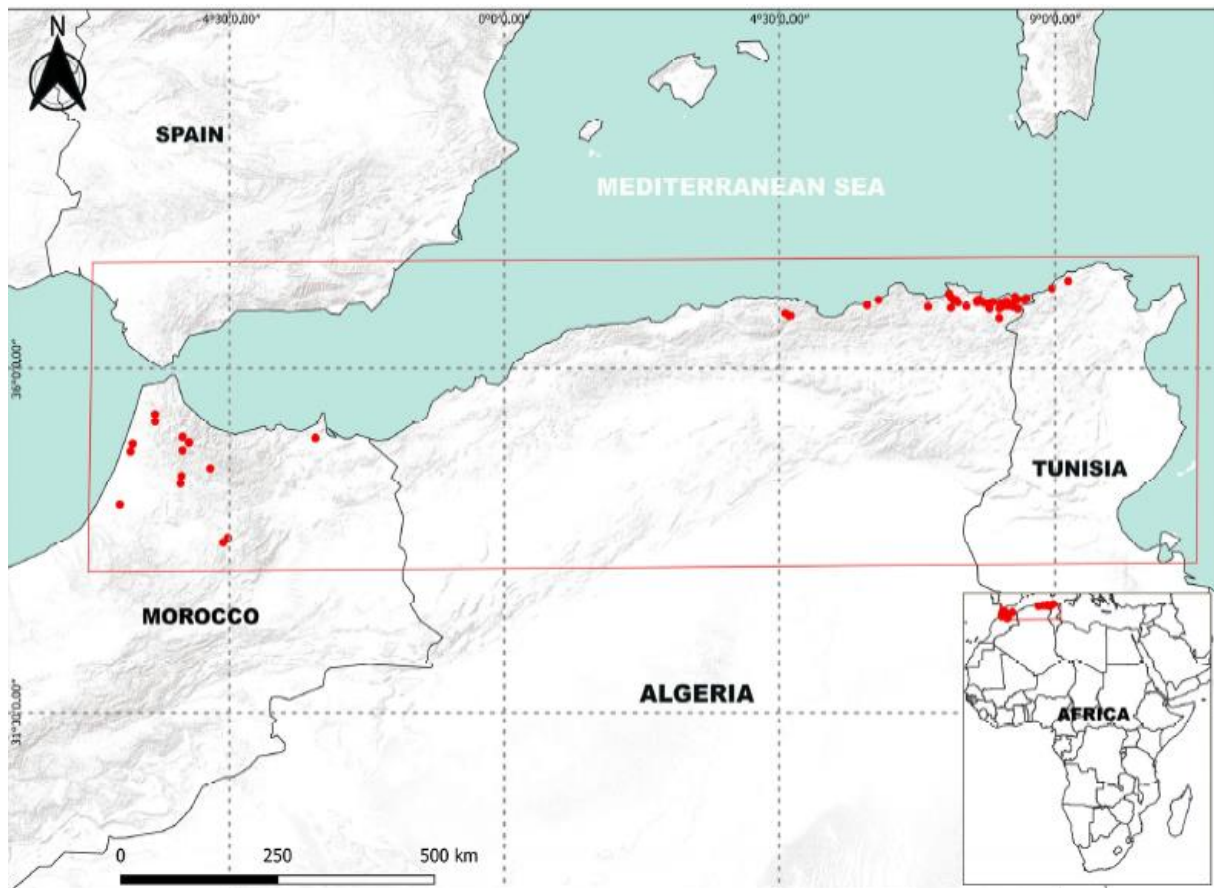


Figure 34. Répartition d'*E. orbicularis* au Maghreb. Les données marocaines sont tirées de l'étude menée par Velo-Antó et al et du Tunisien d'El Hili et al.

### III.1.2. Climat et altitude des habitats

Entre les deux complexes de zones humides, depuis El-Kala, près de la frontière tunisienne, jusqu'au lac noir d'Akfadou à Béjaïa, les populations algériennes se retrouvaient exclusivement dans les zones subhumides et humides. C'est précisément sous le même plancher bioclimatique que l'on a toujours détecté les populations maghrébines, y compris celles localement éteintes (Loveridge & Williams, 1957; Blanc, 1978; Real *et al.*, 1997; Nourira, 2001; Fritz, 2003; Mediani *et al.*, 2009; Fahd *et al.*, 2009; Escoriza & Ben Hassine, 2017; El Hili *et al.*, 2020). La particularité des régions algériennes appartenant aux climats humides et subhumides est qu'elles sont dotées d'une plus grande densité et hétérogénéité d'habitats favorables à la tortue d'étang européenne (Escoriza & Ben Hassine, 2017). On estime que près de 1,2 millions d'hectares de zones humides sont situés dans la région nord-est. Cela représente près d'un tiers du total des zones humides en Algérie, réparties sur les climats humides et subhumides (calculé à partir du rapport de la Direction générale des forêts). Cependant, l'ensemble de l'aire de répartition européenne et asiatique de l'espèce couvre une plus grande variété de zones

climatiques allant de l'humide à l'aride (Krizmanić *et al.*, 2015; Escoriza & Ben Hassine, 2017; Horváth *et al.*, 2021).

Toutes les populations de tortues de bassin du Maghreb étudiées à ce jour, y compris cette étude, se trouvent dans les basses terres en dessous de 250 m d'altitude (Blanc, 1978; De Belair & Samraoui, 2000; Mediani *et al.*, 2009; Fritz, 2003; Velo-Antón *et al.*, 2015). Comme exception, nous considérons deux populations algériennes isolées enregistrées à 618 m et 1246 m dans les monts Akfadou (la présente étude) et deux autres populations marocaines enregistrées à 1300 m d'altitude et 1680 m dans le Moyen Atlas (Velo-Antón *et al.*, 2015; Escoriza & Ben Hassine, 2017).

Cette découverte est cohérente avec les études menées dans tout le nord de la Méditerranée, où l'espèce est connue pour préférer les basses terres (Zuffi, 2000; Segurado & Araújo, 2004; Puky *et al.*, 2004; Bîrsan *et al.*, 2017; Horváth *et al.*, 2021). La répartition altitudinale a atteint 1500 m d'altitude en Serbie et en Italie (Crnobrnja-Isailović & Mesaroš, 2013; Ficetola *et al.*, 2013).

### III.1.3. Diversité des biotopes habités

Les tortues de bassin européennes habitent principalement des eaux stagnantes ou lentes à faible profondeur, allant de 10 cm à quelques mètres (Segurado & Araújo, 2004; Puky *et al.*, 2004; Mazanaeva & Orlova, 2004; Thienpont *et al.*, 2004), correspondant à la plage de profondeur observée dans cette étude. Il préfère les zones humides boueuses avec une végétation aquatique et riveraine abondante (Ficetola *et al.*, 2004; Mazanaeva & Orlova 2004). La diversité des eaux lenticules et lotiques occupées par l'espèce en Algérie, y compris les mares, les marais, les marécages, les étangs, les canaux et les bords des rivières et ruisseaux lents, reflète le large éventail de ses préférences en matière d'habitat (Mazanaeva & Orlova, 2004; Segurado & Araújo, 2004; Zuffi, 2000; Escoriza & Ben Hassine, 2017; Sacdanaku & Haxhiu, 2017; Horváth *et al.*, 2021).

### III.1.4. Statut de conservation des habitats algériens d'*E. orbicularis*

La fragmentation, la modification et l'altération de l'habitat sont les principales menaces qui pèsent sur la tortue d'étang européenne (Ficetola *et al.*, 2004; Ayaz *et al.*, 2021). À cela s'ajoutent les conséquences des diverses interactions avec la présence humaine qui ont un impact direct sur les tortues. Ceux-ci incluent la mortalité due aux routes à proximité, à l'entretien de l'eau douce, à la pêche accidentelle et aux activités agricoles, qui peuvent également détruire les œufs (Cadi & Faverot, 2004; Gagno *et al.*, 2013). Bien que ces activités

n'aient pas été mesurées pour déterminer leur impact sur la répartition des tortues, on sait qu'elles sont moins prononcées dans les zones protégées.

Au total, 58 % des populations algériennes d'*E. orbicularis* ont été recensées dans des sites ou barrages Ramsar protégés, dont 98 % dans la région de Numidie. Il semble être le seul vertébré présent dans les 12 sites côtiers Ramsar, de Tonga à El Kala à Beni-Belaid à Jijel, ce qui en fait un excellent bioindicateur de la haute qualité de l'habitat. Ceci est rassurant puisque c'est dans les zones protégées que les programmes visant à protéger, restaurer ou réhabiliter les populations de tortues ont eu le plus de succès (Andueza & Alcayde, 2004; Cadi *et al.*, 2004; Meeske *et al.*, 2006; Gagno *et al.*, 2013; Crnobrnja-Isailovic, 2013; Horváth *et al.*, 2021) . Les besoins de cette espèce menacée devraient être efficacement soutenus par la mise en œuvre de mesures de conservation spécifiques à l'intérieur et à l'extérieur des zones protégées. Pour gérer les zones humides pour les besoins de la tortue d'étang, il est nécessaire de gérer la végétation flottante, les joncs et roseaux inondés, ainsi que les abords et les sites de nidification sur le périmètre sec voisin (Cadi & Faverot, 2004). Cela devrait être réalisé tout en réduisant le risque de mortalité associé aux activités d'entretien de l'eau douce et de désherbage en périphérie sèche.

### **III.2. Caractérisation physico-chimiques et organiques des habitats aquatiques de la tortue *E. orbicularis***

*Emys orbicularis* est une espèce bioindicatrice qui dépend fortement des conditions écologiques de ses habitats aquatiques. L'analyse des paramètres de qualité de l'eau est cruciale pour comprendre les exigences écologiques de cette espèce et les menaces potentielles qui pèsent sur sa survie.

#### **III.2.1. Température**

La Cistude d'Europe étant un reptile ectotherme, voit son comportement et son cycle d'activité fortement influencés par la température. Cela explique la complexité de son cycle annuel, avec une phase active allant de mars à octobre et une phase d'inactivité s'étendant d'octobre à mars (Thienpont, 2005). Pendant l'hiver, les tortues se déplacent peu, émergeant simplement pour respirer (Thienpont, 2002). Avec le retour du printemps et le réchauffement des eaux, elles sortent de l'hivernation, se dispersent et colonisent divers habitats aquatiques (Thienpont, 2002).

Les tortues, en tant qu'animaux poïkilothermes, dépendent de l'exposition au soleil pour réguler leur température corporelle, un comportement connu sous le nom d'« insolation » ou « basking » (Biot, 2017). Ce phénomène se produit principalement durant les périodes d'activité, c'est-à-dire en fin de matinée et en début de soirée, lorsque les températures extérieures sont les plus favorables. Deux types d'insolation ont été identifiés : l'insolation hors de l'eau et l'insolation aquatique. Ce dernier comportement est observé principalement lors des chaleurs estivales, comme en Lituanie (Meeske, 2000) et en Italie (Lebboroni & Chelazzi, 1991).

*Emys orbicularis* est principalement diurne et profite des bains de soleil au bord de l'eau lorsque la température de l'air est supérieure de 4 °C à celle de l'eau. La température optimale pour l'activité des Cistudes se situe autour de 25 °C, selon les travaux du Cahier d'habitat Natura (2000). Des recherches complémentaires (Zuffi & Odetti, 1998; Kotenko, 2000; Servan & Roy, 2004; Cadi & Favérot, 2004) indiquent que la plage de température idéale pour leur métabolisme et leur reproduction se situe généralement entre 20 et 25 °C. Nos résultats confirment cette plage, mettant en évidence son importance pour le bien-être de l'espèce.

Dans les régions tempérées du Maroc, contrairement à la plupart des reptiles qui hibernent de novembre à janvier, l'émyde lépreuse et la cistude restent relativement actives tout au long de l'année, en fonction des températures ambiantes. Par exemple, lorsque la température de l'eau atteint 12 °C, il n'est pas rare d'observer des émydes lépreuses nager à la surface (Schleich et al., 1996).

Des études menées par Zuffi et al., (2006) montrent que des températures en dehors de cette plage peuvent inhiber la reproduction. Par conséquent, la variabilité des températures saisonnières doit être surveillée, car des extrêmes thermiques peuvent avoir des conséquences sur les comportements d'activité et de reproduction des tortues. Nos résultats sont en accord avec ces observations, soulignant l'importance d'une gestion prudente des habitats pour préserver les populations de Cistudes.

Enfin, une exposition excessive aux heures les plus chaudes de la journée pourrait entraîner une élévation de la température interne au-delà de 35 °C, ce qui constitue un seuil critique (Duguy et Baron, 1998). Cela souligne la nécessité de maintenir des conditions environnementales favorables pour la survie et la reproduction de la Cistude d'Europe, en tenant compte de la plage de températures idéales identifiée dans nos résultats et dans d'autres études.

### III.2.2. Profondeur et végétation

Les résultats de notre étude indiquent que *E. orbicularis* montre une préférence marquée pour les habitats aquatiques peu profonds. Ces zones, généralement inférieures à 1 mètre de profondeur, offrent des conditions idéales pour leur survie et leur reproduction. Cette préférence est bien documentée. Selon Servan (1998), ces tortues se rencontrent souvent dans des milieux stagnants, avec au moins 20 cm d'eau libre, confirmant l'importance des eaux peu profondes dans leur écologie.

Devaux et Beley (1998) ont noté la présence d'*E. orbicularis* dans des zones où la profondeur dépasse 1 mètre, mais ces cas restent moins fréquents. Cela indique que, même si l'espèce est adaptable, elle privilégie nettement les milieux plus superficiels où elle peut bénéficier de la couverture végétale. Thienpont (2004) souligne également que ces tortues préfèrent les habitats aquatiques caractérisés par une dense couverture végétale supérieure à 80 %, ce qui leur procure des refuges contre les prédateurs et des ressources alimentaires abondantes.

Dans une étude récente, Fediras et al., (2020) ont examiné la répartition des cistudes dans le canal Messida, situé au sein du parc national d'El Kala, au nord-est de l'Algérie. Leurs résultats ont révélé une abondance significativement plus élevée dans les zones d'eau peu profonde. Les chercheurs ont observé que la diversité de la végétation aquatique dans ces habitats peu profonds ne fournit pas seulement des zones de refuge, mais constitue également une source essentielle de nourriture, comme l'ont souligné Lebboroni et Chelazzi (1991). Cela suggère que la profondeur pourrait être un indicateur clé de la qualité de l'habitat pour *E. orbicularis*, indiquant que les zones peu profondes sont particulièrement cruciales pour l'activité et la survie de cette espèce.

Cependant, il est pertinent de noter que les préférences de profondeur peuvent varier selon les saisons. Certaines études ont noté que pendant les mois d'été, les tortues peuvent se déplacer vers des eaux plus profondes pour éviter la chaleur excessive, tandis qu'elles préfèrent des eaux peu profondes au printemps pour se reproduire. Cette dynamique saisonnière pourrait influencer la distribution des populations et leur succès reproductif.

Cette préférence pour les habitats peu profonds est également observée chez d'autres espèces de tortues d'eau douce, comme les tortues de Floride. Ces dernières privilégient des eaux peu profondes et à faible courant, caractérisées par une végétation diversifiée qui leur offre des

cachettes et des zones de repos. Les profondeurs les plus courantes pour ces espèces se situent entre 0,6 m et 0,9 m, ce qui favorise leur survie et leur reproduction (Aquaportail, 2022).

En revanche, les tortues marines, comme la tortue verte (*Chelonia mydas*) et la tortue imbriquée (*Eretmochelys imbricata*), présentent des adaptations différentes. Ces espèces peuvent plonger à des profondeurs significatives, atteignant quelques dizaines de mètres pour se nourrir, tandis que la tortue caouanne peut descendre jusqu'à 200 mètres, et la tortue luth jusqu'à 1 000 mètres (Bentivegna, 2013). Ces profondeurs leur permettent d'accéder à des ressources alimentaires variées, comme les algues et les méduses. Cependant, elles préfèrent également des zones côtières où la profondeur est moins importante pour se reposer et se reproduire.

### III.2.3. PH

Le pH est un facteur déterminant pour la survie et la reproduction de nombreuses espèces aquatiques, y compris *E. orbicularis*. Nos résultats suggèrent que cette espèce préfère des eaux dont le pH est neutre à légèrement alcalin, typiquement compris entre 7,0 et 8,5. Ces résultats sont conformes à certaines études précédentes, bien que la littérature spécifique concernant les préférences de pH pour *E. orbicularis* soit limitée (Zurluth & Gienger, 2006; Chapman et al., 1996). En l'absence d'études comparables, il est nécessaire de se tourner vers d'autres espèces aquatiques pour contextualiser ces observations.

Les variations extrêmes de pH peuvent altérer l'accès aux nutriments essentiels et perturber les processus métaboliques de ces tortues. Par exemple, des fluctuations en dessous de 7 peuvent nuire à la viabilité des embryons et des larves. Ces effets sont similaires à ceux observés chez de nombreuses autres espèces aquatiques. Bien que peu d'études aient exploré l'effet direct du pH sur *E. orbicularis*, les recherches de Le Louarn et Webb (1998) sur d'autres organismes révèlent que les extrêmes de pH (inférieurs à 6 ou supérieurs à 10) sont particulièrement délétères pour le développement embryonnaire, avec une mortalité accrue.

En comparant ces résultats avec des études sur les poissons d'eau douce, telles que celles de Morin (2012) et Badiane (2022), il apparaît que les poissons, tout comme *E. orbicularis*, prospèrent dans des environnements où le pH se situe entre 6,5 et 8,5. Cette comparaison nous aide à mieux comprendre la tolérance d'*E. orbicularis*, malgré l'absence de données spécifiques dans la littérature. De plus, les résultats de nos travaux indiquent que la stabilité du pH est cruciale pour maintenir un environnement propice à la survie des tortues et des autres espèces aquatiques.

Enfin, le rôle du pH dans l'augmentation de la toxicité de certaines substances, notamment l'ammoniac, mérite une attention particulière. À des niveaux de pH élevés, l'ammoniac devient plus toxique pour les organismes aquatiques, exacerbant les risques pour la faune. Bien que cette relation ait été largement étudiée chez les poissons (Badiane, 2022), elle est également applicable à *E. orbicularis* et souligne la nécessité d'une gestion rigoureuse des paramètres de l'eau, tant dans les habitats naturels que dans les systèmes d'aquaculture.

Le pH, ou l'expression de l'acidité du milieu, est un paramètre physico-chimique déterminant qui conditionne le milieu aquatique et influence un grand nombre de processus biologiques et chimiques (Meghlaoui, 2015). Il est également lié aux variations de température, de salinité, d'oxygène dissous et de CO<sub>2</sub> (Ben Bouih, 2000).

#### III.2.4. Turbidité

La turbidité est un facteur environnemental crucial qui influence la santé des écosystèmes aquatiques. En mesurant la clarté de l'eau, la turbidité reflète la quantité de lumière que les particules en suspension bloquent ou diffusent. Selon les classifications de Ghazali et Ziad (2013), des valeurs de turbidité élevées, dépassant 50 FNU, peuvent nuire à la croissance des plantes aquatiques. Cela pourrait avoir des conséquences négatives sur les espèces qui dépendent de ces ressources, notamment la tortue *E. orbicularis*.

Nos résultats montrent que la cistude d'Europe favorise les eaux claires à légèrement turbides, avec des valeurs de turbidité inférieures à 50 FNU. La cistude semble tirer parti d'une certaine turbidité, ce qui pourrait lui offrir des avantages en termes de camouflage et d'accès aux proies.

Une forte turbidité peut cependant réduire la lumière pénétrant dans l'eau, affectant la photosynthèse des plantes aquatiques, qui servent de nourriture et d'abri. L'étude de Grosse et al. (2010) sur la tortue peinte de l'Est démontre que l'augmentation de la turbidité réduit le succès alimentaire des tortues, un phénomène également observé chez certains poissons (Ioannou, 2019; Ehlman et al., 2019; Allibhai et al., 2023). Ces groupes rencontrent des difficultés similaires dans la détection et la capture de proies.

De plus, l'évitement des zones turbides par des espèces telles que l'épinoche de fontaine (*Etheostoma fonticola*), comme l'indiquent les travaux de Swanbrow Becker et al. (2016), peut entraîner une diminution de la disponibilité de l'habitat et une augmentation de la concurrence pour les ressources alimentaires. Cela est corroboré par les études d'Ortega et al. (2020) et Leris

et al. (2022), qui montrent que la turbidité influence la dynamique des interactions entre prédateurs et proies, ainsi que la vigilance des poissons.

Cependant, certaines espèces de poissons, telles que le poisson-chat, montrent une bonne capacité d'adaptation à des environnements caractérisés par une turbidité élevée (Chassaing, 2023). L'étude d'Ipungu et al. (2019) révèle que la turbidité a un impact significatif sur la croissance des espèces de poissons *Clarias gariepinus* et *Clarias ngamensis*. Dans des eaux plus troubles, ces poissons étaient plus actifs dans leur recherche de nourriture, ce qui favorisait leur croissance.

Les effets de la turbidité ne se manifestent pas de manière isolée. Fortin-Hamel et Chapman (2024) ont mis en lumière l'interaction entre la turbidité et d'autres facteurs environnementaux, tels que la température, indiquant que ces éléments combinés peuvent avoir des impacts encore plus graves sur les espèces aquatiques. Par conséquent, la gestion des habitats aquatiques doit prendre en compte cette complexité pour protéger les espèces menacées.

Nos résultats indiquent que la cistude d'Europe préfère des eaux claires légèrement turbides, tandis que d'autres espèces peuvent montrer des réponses variées face à des niveaux de turbidité différents. Cela souligne l'importance de comprendre les besoins spécifiques de chaque espèce dans le cadre de la gestion des écosystèmes aquatiques.

### III.2.5. Oxygène Dissous (O<sub>2</sub>)

*Emys orbicularis* étant une tortue d'eau douce, respire principalement par ses poumons, ce qui l'oblige à remonter régulièrement à la surface pour respirer de l'air. L'oxygène dissous est un élément essentiel pour la vie aquatique, jouant un rôle crucial dans le bien-être des organismes aquatiques (Ramade, 1982). Nos résultats indiquent que cette espèce préfère des eaux stagnantes ayant des niveaux d'oxygène inférieures à 5 mg/L.

Les seuils établis par Beaupoil et Bornens (1997) pour les milieux estuariens montrent que des niveaux d'oxygène supérieurs à 5 mg/L sont cruciaux pour la survie des espèces aquatiques. En revanche, des concentrations plus faibles peuvent provoquer un stress physiologique, ce qui pourrait affecter les comportements alimentaires et de reproduction des tortues. Des études antérieures montrent que des niveaux d'oxygène dissous inférieurs à 1 à 2 mg/L peuvent entraîner une réduction significative du taux de croissance et de survie des organismes benthiques, dont se nourrit la tortue (Akindede et Makali, 2001). Cela souligne l'importance de

maintenir des niveaux d'oxygène adéquats pour la survie non seulement des cistudes, mais également d'autres espèces aquatiques.

Une concentration suffisante d'oxygène dissous favorise également la diversité biologique, ce qui est essentiel pour maintenir un écosystème équilibré. Selon Bontoux (1993), une baisse de l'oxygène dissous est souvent un indicateur de pollution organique, ce qui met en évidence la nécessité de surveiller la qualité de l'eau pour protéger ces espèces.

De plus, divers facteurs tels que la température, la salinité et la présence de matière organique influencent la concentration d'oxygène dans l'eau (Kripa et al., 2013). Ces facteurs sont interconnectés, et leur variation peut avoir des impacts significatifs sur la santé des écosystèmes aquatiques. Bien que certains organismes aquatiques montrent des adaptations face à l'hypoxie, comme les insectes, la vulnérabilité d'autres espèces face aux variations environnementales est également préoccupante (Kripa et al., 2013).

En somme, le maintien d'une qualité d'eau élevée est primordial pour préserver la santé des populations de tortues d'eau douce et plus largement de la biodiversité aquatique.

### III.2.6. Salinité et conductivité

Il existe une corrélation directe entre la salinité, la conductivité et les solides dissous totaux (TDS) : une conductivité élevée est généralement associée à un TDS élevé, ce qui reflète la qualité et la composition minérale de l'eau (Bouayed, 2011). Ainsi, la conductivité électrique, qui évalue la facilité avec laquelle le courant circule dans l'eau, est un indicateur fiable de la concentration totale d'impuretés, permettant ainsi d'évaluer la salinité et la quantité de sels dissous dans l'eau (Ghazali, 2013; Guentri & Rahmania, 2015). De nombreuses études ont souligné l'intolérance des Cistudes à la salinité (Lebboroni & Chelazz, 1991; Olivier, 2002; Guezal et al., 2006; Priol, 2009; Jérémie Demay et Marc Cheylan, 2011). Selon Guezal (2006), ces tortues ne tolèrent que des niveaux de salinité très faibles, ne dépassant pas 6 g/L durant de courtes périodes, et elles préfèrent des environnements où la salinité reste inférieure à 3 g/L, comme l'ont également constaté Jérémie Demay et Marc Cheylan (2011). Cependant, certaines observations, bien que rarissimes, indiquent que l'espèce peut tolérer des salinités plus élevées, comme celles rapportées sur la côte atlantique (Priol, 2009), où des salinités supérieures à 10 g/L ont été notées. De manière encore plus surprenante, Pagano (2007) a révélé que dans le marais du Logit en Gironde, les Cistudes peuvent supporter des salinités atteignant jusqu'à 26 g/L, ce qui représente une exception notable à leur tolérance habituelle.

Cette sensibilité est cruciale pour son habitat, car des niveaux accrus de salinité peuvent entraîner des effets physiologiques néfastes, compromettant sa survie et sa reproduction (Guezal et al., 2006).

Lors de notre suivi, les individus de *E. orbicularis* ont clairement favorisé des habitats aquatiques peu minéralisés, avec des niveaux de solides dissous totaux (TDS) inférieures à 900 mg/L. Cela souligne l'importance de maintenir des conditions d'eau douce idéales pour cette espèce. De plus, notre étude montre que cette espèce préfère principalement des environnements d'eau douce avec des niveaux de salinité généralement inférieurs à 1 PSU, mais peut tolérer des salinités modérées allant de 1 à 10 PSU.

En ce qui concerne la conductivité, nos résultats indiquent que *E. orbicularis* préfère les eaux avec des niveaux de conductivité moyenne, notamment inférieurs à 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces données renforcent l'idée qu'elle est mieux adaptée à des habitats à faible salinité et à faible minéralisation, ce qui est essentiel pour sa santé et son bien-être.

D'autres espèces de tortues, telles que la tortue à oreilles rouges (*Trachemys scripta elegans*), les tortues de rivière (*Graptemys spp.*), présentent également une sensibilité significative à la salinité. Selon l'étude de Mickey Agha et al. (2018), ces espèces montrent des réponses variées face à l'augmentation de la salinité, ce qui peut perturber leur comportement et leur écologie. L'élévation du niveau de la mer et la salinisation croissante des habitats d'eau douce posent des risques sérieux pour ces espèces. *Mauremys leprosa* supporte une certaine salinité de l'eau, les changements de salinité sont peu tolérés (Bertolero et Oro, 2009) même au sein du même milieu (Keller, 1997). Les tortues marines, telles que la tortue luth et la tortue verte, ont évolué pour s'adapter à des environnements salins où la salinité varie entre 30 et 40 ppt, comme mentionné par Lutz et Musick (1997). Ces tortues possèdent des adaptations physiologiques, telles que des glandes salines, qui leur permettent de gérer efficacement l'excès de sel. Cela leur confère une résilience face aux fluctuations salines, contrairement aux tortues d'eau douce, qui dépendent de milieux à faible salinité.

La sensibilité à la salinité de la cistude et d'autres espèces souligne l'importance de préserver les habitats d'eau douce. L'étude de Bower et al. (2016) renforce cette notion en montrant que des niveaux élevés de salinité peuvent entraîner un stress physiologique chez des espèces comme *Chelodina expansa* et *Emydura macquarii*. La dégradation de ces milieux, due à des

facteurs tels que le changement climatique, peut provoquer une salinisation qui nuit à la santé et à la répartition des tortues.

La salinité est un facteur déterminant pour la survie d'*E. orbicularis* et d'autres espèces de tortues d'eau douce, il est essentiel d'assurer la gestion des habitats pour prévenir des impacts négatifs sur ces populations.

### III.2.7. Azote et Phosphore total

L'azote et le phosphore sont des nutriments essentiels à la croissance des plantes aquatiques, jouant un rôle clé dans la photosynthèse (Toumi, 2016). Cependant, leur présence en excès dans les milieux aquatiques peut entraîner une prolifération excessive de phytoplancton et de macrophytes, un phénomène connu sous le nom d'eutrophisation (Grady, 2003). Les teneurs élevées de ces éléments sont souvent liés à l'agriculture et à d'autres sources de pollution, augmentant le risque d'eutrophisation (Toumi, 2016). Ce processus peut dégrader la qualité de l'eau et perturber la structure des communautés aquatiques (Toumi, 2016), ce qui a des conséquences directes sur les ressources alimentaires des cistudes.

Bien que cette espèce évite les eaux polluées (Schleich, 1996), des recherches montrent qu'une pollution pas trop importante de son habitat ne compromet pas sa survie à court terme. Cependant, des anomalies de la coquille et du plastron sont plus fréquentes dans les zones polluées, suggérant que la pollution a des effets néfastes sur la santé et le développement de cette tortue (Balazs & Gyorffy, 2006). Il est donc crucial d'adopter des mesures de gestion pour améliorer la qualité de l'eau et protéger les habitats de cette espèce.

Nos résultats confirment ces préoccupations, car nous avons observé que la tortue d'eau douce favorise des habitats avec des niveaux d'azote généralement inférieurs à 50 mg/L, ce qui est en ligne avec l'idée qu'une qualité d'eau optimale est cruciale pour sa survie. De plus, *E. orbicularis* semble préférer des habitats avec des niveaux de phosphore modérés, soulignant l'importance d'un équilibre dans ces nutriments pour préserver sa santé et son habitat.

Il est donc crucial d'adopter des mesures de gestion pour améliorer la qualité de l'eau et protéger les habitats de cette espèce. Une approche intégrée pour la conservation des zones humides est essentielle pour garantir la pérennité d'*E. orbicularis* et de l'ensemble de la biodiversité aquatique, en réduisant la pollution et en maintenant des conditions optimales dans les écosystèmes aquatiques.





## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude fournit les premières données complètes sur la répartition et l'état de conservation de la tortue d'étang européenne *E. orbiculaire* en Algérie. Même s'il s'agit d'une métapopulation isolée dans une aire géographique restreinte, c'est la répartition maghrébine la plus stable observée ces dernières années. Vraisemblablement, les localités étudiées offrent à l'espèce une qualité d'habitat adaptée à ses exigences environnementales. Les conditions climatiques favorables, la faible altitude, la connectivité des populations, la diversité des habitats et un impact anthropique limité, complétés par la protection juridique dont bénéficient certaines localités, conduisent à un constat positif sur la stabilité des populations algériennes. Cette perspective positive ne s'applique pas aux populations de Kabylie qui courent un risque élevé d'extinction locale. Les populations des monts Akfadou, qui sont présentes dans de petites zones, sont encore plus menacées. Il serait néanmoins inapproprié de ne pas considérer l'ensemble du Maghreb, qui reste une région très vulnérable à l'extinction de l'espèce.

Les populations tunisiennes sont actuellement au bord de l'extinction locale, et les populations marocaines sont également menacées en raison de leur isolement et de leur forte fragmentation. C'est pourquoi des programmes de suivi et de surveillance devraient être proposés à la suite de ces travaux, avec une attention particulière pour les populations très isolées. Les mesures à mettre en œuvre de toute urgence devraient ralentir la vitesse de la première phase de l'extinction locale que nous vivons. Il s'agit de la disparition des sites relais formant des sites relais, qui déconnectent les populations éloignées. Il est impératif d'empêcher la dégradation de progresser jusqu'au stade final, où les populations fragmentées et très isolées perdent leur résilience et où les extinctions locales ne peuvent plus être compensées par une recolonisation ou des taux de régénération suffisants. Une fois amorcée, l'érosion est progressive. Par conséquent, les efforts de conservation doivent prendre en compte les trois niveaux d'habitat. Le premier niveau concerne les sites de grande superficie abritant des populations de tortues saines et pour lesquels il serait rassurant de maintenir leur intégrité. Le deuxième niveau se concentre sur des sites connectés plus petits, qui se distinguent par leur importance écologique (habitats relais, populations sources, populations puits, habitats secondaires), pour lesquels il est vital d'entretenir et de réparer leurs réseaux écologiques. Le troisième niveau concerne des populations petites, fragmentées et très isolées, dont la persistance dépend d'une action réussie à long terme pour améliorer leur connectivité et leur dynamique. Nous considérons cette thèse

comme un appel à l'action lancé à tous les acteurs locaux et nationaux de l'environnement et de la biodiversité pour sensibiliser à la sauvegarde de cette espèce dans tout le Maghreb.

De plus, pour évaluer avec précision la biogéographie des cistudes en Algérie et ainsi améliorer notre compréhension de l'évolution des espèces dans cette région, une analyse génétique complète utilisant un ensemble de données génétiques robustes sur l'ADN mitochondrial et microsatellite des populations est nécessaire.

Par ailleurs, l'étude des préférences d'habitat et des paramètres de qualité de l'eau pour l'*E. orbicularis* met en avant des éléments cruciaux pour la survie de cette tortue emblématique des écosystèmes aquatiques. Les cistudes européennes sont fortement dépendantes de milieux spécifiques : des eaux douces, peu profondes, riches en végétation aquatique, avec une température optimale entre 20 et 25 °C, un pH neutre à légèrement alcalin, et des niveaux adéquats d'oxygène dissous. De plus, des conditions telles qu'une faible minéralisation et une salinité minimale sont essentielles pour créer un environnement propice. Des niveaux élevés d'azote et de phosphore peuvent mener à l'eutrophisation, altérant la qualité de l'eau et menaçant les habitats de cette espèce. Il est donc impératif de mettre en place une gestion proactive de la qualité de l'eau dans les zones humides. Les résultats de l'étude indiquent clairement que la qualité de l'eau est un facteur déterminant pour la santé des populations d'*E. orbicularis*.

Pour préserver cette espèce, des stratégies de conservation doivent inclure la surveillance des paramètres physico-chimiques de l'eau, ainsi que la protection et la restauration des habitats aquatiques. Il est également crucial d'établir des régulations sur les activités humaines affectant ces écosystèmes.

Cette étude devrait constituer un déclencheur pour des recherches futures et des efforts de conservation, soulignant l'importance d'une approche intégrée qui reconnaît l'interdépendance entre la qualité de l'habitat et la santé des espèces. Les efforts de conservation doivent être soutenus par des données scientifiques robustes pour garantir une gestion éclairée des ressources aquatiques et une protection efficace des espèces menacées.



**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agha, M., Ennen, J. R., Bower, D. S., Nowakowski, A. J., Sweat, S. C., & Todd, B. D. (2018). Salinity tolerances and use of saline environments by freshwater turtles: Implications of sea level rise. *Biological Reviews*, 93(1), 203-217. <https://doi.org/10.1111/brv.12410>
- Agrigon, A. (2000). *Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments*. DUNOD.206p.
- Akindede, E., & Malaki, P. (2001). Abundance and species richness of Mayfly nymphs in pools and streams within Kibale Forest, Uganda. *Tropical Biological Association Project Report*, 01(2), 55-64.
- Allibhai, I., Zanghi, C., Comment, M. J., & Ioannou, C. (2023). L'augmentation de la température de l'eau et de la turbidité agissent indépendamment pour modifier le comportement social des guppys (*Poecilia reticulata*). *Ecology and Evolution*, 13(4). <https://doi.org/10.1002/ece3.9958>
- Allout, I. (2013). Étude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem-El Bouni-Annaba. Université Badji Mokhtar. Annaba. Mémoire de Magister.
- Andueza, I. L., & Alcayde, V. S. (2004). Advances in the action plan for *Emys orbicularis* in the Valencia region, Spain. *Biologia*, 59, 173–176.
- Apha. (2017). *Méthodes standard pour l'examen de l'eau et des eaux usées* (23e éd.). American Public Health Association.
- Arnold, E., & Oviden, D. (2002). *A Field Guide to the Reptiles and Amphibians of Britain and Europe*. Harper Collins.
- Ayaz, D., Bayrakci, Y., Çiçek, K., Ihlow, F., Tok, C. V., & Fritz, U. (2021). On the brink of extinction: Results of a 20-year quest for Eiselt's pond turtle (*Emys orbicularis eiselti*) in Southeastern Turkey. *Chelonian Conservation Biology*, 20, 222–230. <https://doi.org/10.2744/CCB-1505.1>
- Badiane, A. A. (2022). Gestion de la qualité des eaux en aquaculture. Programme financé par l'Union européenne. <https://mpeche.gov.dz/wp-content/uploads/2022/01/Gestion-de-la-qualite-des-eaux-en-aquaculture-Doc1.pdf>
- Baillie, J., Hilton-Taylor, C., & Stuart, S. N. (2004). 2004 IUCN Red List of Threatened Species: A global species assessment. IUCN.
- Balazs, E., & Gyorffy, G. (2006). Investigation of the European pond turtle (*Emys orbicularis* Linnaeus, 1758) population living in a backwater near the river Tisza, southern Hungary. *Tiscia*, 35, 55-64.

- Battisti, C., Luiselli, L., Pantano, D., & Teofili, C. (2008). On threats analysis approach applied to a Mediterranean remnant wetland: Is the assessment of human-induced threats related to different levels of expertise of respondents? *Biodiversity and Conservation*, 17, 1529–1542.
- Beupoil, C., & Bornens, P. (1997). Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes: Seuils d'acceptabilité. *Biotecmer – AELB*, 49 p.
- Bentivegna, F. (2013). Les tortues marines. Membre du Marine Turtles Specialistic Group de l'IUCN, Conservateur de l'Aquarium de Naples. Institut océanographique. <https://www.institut-ocean.org>.
- Benyacoub, S., & Chabi, Y. (2000). Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El-Kala. *Synthèse*, 7, 90-101.
- Bertolero, A., & Oro, D. (2009). Conservation diagnosis of reintroducing Mediterranean pond turtles: What is wrong? *Animal Conservation*, 12, 581–591. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00284.x>.
- Biot, L. (2017). Synthèse des connaissances actuelles sur la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) et étude d'une pathologie émergente de sa carapace. Thèse Med. Vet., Toulouse, n° 40.
- Bîrsan, C.-C., Iosif, R., Székely, P., & Cogălniceanu, D. (2017). Spatio-temporal bias in the perceived distribution of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), in Romania. *Acta Zoologica Bulgarica*, 37–41.
- Blanc, C. P. (1978). Notes sur les reptiles de Tunisie. III. Distribution et perspectives de protection des tortues terrestres et dulçaquicoles. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 55, 55–66.
- Blondel, J. (1987). From biogeography to life history theory: A multithematic approach. *Journal of Biogeography*, 14, 405-422.
- Bons, J., & Geniez, P. (1996). *Amphibiens et reptiles du Maroc: Atlas biogéographique*. AHE.
- Bontoux, J. (1993). Introduction à l'étude des eaux douces naturelles, eaux usées, eaux de boissons. *Cebedoc*, Liège, 169 p.
- Boudjemaa, (2010). Cartographie des relations sol-eau-végétation dans un milieu salé (lac Fetzara). Mémoire de Magister en écologie végétale. Université Badji Mokhtar. Annaba. Institut de Biologie.
- Bougoussa, S. (1993). Contribution à la bioécologie des Anisoptères (Odonata) du lac Oubeira. Thèse de Magister, Université d'Annaba.

- Boukrouma, N. (2008). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: Cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma, 64 p.
- Boulenger, G. A. (1891). Catalogue of the reptiles and batrachians of Barbary (Morocco, Algeria, Tunisia), based chiefly upon the notes and collections made in 1880-1884 by M. Fernand Lataste. *Transactions of the Zoological Society of London*, 13, 93–164. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1891.tb00047.x>
- Boumezbeur, A. (1993). Ecologie et biologie de la reproduction de l'érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des Oiseaux (est algérien): Mesures de protection et de gestion du lac Tonga. Thèse de doctorat, EPHE, Montpellier.
- Boumezbeur, A. (2003). Ecologie et biologie de la reproduction de l'Érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des Oiseaux, est algérien. Thèse de doctorat, U.S.T.L. Montpellier.
- Boumezbeur, A., & Aneur, N. (2002). Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar - Réserve Naturelle du lac de Béni Bélaïd, Wilaya de Jijel. DGF, 7 p.
- Bower, D. S., Scheltinga, D. M., Clulow, S., Clulow, J., Franklin, C. E., & Georges, A. (2016). Salinity tolerances of two Australian freshwater turtles, *Chelodina expansa* and *Emydura macquarii* (Testudinata: Chelidae). *Conservation Physiology*, 4(1), cow042. <https://doi.org/10.1093/conphys/cow042>
- Buhlmann, K. A., Akre, T. S. B., Iverson, J. B., Karapatakis, D., Mittermeier, R. A., Georges, A., Rhodin, A. G. J., van Dijk, P. P., & Gibbons, J. W. (2009). A global analysis of tortoise and freshwater turtle distributions with identification of priority conservation areas
- Cadi, A., & Faverot, J. (2004). La cistude d'Europe: Gestion et restauration des populations et de leur habitat. *Guide technique - Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels*. 108 pp.
- Cadi, A., & Joly, P. (2003). Competition for basking places between the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis galloitalica*) and the introduced red-eared turtle (*Trachemys scripta elegans*). *Canadian Journal of Zoology*, 81, 1392–1398.
- Cadi, A., & Joly, P. (2004). Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and Conservation*, 13, 2511–2518. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000048451.07820.9c>

- Cadi, A., Nemoz, M., Thienpont, S., & Joly, P. (2004). Home range, movements, and habitat use of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Rhône-Alpes region, France. *Biologia*, 59, 89–94.
- Cadi, A., Nemoz, M., Thienpont, S., & Joly, P. (2008). Annual home range and movement in freshwater turtles: Management of the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Revista Española de Herpetología*, 22, 71–86.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). (2003). Phosphorus: Canadian guidance framework for freshwater systems. In *Canadian environmental quality guidelines*. Retrieved from [CCME website]
- Castany, G., & Margat, J. (1977). *Dictionnaire français d'hydrogéologie*. BRGM Service Géologique National.
- CCME. (2011). *Manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyse de la qualité de l'eau au Canada* (PN 1462). ISBN 978-1-896997-79-7.
- Chaignon, V. H. de. (1904). Contributions à l'histoire naturelle de la Tunisie. *Bulletin de la Société D'histoire Naturelle D'Autun*, 17, 1–115.
- Chalabi, B. (1989). Du nouveau à propos de l'aire de distribution de la Sittelle kabyle *Sitta ledanti*. *Aves*, 26, 233-234.
- Chamberlain, A. C., & Ioannou, C. C. (2019). Turbidité augmente la perception du risque mais contraint le comportement collectif lors de la recherche de nourriture par des bancs de poissons. *Animal Behaviour*, 156, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2019.08.012>
- Chassaing, F. (2023). Le pati géant, un gros moustachu d'Uruguay. *Biologie – Environnement*. Retrieved from [website]
- Chelazzi, G., Lebboroni, M., Tripepi, S., Utzeri, C., & Zuffi, M. A. L. (2000). A primer on the conservation biology of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) of Italy. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Emys orbicularis* (pp. 101-104).
- Chettibi, F., Khelifa, R., Aberkane, M., Bouslama, Z., & Houhamdi, M. (2013). Diurnal activity budget and breeding ecology of the White-Headed Duck *Oxyura leucocephala* at Lac Tonga (North-east Algeria). *Zoology and Ecology*, 23(3), 183-190.
- Cheyland, M., & Poitevin, F. (1998). Impact of fire on a population of European pond turtles (*Emys orbicularis*) in southeastern France. *Mertensiella*, 10, 67–82.

- Çiçek, K., & Ayaz, D. (2011). Food composition of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in Lake Sülüklü (Western Anatolia, Turkey). *Journal of Freshwater Ecology*, 26, 571-578.
- Clarté, P., Pinet, F., & D'Amico, F. (2020). Importance des habitats terrestres dans la dynamique d'occupation d'*Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) sur le site Natura 2000 «Grande Brenne». *Naturae*, 2020, 71–84.
- Collet, L. (2003). Distribution des pontes de cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) au Vigueirat. Rouen.
- Collins, J. P., & Storfer, A. (2003). Global amphibian declines: Sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions*, 9(6), 191-214.
- Congdon, J. D., Dunham, A. E., & Van Loben Sels, R. C. (1993). Delayed sexual maturity and demographics of Blanding's turtles (*Emydoidea blandingi*): Implications for conservation and management of long-lived organisms. *Conservation Biology*, 7, 826-833.
- Convention de Ramsar. (2013). *Le Manuel de la Convention de Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides* (6e éd.). Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
- Dall'Antonia, L., Lebboroni, M., Benvenuti, M., & Chelazzi, G. (2001). Data loggers to monitor activity in wild freshwater turtles. *Ethology, Ecology and Evolution*, 13, 81–88.
- De Belair, G., & Samraoui, B. (2000). L'éco-complexe des zones humides de Beni-Belaid: Un projet de réserve naturelle. *Sciences & Technologie A*, 115–124.
- Demay, J., & Cheylan, M. (2011). Influence de la salinité sur la Cistude d'Europe: étude de cas à la Réserve naturelle nationale du Bagnas (Hérault, France). *Bulletin de la Société Herpétologique*, 138, 13–21.
- Deschamps, S. (1990). La cistude d'Europe (*Emys orbicularis*, Reptilia, Testudines). Recherche de critères d'âge. Thèse de Médecine Vétérinaire, Toulouse, n° 8.
- Detay, M. (1993). *Le forage d'eau: réalisation, entretien, réhabilitation*. Masson.
- Devaux, B., & Beley, S. (1998). *Emys orbicularis galloitalica* in Provence: An example of a small threatened population. In *Proceedings of the Emys Symposium* (Dresden 96, pp. 83–88). Mertensiella.
- Direction Générale des Forêts (DGF), & WWF. (2017). *Stratégie nationale de gestion écosystémique des zones humides 2015-2030 en Algérie*. Initiative MedWet. <https://medwet.org/fr/publications/algéria-national-wetlands-strategy-2015-2030>.

- Divers, S., & Stahl, S. (2009). Differences among studies on sex identification of hatchling turtles: Response. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 235, 932–933.
- Doumergue, F. (1901). Essai sur la faune erpétologique de l’Oranie: Avec des tableaux analytiques et des notions pour la détermination de tous les reptiles et batraciens du Maroc, de l’Algérie et de la Tunisie. *Extrait du Bulletin de la Société de Géographie et d’Archéologie d’Oran*, 19–21. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.9100>
- Duguay, R., & Baron, J.-P. (1998). La cistude d’Europe, *Emys orbicularis*, dans le Marais de Brouage (Charente Maritime): Cycle d’activité, thermorégulation, déplacements, reproduction et croissance. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 8, 781–803.
- Ehlman, S. M., Halpin, R., Jones, C., Munson, A., Pollack, L., & Sih, A. (2019). Intermediate turbidity elicits the strongest antipredator response and generates repeatable behavior in mosquitofish. *Animal Behaviour*, 158, 101–108.
- Eichwald, 1851. Naturhistorische Bemerkungen über Algiers und den Atlas IX (Kept, and Batr.). *Memoires de la Société Naturelle de Moscou*, 2, 414–444.
- El Hili, R. A., Verneau, O., Jrijer, J., & Achouri, M. (2020). Reassessment of distribution and conservation status of freshwater turtles (Testudines) in Tunisia. *Salamandra*, 56, 362–372.
- Ernst, C. H., Barbour, R. W., & Altenburg, R. G. M. (1989). *Turtles of the World*. Springer.
- Escoriza, D., & Ben Hassine, J. (2017). Niche separation among north-west African semi-aquatic reptiles. *Hydrobiologia*, 797, 47–56. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3157-8>
- Fahd, S., El Marnisi, B., Mediani, M., & Fritz, U. (2009). Zur Verbreitung und zum Bedrohungsstatus der europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) in Marokko. *Elaphe*, 17, 30–33.
- Fediras, S., Ziane, N., & Rouag, R. (2020). Choix de l’habitat chez la Cistude d’Europe (*Emys orbicularis* [Linnaeus, 1758]) dans le canal Messida (Parc national d’El Kala, Algérie). *Bulletin de la Société zoologique de France*, 145(4), 475–488.
- Ficetola, G. F., & De Bernardi, F. (2006). Is the European “pond” turtle *Emys orbicularis* strictly aquatic and carnivorous? *Amphibia-Reptilia*, 27, 445–447.
- Ficetola, G. F., Padoa-Schioppa, E., Monti, A., Massa, R., Bernardi, F. D., & Bottoni, L. (2004). The importance of aquatic and terrestrial habitat for the European pond turtle (*Emys orbicularis*): Implications for conservation planning and management. *Canadian Journal of Zoology*, 82, 1704–1712. <https://doi.org/10.1139/z04-170>.

- Fortin-Hamel, L., & Chapman, L. J. (2024). Interactive effects of sediment turbidity and elevated water temperature on the threatened freshwater fish *Miniellus anogenus*. *Conservation Physiology*, 12(1), coae053. <https://doi.org/10.1093/conphys/coae053>
- Fretey, J. (1985). *Guide des Reptiles de France*. Hatier.
- Fritz, U. (2001). *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) – Europäische Sumpfschildkröte. In *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas* (Vol. 3, pp. 343–515).
- Fritz, U. (2003). *Die Europäische Sumpfschildkröte*. Supplement der Zeitschrift für Feldherpetologie No. 1. Bielefeld: Laurenti-Verlag.
- Fritz, U., & Andreas, B. (1999). Distribution, variety of forms and conservation of the European pond turtle. In *Proceedings of the 11th International Symposium on Emys orbicularis* (pp. 23–26). Chelonii.
- Fritz, U., Fattizzo, T., Guicking, D., Tripepi, S., Pennisi, M. G., Lenk, P., Joger, U., & Wink, M. (2005). A new cryptic species of pond turtle from southern Italy, the hottest spot in the range of the genus *Emys*. *Zoologica Scripta*, 34, 351–371.
- Fritz, U., Guicking, D., Kami, H., Arakelyan, M., Auer, M., Ayaz, D., Fernández, C. A., Bakiev, A., Celani, A., Džukić, G., Fahd, S., Havaš, P., Joger, U., Khabibullin, V., Mazanaeva, L., Široký, P., Tripepi, S., Vélez, A. V., Antón, G. V., & Wink, M. (2007). Mitochondrial phylogeography of European pond turtles (*Emys orbicularis*, *Emys trinacris*): An update. *Amphibia-Reptilia*, 28, 418–426. <https://doi.org/10.1163/156853807781374737>.
- Gagnaison, C., Mennecart, B., Bailleul, J., Barrier, P., Chenot, É., Toullec, R., Potel, S., Martin, H., Millet, A., & Memeteau, D. (2023). Emydidae Rafinesque 1815. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8350099>.
- Gahmous, S. A., Tiar, G., Tiar-Saadi, M., Bouslama, Z., & Široký, P. (2022). Reproductive traits demonstrate how well the Mediterranean stripe-necked turtle *Mauremys leprosa* can flourish under highly degraded–polluted conditions. *Biology*, 11, 1562.
- Ghalmi, R. (1997). Étude préliminaire du régime alimentaire de la loutre (*Lutra lutra*) dans le nord-est algérien (Parc National d'El Kala). Mémoire D.E.S., Université de Liège, 57p.
- Ghazali, D., & Zaid, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). *Larhyss Journal*, 12, 25–36. ISSN 1112-3680.
- Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S., & Winne, C. T. (2000). The global decline of reptiles, déjà vu amphibians: Reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced

- invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience*, 50(7), 653-666. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0653:TGDORD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0653:TGDORD]2.0.CO;2)
- Gibbons, W., & Semlitsch, D. (1982). Survivorship and longevity of a long-lived vertebrate species: How long do turtles live? *Journal of Animal Ecology*, 51, 253-257.
- Govedič, M., Vogrin, M., Bordjan, D., Bombek, D., Denac, D., Gregorc, T., Janžekovič, F., Kirbiš, N., & Vamberger, M. (2016). New data on the distribution of the European pond turtle *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) in the Podravje region (NE Slovenia). *Natural History of Slovenia*, 18, 77-82.
- Grady. (2003). Traitement de données stationnelles (Faune). Robert, FT10(1).
- Grimes, S. (2005). Projet régional pour le développement d'aires protégées marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet MedMPA). Plan de gestion de l'aire marine du parc national d'El Kala (Wilaya d'El Tarf). Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
- Grosse, A. M., Sterrett, S. C., & Maerz, J. C. (2010). Effects of turbidity on the foraging success of the Eastern Painted Turtle. *Copeia*, 2010(3), 463-467. <https://doi.org/10.2307/40863276>
- Guezal, R., Thirion, J.-M., & Guillon, M. (2006). Distribution spatiale des populations de Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) au sein d'un marais salant de Charente-Maritime. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, 9, 621-626.
- Guichenot, A. (1850). Histoire naturelle des reptiles et des poissons de l'Algérie. In *Exploration Scientifique de l'Algérie Pendant Les Années 1840, 1841, 1842* (pp. 4-30). Arthus Bertrand.
- Haouam, L. (2003). Ecologie et reproduction des Rallidés de la Numidie. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université Badji Moukhtar, Annaba, Algérie.
- Horváth, E., Martvoňová, M., Danko, S., Havaš, P., Kaňuch, P., & Uhrin, M. (2021). Distribution range and population viability of *Emys orbicularis* in Slovakia: A review with conservation implications. *Nature Conservation*, 44, 141. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.44.69644>
- Houhamdi, M. (1998). Écologie du Lac des Oiseaux: Cartographie, Palynothèque et utilisation de l'espace par l'avifaune. Thèse de magister, Université de Annaba.
- Houhamdi, M. (2002). Écologie du peuplement avien du Lac des Oiseaux (Numidie orientale). Thèse de Doctorat, Université d'Annaba.

- Houhamdi, M., & Samraoui, B. (2001). Diurnal time budget of wintering Teal (*Anas crecca crecca*) at Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl*, 52, 87-96.
- Houhamdi, M., & Samraoui, B. (2002). Occupation spatio-temporelle par l'avifaune aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie). *Alauda*, 70(2), 301-310.
- Houhamdi, M., & Samraoui, B. (2003). Diurnal behaviour of wintering Wigeon (*Anas penelope*) in Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl*, 54, 51-62.
- Houhamdi, M., & Samraoui, B. (2008). Diurnal and nocturnal behaviour of Ferruginous Duck (*Aythya nyroca*) at Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Ardeola*, 55(1), 59-69.
- Hutchison, J. H. (1981). Emydoidea (Emydidae, Testudines) from the Barstovian (Miocene) of Nebraska. *PaleoBios*, 37, 1-6. In Fritz, U. & Andreas, B. (Eds.), *Distribution, variety of forms and conservation of the European pond turtle*. Proceedings of the IInd International Symposium on *Emys orbicularis*. *Chelonii*, 2, 23-26.
- Jablonski, A., & Jablonska, S. (1998). Egg-laying of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (L.). In Leczynsko-Wlodawskie Lake District (Eastern Poland). *Mertensiella*, 10, 141-146.
- Johnson, A. (1989). Movements of greater flamingos (*Phoenicopterus ruber roseus*) in the western Palearctic. *Revue d'Écologie Terre et Vie*, 44, 75-94. <https://doi.org/10.3406/revec.1989.5504>
- Joleaud, L. (1936). Étude géologique de la région de Bône et la calle. *Bulletin du Service de Carte géologique de l'Algérie*, 2ème Série, Strat., 12, 185 p., 4 pl., 25 fig. et tab.
- Kadid, Y. (1989). Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Mémoire d'Ingéniorat d'état en agronomie, INA, Alger.
- Keller, C. (1997). Discriminant analysis for sex determination in juvenile *Mauremys leprosa*. *Journal of Herpetology*, 31(3), 456-459. <https://doi.org/10.2307/1565682>.
- Khabibullin, V. (2004). Distribution of *Emys orbicularis* in the South Urals, Russia. *Biologia Bratislava*, 59, 27-32.
- Kloppmann, W., Bourhane, A., Schomburgk, S., & Asfirane, F. (2011). Salinisation des masses d'eaux en France: Du constat au diagnostic (BRGM/RP-60186-FR).
- Kotenko, T. (2004). Distribution, habitats, abundance and problems of conservation of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Crimea (Ukraine): First results. *Biologia-Sectio Zoologica*, 59, 33-46.

- Kripa, P. K., Prasanth, K. M., Sreejesh, K. K., & Thomas, T. P. (2013). Aquatic macroinvertebrates as bioindicators of stream water quality: A case study in Koratty, Kerala, India. *Research Journal of Recent Sciences*, 2277-2502.
- Krizmanić, I., Urošević, A., Simović, A., Krstić, M., Jović, D., Ajtić, R., Anđelković, M., Slijepčević, M., Đorđević, S., & Golubović, A. (2015). Updated distribution of the European pond turtle *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) and its conservation issues in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 67, 1043-1053. <https://doi.org/10.2298/ABS150210067K>
- Lallemant, C. (1867). Erpétologie de l'Algérie ou Catalogue synoptique et analytique des reptiles et amphibiens de la colonie. F. Savy.
- Laribi, M. (2000). Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliées à *Quercus canariensis* Willd. et *Quercus afares* Pomel du massif d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie). Thèse magistère, Institut de biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Le Louarn, H., & Webb, D. J. (1998). Effets négatifs de pH extrêmes sur le développement embryonnaire et larvaire du brochet *Esox lucius*. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, 350-351, 325-336. <https://doi.org/10.1051/kmae:1998008>.
- Lebboroni, M., & Chelazzi, G. (1991). Activity patterns of *Emys orbicularis* L. (Chelonia: Emydidae) in central Italy. *Ethology, Ecology and Evolution*, 3, 257-268.
- Leclerc, H. (1994). *Microbiologie des eaux d'alimentation*. TEC & DOC.
- Leris, I., Koepchen-Thomä, L., Smeti, E., & Kalogianni, E. (2022). Turbidité et risque de prédation: Réponses comportementales d'un méné d'eau douce. *Animal Behaviour*, 186, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2022.01.014>.
- Levi, B. P., Ghabrial, A. S., & Krasnow, M. A. (2006). Drosophila talin and integrin genes are required for maintenance of tracheal terminal branches and luminal organization. *Development*, 133, 2383–2393.
- Loveridge, A., & Williams, E.E. (1957). Revision of the African tortoises and turtles of the suborder Cryptodira. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 115, 163–557.
- Lutz, P. L., & Musick, J. A. (Eds.). (1997). *The Biology of Sea Turtles*. Vol. 1. CRC Press.
- Lyet, A., & Cheylan, M. (2002). La Cistude d'Europe (*Emys orbicularis*) en Camargue gardoise — Statut des populations et propositions de mesures de protection. École Pratique des Hautes Études de Montpellier.

- Maazi, M.C. (1992). Contribution de l'estimation qualitative et quantitative des Anatidés et foulques hivernants et nicheurs au Lac des Oiseaux (W: El-Tarf). Thèse ingénieur agronome INA. Alger. 68 p.
- Maire, R. (1926). Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie – 1/1 500 000, Gouvernement général d'Alger, Service cartographie, Alger.
- Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Clooster, M. Van. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental). *Larhyss Journal*, 9, 149-169.
- Mascort, R. (1998). Distribution and status of the European pond turtle, *Emys orbicularis*. *Catalonia Mertensiella*, 10, 177–186.
- Mazanaeva, L., & Orlova, V. (2004). Distribution and ecology of *Emys orbicularis* in Daghestan, Russia. *Biol. Bratisl.*, 59, 47–53.
- Mediani, M., Amezian, M., Tattou, M.I., Benhoussa, A., Idrissi, H.R., El Agbani, M.A., & Qninba, A. (2009). Nouvelles citations de deux espèces reliques paléarctiques, *Emys orbicularis* Linnaeus, 1758 et *Vipera latastei* Boscá, 1878 dans la Péninsule Tingitane (Rif occidental, Maroc). *Bull. L'Institut Sci. Rabat*, 31, 99–102.
- Meek, R. (1987). Aspects of the population ecology of *Mauremys caspica* in north-west Africa. *Herpetological Journal*, 1, 130-136.
- Meeske, A.C.M., & Muhlenberg, M. (2004). Space use strategies by a northern population of the European pond turtle, *Emys orbicularis*. *Biologia Bratislava*, 59, 95-101.
- Meeske, A.C.M., Pupins, M., & Rvbczvnski, K. (2006). First results on the distribution and condition of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) at the northern edge of its distribution in Lithuania and Latvia. *Z Feldenherpetol*, 13, 1–29.
- MESSAOUDENE, M. (1989). Étude dendroécologique et productivité de *Q. canariensis* Willd. et de *Q. afares* Pomel dans les massifs de l'Akfadou et de Beni-Ghobri en Algérie. Thèse de doctorat en sciences, Université Aix-Marseille III, 124 p.
- Messaoudene, M., Laribi, M., & Derridj, A. (2007). Etude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie). *BOIS & FORÊTS DES TROPIQUES*, 291, 75-81.
- Metallaoui, S. (2010). Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj-Tahar (Numidie occidentale, Nord-Est de l'Algérie). Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba. 120 p.
- Mollov, I.A. (2019). Influence of Urbanization on the Populations of the European pond Turtle *Emys orbicularis* (L., 1758) in the City of Plovdiv (Bulgaria). *Ecol. Balk.*, 11, 269–278.

- Morgan, N.C. (1982). An ecological survey of standing waters in North-West Africa: II Site descriptions for Tunisia and Algeria. *Biological Conservation*, 24, 83-113.
- Morin, R. (2012). « Qualité de l'eau requise pour l'élevage des salmonidés ». Document d'information DADD-14. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. 25 p. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Peche>.
- Nekrasova, O., Marushchak, O., Pupins, M., Skute, A., Tytar, V., & Čeirāns, A. (2021). Distribution and Potential Limiting Factors of the European Pond Turtle (*Emys orbicularis*) in Eastern Europe. *Diversity*, 13, 280. <https://doi.org/10.3390/d13070280>.
- Nouira, S. (2001). L'Herpétofaune. In: Biodiversité des écosystèmes côtiers et des zones humides du Cap-Bon, Tunisie. Rapp. Med-WetCoast, 121-138.
- OLIVIER, A. (2002). Écologie, traits d'histoire de vie et conservation d'une population de cistude d'Europe, *Emys orbicularis*, en Camargue. Diplôme de l'École Pratique des Hautes Études, Montpellier, 165 pp.
- OMS (1994). Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé, 2e édition.
- OMS (2017). Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé, 2e édition.
- Organisation mondiale de la santé. (2003). Teneur totale en matières dissoutes dans l'eau de boisson : document de référence pour l'élaboration de lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson.
- Ortega, J. C. G., Figueiredo, B. R. S., de graça, W. J., Agostinho, A. A., & Bini, L. M. (2020). Effet négatif de la turbidité sur la capture des proies à la fois visuellement et par des prédateurs aquatiques non visuels. *Journal of Animal Ecology*, 89(9), 2020. DOI: 10.1111/1365-2656.13329.
- PAGANO, S. (2007). Étude d'une population de Cistudes d'Europe (*Emys orbicularis*) sur le marais du Logit (Gironde) : sélection de l'habitat, influence de la salinité et proposition de gestion. Master 2 pro Éco-ingénierie des zones humides et biodiversité, Université d'Angers, 81 p.
- PAGE 2 DE 14 – TORTUES DE MARAIS- 2022. <https://www.aquaportail.com/fiche-terrariophilie-1947-trachemys-scripta.html>.
- Paracuellos, M. (2008). Effects of long-term habitat fragmentation on a wetland bird community. *Revue d'écologie*, 63, 1-12.

- Pearce, F., & Crivelli, A. J. (1994). 1 – Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes | MedWet. [WWW Document]. URL <https://medwet.org/fr/publications/characteristics-of-mediterranean-wetlands/> (accessed 9.21.24).
- Pieau, C. (1996). Temperature variation and sex determination in reptiles. *BioEssays*, 18, 19-26. Pieau, C., Dorizzi, M., Richard-Mercier, M., & Desvages, G. (1998). Sexual differentiation of gonads as a function of temperature in the turtle *Emys orbicularis*: endocrine function, intersexuality and growth. *J. Exp. Zool.*, 28, 400-408.
- PRIOL, P. (2009). Guide technique pour la conservation de la Cistude d'Europe en Aquitaine. Cistude Nature, Le Haillan, 166 p.
- Puky, M., Gémesi, D., & Schád, P. (2004). Distribution of *Emys orbicularis* in Hungary with notes on related conservational and environmental education activities. *Biol. Bratisl.*, 59, 55–60.
- Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I. CNRS, Paris : 1-570 + 65 planches h.-t.
- Quézel, P., & Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. CNRS, Paris : 571-1170 + 70 planches h.-t.
- Ramade, F. (2005). Éléments d'écologie. Écologie Appliquée. 6ème édition. Paris, Dunod, 864 p.
- Ramade, F. (2011). Introduction à l'écochimie, les substances chimiques et l'écosphère à l'Homme. Édition Lavoisier, Paris.
- Real, R., Pleguezuelos, J.M., & Fahd, S. (1997). The distribution patterns of reptiles in the Riff region, northern Morocco. *Afr. J. Ecol.*, 35, 312–325. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1997.091-89091.x>
- Rodier, J. (1984). *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. Édition Dunod, Paris.
- Rodier, J. et al. (2009). *L'analyse de l'eau*, 9e édition. DUNOD (éditeur), Paris, France, 1579 p.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambou, P., Champsaur, H., & Rodier, L. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer*. 8ème édition. Paris, Collection DUNOD, 383 pages.
- ROGNER, M. (2009). European Pond Turtle *Emys orbicularis*. 4. Frankfurt am Main, Chelonian.

- Rössler, M. (2000). Aktuelle Situation, Gefährdung und Schutz der Europäischen Sumpfschildkröte *Emys orbicularis* (L.) in Österreich. *Stapfia*, Linz, 69, 169-178.
- Rouag, R. (1999). Contribution à l'inventaire de l'Herpétofaune dans la région d'El-Kala (Nord-Est algérien). Thèse, Magistère, Univ. Annaba, 79 p.
- Rovero, F., & Chelazzi, G. (1996). Nesting migrations in a population of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L.) (Chelonia Emydidae) from central Italy. *Ethol. Ecol. Evol.*, 8, 297-304.
- Rybacki, M., & Maciantowicz, M. (2008). Status, distribution and protection of the European pond turtle (*Emys orbicularis*, L.) in western Poland. *Rev Esp Herp*, 22, 131–137.
- SAADALI, B. (2007). Étude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie extrême nord-orientale). Mémoire Magister, UBM Annaba, Algérie, 84 p.
- Sacdanaku, E., & Haxhiu, I. (2017). Distribution, habitats and preliminary data on the population structure of the European Pond Turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), in Vlora Bay, Albania. *ACTA Zool. Bulg.*, 9–14.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., & Wall, D.H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770–1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>.
- Samraoui, B., & De Belair, G. (1997). The Guerbes-Senhadja wetlands (NE Algeria). Part I: an overview. *Ecologie*, 28, 233–250.
- Samraoui, B., & de Belair, G. (1998). Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse numéro spécial 4, 1-90.
- Samraoui, B., & Samraoui, F. (2008). An ornithological survey of the wetlands of Algeria: important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58, 71–98.
- Samraoui, B., De Belair, G., & Benyacoub, S. (1992). A much threatened lake: Lac des Oiseaux (North-East Algeria). *Environmental Conservation*, 19(3), 264-267+276.
- Samraoui, F., Nedjah, R., Bouchecker, A., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. (2012). Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study*, 59(4), 496-503.
- Schleich, H. (1996). Beitrag zur Systematik des Formenkreises von *Mauremys leprosa* (Schweigger) in Marokko. *Reptilia. Chelonii. Emydidae*, 22, 29-59.

- Schleich, H., Kästle, W., & Kabisch, K. (1996). *Amphibians and Reptiles of North Africa*. Koletz Scientific Books, Koenigstein, 627 pp.
- Segurado, P., & Araújo, A.P.R. (2004). Coexistence of *Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa* in Portugal at two spatial scales: is there evidence of spatial segregation? *Biologia (Bratisl.)*, 59, 61–72.
- Seidel, M., & Ernst, C. (2017). A systematic review of the turtle family Emydidae. *Vertebr. Zool.*, 67, 1–122. <https://doi.org/10.3897/vz.67.e31535>.
- Servan, J. (1987). Use of radiotelemetry in an ecological study of *Emys orbicularis* in France, first results. In: Van Gelder, J.J. & Bergers, P.J.M. (Eds.), *Proceedings of the 4th Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica*. Faculty of Sciences/SHE, Nijmegen, 357-360.
- Servan, J. (1988). La Cistude d'Europe dans les étangs de Brenne (France). *Mésogée*, 48, 91-95. In: Fritz, U., Joger, U., Podloucky, R., & Servan, J. (Eds.), *Proceedings of the EMYS Symposium Dresden*, 96, *Mertensiella*, 10, 245-252.
- Servan, J. (1999). Réflexions sur la gestion des reptiles et des tortues en particulier en France : 1. La protection des espèces. *Bulletin de la Société Herpétologique de France*, 90, 5–21.
- Servan, J., & Roy, J.J. (2004). Notes on the reproduction of *Emys orbicularis* in Brenne (Central France). *Biologia*, 59, 139-142.
- Servan, J., Zaborski, P., Dorizzi, M., & Pieau, C. (1989). Détermination du sexe ratio adulte de la tortue *E. orbicularis* dans des populations provenant de 7 étangs de Brenne (Indre, France). *Can. J. Zool.*, 67, 1279–1284.
- Servan, S. (1986). La cistude dans l'étude dans l'étang à roselière en Brenne. MNHN, ministère de l'environnement, 45 p.
- Sillero, N., Campos, J., Bonardi, A., Corti, C., Creemers, R., Crochet, P.-A., Isailović, J.C., Denoël, M., & Ficetola, G.F. (2014). Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe. *Amphib.-Reptil.*, 35, 1–31. <https://doi.org/10.1163/15685381-00002935>.
- Société centrale d'Aquiculture et de Pêche. (1912). Bulletin de la Société centrale d'Aquiculture et de pêche. La Société.
- Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord. (1913). *Bulletin de la Société D'histoire Naturelle de L'Afrique Du Nord*. Société.
- Stanford, C. B., Iverson, J. B., Rhodin, A. G., van Dijk, P. P., Mittermeier, R. A., Kuchling, G., Berry, K. H., Bertolero, A., Bjorndal, K. A., & Blanck, T. E. (2020). Turtles and tortoises

are in trouble. *Current Biology*, 30(14), R721–R735.  
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.04.088>

- Strauch, A. (1862). *Essai d'une erpétologie de l'Algérie*. Commissionnaires de l'Académie Impériale des sciences.
- Stuckas, H., Velo-Antón, G., Fahd, S., Kalboussi, M., Rouag, R., Arculeo, M., Marrone, F., Sacco, F., Vamberger, M., & Fritz, U. (2014). Where are you from, stranger? The enigmatic biogeography of North African pond turtles (*Emys orbicularis*). *Organisms, Diversity & Evolution*, 14(3), 295–306. <https://doi.org/10.1007/s13127-014-0168-4>
- Swanbrow Becker, L. J., Brooks, E. M., & Gabor, C. R. (2016). Effects of turbidity on foraging behavior in the endangered fountain darter (*Etheostoma fonticola*). *American Midland Naturalist*, 175(1), 55–63. <https://doi.org/10.1674/amid-175-01-55-63.1>
- Thienpont, S. (2011-2015). *Plan National d'Actions Cistude d'Europe 2011 – 2015*. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. 123 pp.
- Thienpont, S., Cadi, A., Quesada, R., & Cheylan, M. (2004). Overwintering habits of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Isère department (France). *Biologia*, 59(Suppl. 14), 143–147.
- Thierrin, J., Steffen, P., Cornaz, S., Vualaz, F.-D., Balderer, W., Looser, M., Zpbrit, J., & Zumstein, J. (2001). *Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines*. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57 pp.
- Tiar, G., Boudebza, R., Souallem, I., & Tiar-Saadi, M. (2019). REVUE ALGERIENNE DES SCIENCES-A. *Rev. Algér. Sci. A*, 2, 71–75.
- Tiar-Saadi, M. (2018). *Bioécologie des Tortues D'eau en Algérie*. Ph.D. Thesis, Département de Biologie, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.
- Tiar-Saadi, M., Tiar, G., Bouslama, Z., & Široký, P. (2017). First data on the population of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) at Lake Tonga, El Kala National Park, Algeria. *Biologia*, 72, 819–824. <https://doi.org/10.1515/biolog-2017-0089>
- Tiar-Saadi, M., Tiar, G., Bouslama, Z., & Široký, P. (2022). Mechanisms determining body size and shape difference in Algerian spur-thighed tortoises (*Testudo graeca*). *Animals*, 12(10), 1330. <https://doi.org/10.3390/ani12101330>
- Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. (1996). *Nature* (IUCN), International Union for Conservation of Nature. IUCN Red List Threat. Species.
- Touati, L., & Samraoui, B. (2013). Entre mer et terre : le peuplement d'oiseaux d'eau de l'Oued Boukhmira. In H. Azafzaf, A. L. Brochet, C. Deschamps, P. Defos du Rau, C. Feltrup-

- Azafzaf, & J. Y. Mondain-Monval (Eds.), *Bulletin of the network "Mediterranean Waterbirds"* (No. 1, pp. 17-22). AAO, ONCFS, Tour du Valat.
- Toumi, A., Reggam, A., Alayat, H., & Houhamdi, M. (2016). Physico-chemical characterization of waters of the lake ecosystem: Case of Lake of Birds (Far NE-Algerian). *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(1), 139-147.
- Velo-Antón, G., el Marnisi, B., Fritz, U., & Fahd, S. (2015). Distribution and conservation status of *Emys orbicularis* in Morocco. *Vertebrate Zoology*, 65, 131–134.
- Wolff, B. (2015). *Europäische Sumpfschildkrotten: Lebensweise-Haltung-Nachzucht*. Munster, Natur und Tier-Verlag GmbH.
- Zeddouri, A. (2003). *Contribution à l'étude hydrogéologique et hydro-chimique de la plaine alluviale de Guelma (essai de modélisation)*. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 107 p.
- Zuffi, M. A. L. (2000). Conservation biology of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L.) in Italy. *Stapfia*, 69, 219–228.
- Zuffi, M. A. L., & Odetti, F. (1998). Double egg-deposition in the European pond turtle, *Emys orbicularis*, from central Italy. *Italian Journal of Zoology*, 65, 187–189.

---

**ANNEXE/ ARTICLE**

## Article

# Distribution and Conservation Status of European Pond Turtles *Emys orbicularis* (L., 1758) in Algeria

Nourhane Gherbi <sup>1</sup>, Manel Tiar-Saadi <sup>1</sup>, Abdennour Bouchecker <sup>2,3</sup> , Pavel Široký <sup>4,5,\*</sup> , Chahinez Mezghiche <sup>1</sup>, Khalil Draïdi <sup>2,6</sup>, Zihad Bouslama <sup>7</sup> and Ghoulem Tiar <sup>1,6</sup> 

<sup>1</sup> Functional and Evolutionary Ecology Laboratory, Faculty of Natural and Life Sciences, University Chadli Bendjedid-El Tarf, 76, El Tarf 36000, Algeria; hakimagherbi36@gmail.com (N.G.); manels84@yahoo.fr (M.T.-S.); chahinez23mezghiche@gmail.com (C.M.); tiarghoulem@yahoo.fr (G.T.)

<sup>2</sup> Department of Biology, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar-Annaba, BP 12, El Hadjar, Annaba 23000, Algeria; babdenmour2007@yahoo.fr (A.B.); khalildraïdi@yahoo.fr (K.D.)

<sup>3</sup> Wetland Conservation Laboratory, 8 Mai 1945 University, Guelma 24000, Algeria

<sup>4</sup> Department of Biology and Wildlife Diseases, Faculty of Veterinary Hygiene and Ecology, University of Veterinary Sciences Brno, Palackého 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic

<sup>5</sup> CEITEC—Central European Institute of Technology, University of Veterinary Sciences Brno, Palackého 1946/1, 612 42 Brno, Czech Republic

<sup>6</sup> Environment and Biodiversity Research Division, Environmental Research Center, Alzon Castle, Boughazi Said Street, PB 2024, Annaba 23000, Algeria

<sup>7</sup> Environmental Research Center, Alzon Castle, Boughazi Said Street, PB 2024, Annaba 23000, Algeria; zihadb@yahoo.fr

\* Correspondence: sirokyp@vfu.cz; Tel.: +420-541-562-637

**Abstract:** The Maghreb population of *Emys orbicularis* extends over a narrow strip of northern Morocco, Algeria, and Tunisia. Our understanding of the presence of this turtle in Algeria, in contrast to Morocco and Tunisia, is quite limited and frequently rests on a few small-scale studies or even reports from a century ago. The present study provides the first complete data on the distribution and level of threat of this species in Algeria. A field survey was carried out based on the data obtained from scattered local reports and available studies that suggested the presence of the species in Algerian wetlands. Data on climatic and habitat preferences, the geographic elevation of inhabited localities, and their conservation status were collected. A total of 45 wetlands were inhabited by *E. orbicularis*, of which 40 were part of a well-interconnected eastern metapopulation, joined by an extensive hydrographic network. In some places, the species has persisted for over 130 years in the same wetland complex. However, the five remaining populations living in central North Algeria are fragmented, highly isolated, and therefore more threatened. With a few exceptions, turtles inhabit lowlands below 100 m above sea level. Detected sub-populations inhabit mostly stagnant waters (60%), sometimes dams and lakes (24%), and sporadically also slow-moving water bodies (16%). Altogether, the Algerian distribution of *E. orbicularis* extends to a total area of 2900 km<sup>2</sup>, a 40 km wide strip with a length of 490 km west of the Tunisian border. Although restricted to this narrow strip, the persistence of numerous populations in Algeria, especially in Numidia, testifies to their relatively better conservation status. In order to ensure the sustainability of these efforts, follow-up and monitoring activities should be suggested, with special attention paid to highly isolated populations to maintain their long-term viability.

**Keywords:** *Emys orbicularis*; turtle; wetlands; spatial distribution; status of conservation; Numidia; Kabylia; Algeria



**Citation:** Gherbi, N.; Tiar-Saadi, M.; Bouchecker, A.; Široký, P.; Mezghiche, C.; Draïdi, K.; Bouslama, Z.; Tiar, G. Distribution and Conservation Status of European Pond Turtles *Emys orbicularis* (L., 1758) in Algeria. *Diversity* **2023**, *15*, 993. <https://doi.org/10.3390/d15090993>

Academic Editors: Geraldo Jorge Barbosa De Moura, Leonardo Pessoa Cabus Oitaven and Adán Pérez-García

Received: 8 August 2023

Revised: 23 August 2023

Accepted: 31 August 2023

Published: 5 September 2023



**Copyright:** © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

The European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) (Emydidae Rafineque, 1815), is one of three native chelonians to Algeria, the second being the Mediterranean stripe-necked turtle *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812), and the third being the terrestrial

spur-thighed tortoise *Testudo graeca* Linnaeus, 1758 [1–4]. Morocco, Tunisia, and Algeria are the southernmost areas where *E. orbicularis* occurs [5]. Its range is more widespread northwards, extending from the Iberian Peninsula over much of Europe into western and central Asia, to the border of the Aral Sea [5–9]. The species has been listed as Near Threatened (NT) by the IUCN since 1996 due to significant long-term population declines [10]. The species is also protected in Europe by the Bern Convention (Annex II, 1979) and by Council Directive 92/43/EEC, Annexes II and IV, 1992. In Algeria, it appears in the official journal determining indigenous wild protected animal species (Decree No. 12-235, 10 June 2012). Modification, alteration, and pollution, as well as the introduction of competitors into its habitat, have been the main factors determining its global conservation status [11–15]. However, because no comprehensive studies on the distribution and occurrence of the European pond turtle in Algeria have been undertaken, we are unable to identify which of these causes was responsible for the drop, let alone state that there has been a decline.

According to current knowledge, *Emys orbicularis* is a seriously imperilled species in North Africa. Fragmented and highly isolated populations were documented over a wide area of Morocco, from the Gharb to the eastern plains and from the Rif Mountains in the north to the Middle Atlas in the south [16,17]. The Tunisian population of *E. orbicularis* is currently concentrated in a small area in the northwestern periphery [18], while it has completely disappeared from most of the relict habitats it once occupied throughout the northern part of the country [19–22]. The distribution of the Algerian population in a vast area between Morocco and Tunisia remains unclear due to the absence of complete studies.

Historical documents indicate that this species was locally distributed in Algeria. The oldest available documents on Algerian reptiles, dating from 1840 to 1891, indicated the presence of *E. orbicularis* in El-Kala and Annaba, as well as around Algiers, in El Harrach, and along the Sebaou River in Kabylia at Tizi Ouzou [23–26]. While the presence of the species in the extreme northeast of the country had been confirmed and unanimously accepted by the herpetologists of that time [24,26,27], the affirmation that it occupies the central region had raised a debate. The statement of Guichenot [28], who is considered the pioneer who mentioned the presence of the European pond Turtle in Algeria, that “it was present in all the rivers of the Algiers region with prodigious quantity”, was considered to be too exaggerated, and maybe caused by confusion of *E. orbicularis* with *M. leprosa* [24,26]. Old documents produced after 1891 reproduce the earlier reports without any revision or update of the species distribution [27,29–31]. The enigmatic distribution of the species remains relevant even today, as there has been little improvement in our knowledge over more than a century since the last compilation. Scattered recent studies confirm *E. orbicularis* presence in four northeastern sites of Algeria, namely El-Kala, Annaba, Skikda, and Jijel, without providing further information on its overall distribution in Algeria [1,32–34]. Hence, the numerous questions remain. Is their Algerian range fragmented or interconnected? Are there other additional populations of the species? What types of habitats does it prefer? Is it restricted to particular climate ranges and elevations? Only a field study covering the entire northern part of the country could answer these questions. A recent study of the modelled distribution of *E. orbicularis* in Algeria, based on five groups of niche descriptors (climate, topography, soil, land cover, and drainage system), has suggested that it could theoretically occur throughout the northern coastal strip, with a higher probability in the central and eastern parts [35].

Several studies over a large part of the *E. orbicularis* range are available outside the Maghreb, e.g., Portugal: [36], Spain: [37,38], France: [39,40], Italy: [41], Slovenia: [42], Serbia: [43], Albania: [44], Hungary: [45], Slovakia: [46], Poland: [47], Lithuania and Latvia: [48], Ukraine: [49], Romania: [50], Bulgaria: [12], Russia: [51,52], Turkey: [15], and overall [5,7]. Comparatively, recent distribution and conservation data for the Maghreb are only available for Tunisia and Morocco from six decades of retrospectives, e.g., [5,16–18,21,22,35,53–56]. However, no studies have been conducted in Algeria that address these issues. Undetected populations present on Algerian territory cannot receive proper protection.

The North African populations were previously identified as *E. o. occidentalis* [57]. However, analysis of mitochondrial and microsatellite markers demonstrated that only the Moroccan populations belong to this subspecies [58]. Populations from eastern Algeria and Tunisia are characterized as distinct evolutionary lineage IX representing an endemic distinct subspecies undescribed so far [58]. This study aimed to provide detailed information on the current distribution and conservation status of *E. orbicularis* in Algeria, and to complete our knowledge on the overall distribution of the endemic Algerian-Tunisian lineage. It also will provide a better understanding of the conservation status of the species throughout the Maghreb region.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Study Area and Climate

Algeria is the largest country in the Mediterranean region and in the African continent. It borders the sea to the north, Tunisia and Libya to the east, Morocco and Western Sahara to the west, Niger, Mali and Mauritania to the south. Structurally, it consists of four major geographical units, ordered from north to south: the Tell Atlas, the Plateaus, the Saharan Atlas and the Sahara. The Tellian strip, formed by a succession of mountain, coastal and sublittoral massifs and plains, is the only area where the presence of *E. orbicularis* is probable [35]. It stretches linearly along the Algerian coast for about 1200 km and widens to 190 km. The focus of the study area was the northern region, from the Tunisian border in the east to the vicinity of the capital Algiers in the center. The study area is administratively attached to the provinces of El-Tarf, Annaba, Skikda, Jijel, Bejaia, Boumerdes and Algiers from east to west, respectively.

Algeria has many different climatic zones, from humid on the Mediterranean fringe of the northern coast, to semi-arid and arid in the central highlands, between the two parallel mountain barriers of the Tell and the Saharan Atlas, and until the Sahara further south, which dominates over a large part of the country. Humid to sub-humid Mediterranean climates prevail in the northern study region, which include hot, dry summers and rainy winters [1,32,59,60]. The highest monthly mean temperatures are observed between June and September, ranging from 20 to 26 °C. The mean annual total rainfalls, according to the closest meteorological stations, were 641 mm in Annaba, 668 mm in El-Kala, 722 mm in Guerbes-Sanhadja, Skikda, 1000 mm in Beni-Belaid, Jijel and 1057 mm Akfadou, Bejaia [1,32,60,61].

### 2.2. Data Collection

Field observations were carried out between the beginning of April and the end of July, coinciding with the months of peak turtle activity, for four consecutive years (2020–2023). The seasonal and daily weather influence the pond turtle's activity. Males have a shorter overwintering phase with an earlier spring outing, exhibit higher levels of activity, and move for purposes of mate searching from the end of April to the end of May, whereas females dominate and become more active during the nesting period from early May until the end of July [1,34,39,40]. Both sexes engage in a diurnal activity spent mainly on basking (several hours in the morning, but during twilight in the hottest days), comparable to feeding or mate-searching sessions [1,34]. It may be seen warming up on a rock, in the middle of a stream, on submerged trunks, or on the bank. During the summer, the activity of the species decreases, movements are reduced, and sunbathing is limited to cool days. The shaded shores serve to protect it from excessive heat [1,34]. Based on our knowledge of biology, preferred weather patterns, and turtle behavior, we have chosen the days and times for field observations.

The selection of water bodies and sites to be surveyed was based on historical records, studies carried during the last 25 years, and unpublished reports from the Algerian Forest Conservations, or National Parks, which evoked the presence of the species in Algerian wetlands. Considering three essential elements, using this traditional approach was the most appropriate. First, the presence of the species has been reported at various locations

throughout around 700 km, resulting in several habitats that need to be monitored. The majority of these notes were produced by foresters who were not necessarily skilled in herpetology and who might not have been able to differentiate *E. orbicularis* from the other syntopic species, *M. leprosa*. Second, the sampling effort was substantial, occurring once every fortnight over four months in four consecutive years. Third, because Algeria covers a huge area, applying more thorough spatial coverage approaches is difficult, labor-intensive, and would take years of monitoring.

In the field, we interviewed traditional fishermen, nearby farmers, and residents about turtle aggregation sites. All wetland types (large, small, artificial or natural) were considered in the data collection effort. Suspected sites were visited at a frequency of once every two weeks until the end of the sampling period, limited to the end of July, and stopped at a site only when the presence of terrapins was confirmed.

Turtle detection was performed using a Konuspot (Konuspot-60 C: 7125) ornithological telescope (20–60 × 60). The identification of *E. orbicularis* was based on distinctive external morphological characters (size, shape and color of the head, carapace, plastron, limbs and tail) [9], photographed from a close distance, with a Tamron SP, 150–600 mm, F/5–6.3, Di VC USD G2, paired with a professional Canon wildlife camera (EOS 7D Mark II).

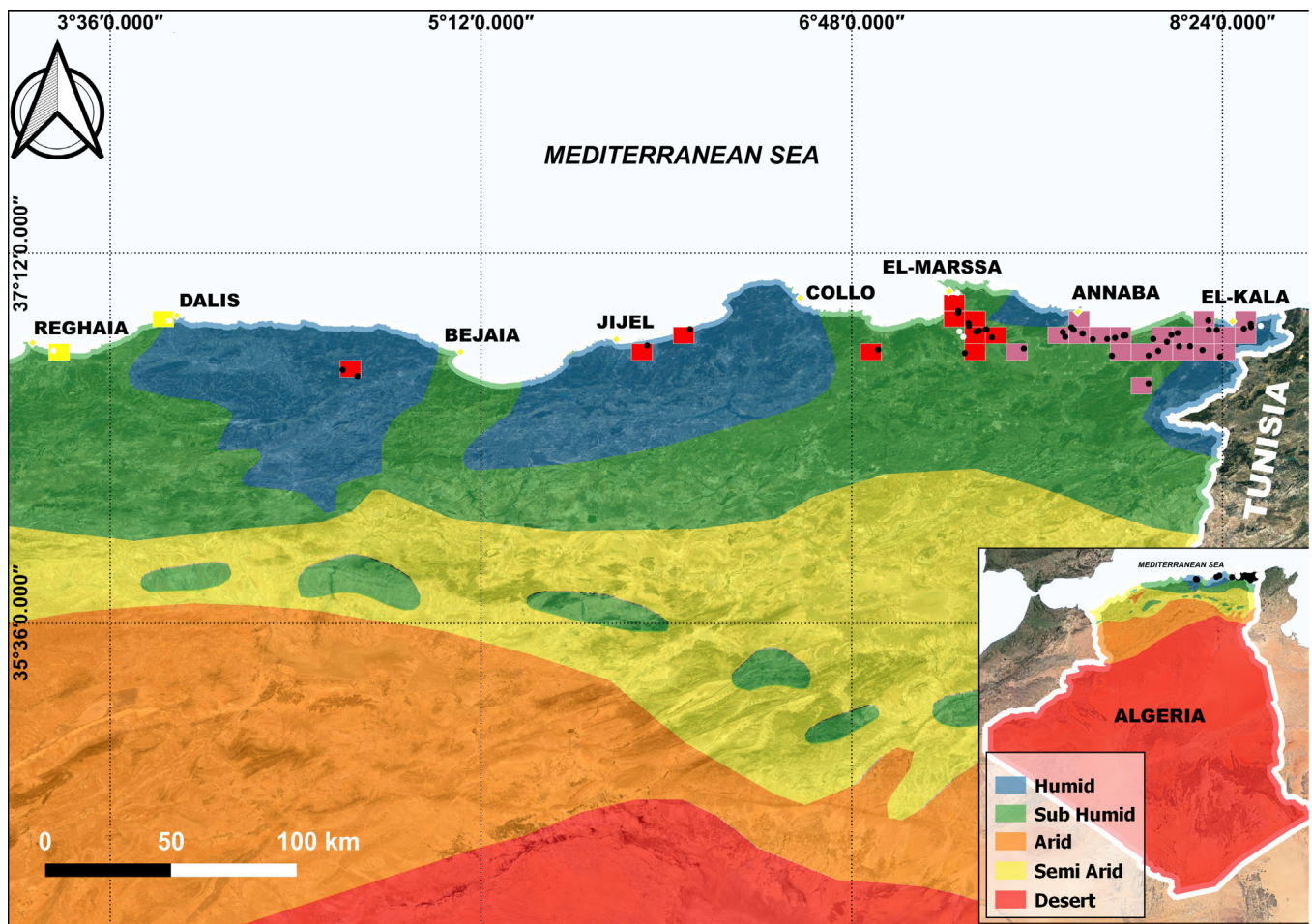
### 2.3. Geographical Analysis

For spatial representation we aggregated the distribution records to the Universal Transverse Mercator (UTM) grid system at a spatial resolution of 100 km<sup>2</sup> (10 × 10 km). We performed all spatial analyses in Q-GIS (3.28.4 Firenze). Recent bibliographic data collected in the Maghreb region were integrated with our new Algerian data for an overall assessment of distribution.

## 3. Results

### 3.1. Distribution of *Emys orbicularis* in Algeria

Based on historical documents, studies carried out during the last 25 years, and reports from the Algerian Forest Conservations, or National Parks, the presence of the species mentioned in the bibliography has been indicated exclusively in the wetland complexes of north-eastern and central Algeria, from the Tunisian border to the surroundings of Algiers. A total of 23,600 km<sup>2</sup> was surveyed over a horizontal strip near the coast with a maximum length of 590 km and a maximum width of 40 km (Figure 1). After checking all the sites indicated, the area occupied by the species was 2900 km<sup>2</sup>, representing 12.3% of the surveyed area and barely 0.12% of the total area of Algeria.



**Figure 1.** Distribution map of *E. orbicularis* in Algeria. Grid size was 10 km × 10 km UTM; light yellow squares—occurrence of the species suspected before 1891, but not confirmed during the present study; bright red squares—new areas of occurrence confirmed during the present study; pinkish purple squares—presence confirmed before 1891 and during the present study; white points—surveyed habitat without presence of *E. orbicularis*; black points—confirmed presence of *E. orbicularis*; The historical data before 1891 are taken from the following studies: [23–26].

Altogether, 54 wetlands were surveyed during the study period (Table 1), of which 45 (83%) were positive for the presence of *E. orbicularis*. Forty out of 45 positive sites (89%) were concentrated in the wetland complex of Numidia (ranging from Lake Tonga in El-Kala to the Guerbes-Sanhadja wetland complex in El Marsa), three (7%) in the Little Kabylia (at Collo and Jijel), and two (4%) in the Great Kabylia (at Bejaia). The detected distribution area in Numidia is uninterrupted, with 40 aligned populations interconnected by an extensive hydrographic network. However, the other five populations recorded in central and eastern Kabylia were fragmented and highly isolated.

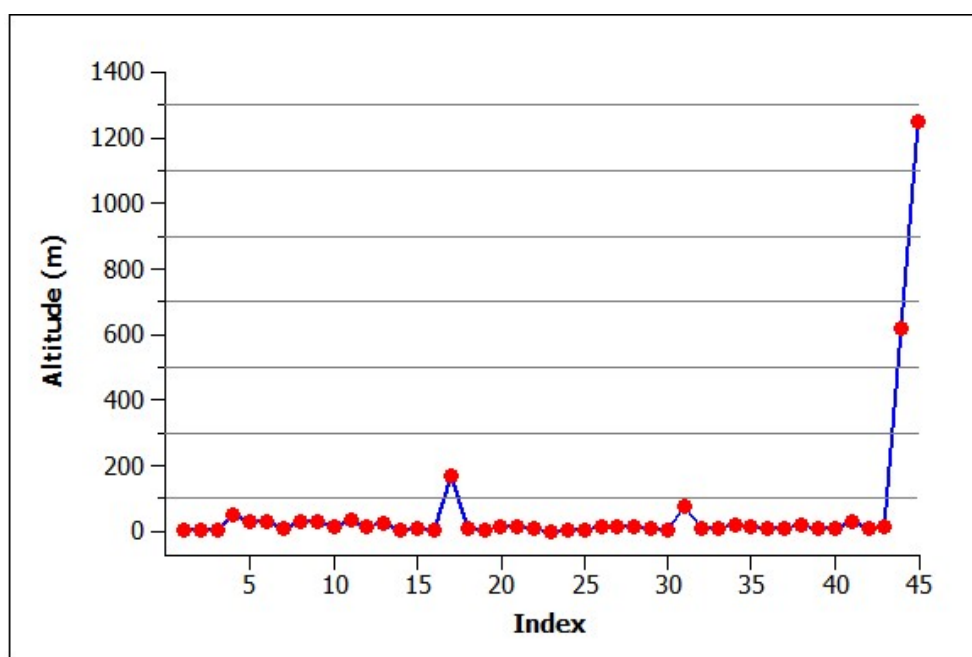
**Table 1.** An overview of the efforts made for the detection of *E. orbicularis* in the monitored sites. In 2020, due to travel restrictions related to health issues associated with COVID19, we carried out only four observations in the field.

Period, Year Field Monitoring Effort	1 April–31 July 2020	1 April–31 July 2021	1 April–31 July 2022	1 April–31 July 2023
Positive to one up to four field observations	2–4,11,20,22,26,29–31,34–35	2,11,22,26,29–31,34–35,37–44,46–47,49,52	2,10–11,14,17–18,20–22,26,29–31,34–35,37–44,46–47,49,52	2,11,14,17–18,21,26,29–31,34–35,37–44,46–47,49–52
Positive to five up to eight field observations	-	3,8,10,12,14,16–23,27–28,32–33,48,50–51	3–4,8,12,16,19,23,27–28,32–33,48,50–51	7–8,10,12,16,19–20,22–25,27–28,32,36
Negative at eight field observations		1,5,6,9,13,15,45,53–54	1,5–7,9,13,15,36,45,53–54	1,5–6,9,13,15,33,45,48,53–54

The monitored sites are organized according to their longitudinal position from east to west as follows: 1, Oued Draïdra; 2, Lake Tonga North East; 3, Messida Marsh; 4, Lake Tonga-Central North; 5, Oued El Frine; 6, Oued Bouhchicha; 7, Mexa Dam; 8, Lake Oubeira; 9, Oued El-Kbir Dam; 10, El Mallah Lagoon Swamp; 11, Blue lake; 12, Ain Khïar Alder grove; 13, Oued Gargour; 14, Bourdime Marsh; 15, Wlad Anane Pond; 16, Oum Laagareb swamp; 17, Black Lake Peat-bog; 18, Garaet Khoubzi; 19, Righia Swamp; 20, Garaet El-Touyour; 21, Sebaa Pond; 22, Mekhada Marsh-South; 23, Dike of the Chafia dam; 24, Dakhla Pond; 25, Stah Pond; 26, Mekhada Marsh-North; 27, Bounamousa Dam; 28, El-Chat Marsh; 29, Oued Boukhmira; 30, Sidi Salem Ponds; 31, Bousedra Marsh; 32, Zouzina Pond; 33, Tabacob Pond; 34, Cheaiba Pond; 35, Oued Bidari; 36, Fetzara Dewatering channel; 37, Lake Guirech; 38, Barket El Khwaled; 39, Garaet Zawiya; 40, Gareat Khmisa; 41, Garaet Tabga; 42, Garaet Sidi Makhlouf; 43, Garaet Lihlaymia; 44, Oued Berka Zarga; 45, Lake Hadj Tahar; 46, Gareat Mamri; 47, Garaet Khellalba; 48, Mazaat Hmidani Pond; 49, Lake Beni Belaid; 50, Rajla Marsh; 51, Alsus Pond; 52, Akfadou Black Lake; 53, Oued Sebaou; 54, Lake Reghaia.

### 3.2. Climate and Elevation of Habitats

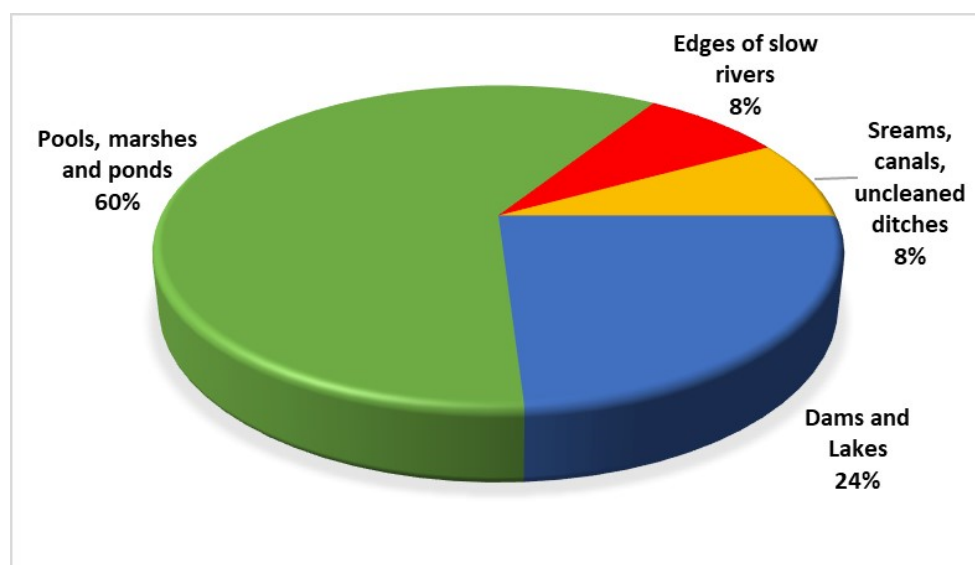
The wetlands inhabited by the turtles belonged to the sub-subhumid climate (64%), and to the humid climate (36%) (Figure 1). Most of these habitats (43 patches) were located between 1 and 170 m in altitude, with all but one of them below 100 m a.s.l. (Figure 2). As an outlier we consider two populations recorded at 618 m a.s.l. and 1246 m a.s.l. in the Akfadou Mountains (Alsus and Black-Lake marshes).



**Figure 2.** Altitude of *E. orbicularis* habitats in Algeria. The habitats are aligned according to their longitudinal position.

### 3.3. Diversity of Inhabited Biotopes

The European pond turtles have only been observed in freshwater habitats. They were mainly found in stagnant water in 84% of occupied habitats, mostly in shallow water (pools, marshes, ponds, and swamps), and sometimes on the banks of deep water (dams and lakes). They also sporadically inhabited slow-moving water bodies, both wide (slow rivers, river banks), especially their deltas, and even narrow (brooks, streams, drainage canals, uncleaned ditches), at a rate of 8% each (Figure 3).



**Figure 3.** Habitat types inhabited by *E. orbicularis* in Algeria.

### 3.4. Conservation Status of Algerian Habitats of *Emys orbicularis*

Of the 45 wetlands inhabited by the European pond turtle, 23 (51%) sub-populations were found in 12 Ramsar sites, three sub-populations (7%) were found in three dams, and the remaining 19 (42%) were located in unprotected areas. Without exception, all of the Ramsar coastal wetlands, from El Kala to Jijel, have hosted European pond turtles. The 12 Ramsar wetlands that were inhabited are Lake Tonga, Lake Oubeira, Blue Lake, El-Melah swamp, Ain-Khiar Alder grove, Bourdim marsh, Oum-Laagareb swamp, Black Lake Peat-bog, Garaet El-Touyour, Mekhada marsh, Lake Fetzara, the wetland complex of Guerbes Sanhadja, and Lake Beni-Belaid.

## 4. Discussion

### 4.1. Distribution of *E. orbicularis* in Algeria

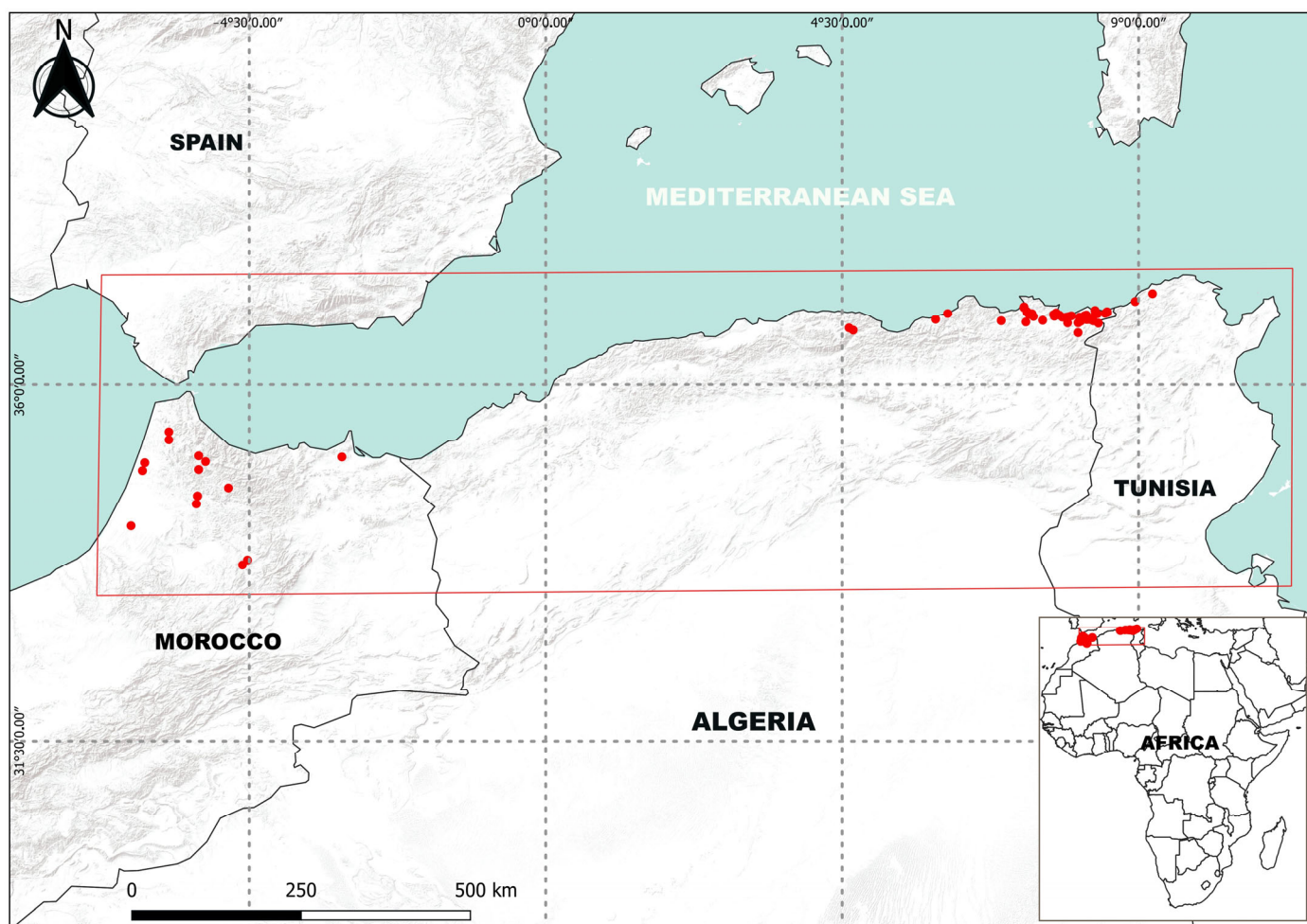
The distribution range of *E. orbicularis* in Algeria remained rather understudied, with limited reports published recently [1,32–34]. The data presented here help to fill these gaps in knowledge on the Algerian populations and to complete the view on distribution of the species in the Maghreb, since in comparison, the distribution in Morocco and Tunisia is well-documented, e.g., [5,16–18,21,35,53]. Lake Tonga in El-Kala National Park and the Boukhmira estuary in Annaba, located 10 km and 60 km from the Algerian-Tunisian border, respectively, were the only confirmed Algerian populations [1,34]. The presence of the species was also noted in the faunal checklists of the Guerbes-Sanhadja wetland complex and Lake Beni-Belaid [32,33]. Currently, forty-five populations are known to occur in Algeria. These range from Lake Tonga, which would be the easternmost, to the Black Lake of Akfadou in the center of coastal plain, covering a coastal strip 490 km long and 40 km wide. The current distribution reveals that the species has persisted for more than 130 years in the extreme northeast of the country, particularly in Annaba, El Kala, and their surroundings [23–26]. There, the species occupies patches densely interconnected by a rich and ramified hydrographic network. Even if presently, this study also resolves the existence

of the species in Kabylia, which was a subject of debate in historical documents [24,26]. We cannot conclude that the populations are perpetuated in this area, given that their presumed historical presence in the Sebaou River, the largest in Great Kabylia, has been rejected by the herpetologists of that time. We did not observe *E. orbicularis* at the mouth of the Oued Sebaou (Figure 1), but the closest two water bodies in the Akfadou Mountains (Bejaia), which are part of the hydrographic network that feeds it during rainy periods [62] were inhabited by this turtle species. Moreover, the first and only mention of the species' presence was suggested in Little Kabylia at the lake of Beni-Belaid (Jijel) in 2000 [33]. The authors commented that it was unexpected in this region, far from its known range in the extreme northeast. We confirm the persistence of this population in the form of a peripheral patch and the existence of another one nearby, a few kilometers away. Overall, there is evidence for the stability of the Numidian metapopulation and even for its expansion further west and as far as Kabylia. None of the recent reports and studies that we are aware of have mentioned pond turtles further west, not even in adjacent Algiers. We did not find any *E. orbicularis* at the Reghaia wetland, the only Ramsar site around Algiers. Nevertheless, this can in no way refute Guichenot's historical document [28], which claims to have observed the species in large numbers in almost all Algiers waters during the years 1840–1842, nor does it support the hypothesis of his successors [24,26], who believe that he confused it with *M. leprosa*, as they did not observe it during their field trips.

The clustering of 40 populations over the Numidian wet complex, in the northeasternmost region between El Kala and the east of Skikda, allows us to deduce the central core of the Algerian populations. The spatial proximity, density, and good hydrographic connection of the areas identified mainly in Numidia, led us to believe that there is a permanent genetic exchange between the adjacent populations so that they function according to a metapopulation model [63]. Moreover, the absence of the species from the three previously occupied sites in Numidia (see Figure 1) does not necessarily imply definitive extinction. It is well-known that local disappearance and re-colonization of previously occupied habitats are attributes of *E. orbicularis* spreading dynamics, and these localities can be re-colonized from adjacent habitats [64]. Suitable water, food, and mate, as well as insolation, overwintering, egg-laying, and estivation sites, are the key life cycle elements that pond turtles constantly seek. If not satisfied in a single habitat with low competition, they will adopt partial or permanent movements between different patches, providing all or part of their needs [39,63–65]. The congregation of the species in the coastal strip of the Numidian wetland complex, which is rich in water bodies, suggests that this area provides all its needs in the adjacent patches. However, when the connectivity between colonized habitats is weakened or lost due to distance, individuals lost through dispersal or migration cannot be compensated [63,64,66]. Highly isolated populations end up being surrounded by barriers of unfavorable habitats and are less able to react effectively to significant degradation of their environment, and even less when they live on small surfaces, increasing the risk of local extinction [67,68]. The five highly isolated peripheral populations recorded in eastern and central Kabylia are therefore at risk of local extinction, especially in the case of small areas, such as Lac Noir and the Assous Pond, which occupy small areas of less than 3 ha.

We filled the Algerian gap in our knowledge of the distribution of *E. orbicularis* in the Maghreb. Currently, two distinct aggregates occur in the Maghreb, separated by over 700 km of mountains, plains, and highlands. One is in Morocco, covering a large area between the Gharb plains and the Rif mountains, and the second is on both sides of the Algerian-Tunisian border (Figure 4). The two population aggregates were determined to belong to two different evolutionary lineages, *E. o. occidentalis* and a yet undescribed taxon, respectively [58]. Although restricted to a wide strip along the coast area, the census of many populations in Algeria testifies to a relatively better conservation status of the undescribed taxon, especially in Numidia. Comparing Tunisia, of the 48 wetlands surveyed across the north in 2017–2018, there were only two sites in Kroumiria in the northwest where *E. orbicularis* were found [18]. The species had disappeared over two decades from

11 relict habitats it had previously occupied [21,22]. It should be noted that the landscapes and environmental conditions on both sides of the border are identical in Numidia, which stretches from El-Marsa in Algeria to Kroumiria in Tunisia [69]. The isolation of the eastern population of the species in the geographical area of Kabylia-Numidia-Kroumiria once again reinforces the qualification of this entity as a biodiversity hotspot and as a center of endemism in the whole Mediterranean [69,70]. The western North African taxon, endemic to Morocco, is in a more critical situation because it is highly fragmented over a relatively large geographic area [17].



**Figure 4.** Distribution of *E. orbicularis* in Maghreb. The Moroccan data were taken from the study conducted by Velo-Antó et al. [17], and of the Tunisian from El Hili et al. [18].

#### 4.2. Climate and Elevation of Occupied Habitats

Between the two wetland complexes, from El-Kala, close to the Tunisian border, to the black lake of Akfadou in Bejaia, the Algerian populations were found exclusively in the sub-humid and humid zones. It is precisely under the same bioclimatic floor where we have always detected the Maghreb populations, including those that had become locally extinct, e.g., [5,16–18,21,22,35,53,55,56]. The peculiarity of the Algerian regions belonging to the humid and sub-humid climates is that they are endowed with a greater density and heterogeneity of habitats favorable to the European pond turtle [35]. It is estimated that nearly 1.2 million hectares of wetlands are located in the northeastern region. This is almost one-third of the total wetlands in Algeria, spread over the humid and sub-humid climates (calculated based on the General Directorate of Forests report [71]). However, the whole European and Asian range of the species covers wider variety of climate zones from humid to arid, e.g., [35,43,46].

All Maghrebian pond turtle populations studied to date, including this study, occur in lowlands below 250 m a.s.l., e.g., [5,16,17,21,33]. As exceptional we consider two Algerian isolated populations recorded at 618 m a.s.l. and 1246 m a.s.l. in the Akfadou mountains (the present study) and two other Moroccan populations recorded at 1300 m a.s.l. and 1680 m in the Middle Atlas [17,35]. This finding is consistent with studies conducted throughout the northern Mediterranean, where the species is known to prefer lowlands [36,41,45,46,46,50]. Altitudinal distribution has reached 1500 m a.s.l. in Serbia and Italy [72,73].

#### 4.3. Diversity of Occupied Habitats

European pond turtles mainly inhabit stagnant or slow-moving waters at shallow depths, ranging from 10 cm to a few meters [36,45,52,74], corresponding to the depth range observed in this study. It prefers muddy wetlands with abundant aquatic and riparian vegetation [11,52]. The diversity of lentic and lotic waters occupied by the species in Algeria, including pools, marshes, swamps, ponds, canals, and the edges of slow rivers and streams, reflects the wide range of its habitat preferences [35,36,41,44,46,52].

#### 4.4. Conservation Status of Occupied Habitats

Habitat fragmentation, modification, and alteration are the primary threats endangering the European pond turtle [11–15]. In addition, there are the consequences of various interactions with human presence that have a direct impact on the turtles. These include mortality from nearby roads, freshwater maintenance, accidental fishing, and agricultural activities, which can also destroy eggs [75,76]. While these activities have not been measured to determine how they affect turtle distribution, it is known that they are less pronounced in protected areas. Altogether, 58% of Algerian populations of *E. orbicularis* have been recorded at protected Ramsar sites or dams, of which 98% are in the Numidia region. It seems to be the only vertebrate to be found in all 12 Ramsar coastal sites, from Tonga in El Kala to Beni-Belaid in Jijel, making it an excellent bioindicator of the high habitat quality. This is reassuring since it is in protected areas that programs to protect, restore, or rehabilitate terrapin populations have been more successful, e.g., [38,39,46–48,72,76]. The requirements of this threatened species should be effectively supported by implementing specific conservation measures inside and outside protected areas. To manage the wetlands for the needs of the European pond turtle, it is necessary to manage the floating vegetation, the flooded rushes and reeds, and the surrounding area and nesting sites on the nearby dry perimeter [75]. This should be performed while reducing the risk of mortality associated with freshwater maintenance and weeding activities on the dry periphery.

### 5. Conclusions

The present study provides the first complete data on the distribution and conservation status of the European pond turtle *E. orbicularis* in Algeria. Even though it is an isolated metapopulation in a restrained geographical area, it is the most stable Maghrebian distribution observed in recent years. Presumably, the studied localities provide the species with a habitat quality appropriate to its environmental requirements. The favorable climatic conditions, low elevation, population connectivity, habitat diversity, and limited anthropogenic impact, when some localities also enjoy the benefit of legal protection, allow us to formulate a positive finding on the stability of the Algerian populations. This positive outlook does not apply to the populations of Kabylia that are at high risk of local extinction. Populations of the Akfadou Mountains, which occur in small areas, are even more at risk. Nevertheless, it would be inappropriate not to consider the entire Maghreb scale, which remains a region highly vulnerable to the extinction of the species. Tunisian populations are currently on the brink of local extinction, and Moroccan populations are also threatened due to their isolation and high fragmentation. This is why follow-up and monitoring programs should be suggested following this work, with special attention to highly isolated populations. The measures to be implemented urgently should reduce the speed of the first phase of the local extinction that we are experiencing. This concerns the disappear-

ance of the relay sites forming biocorridors, which disconnect distant populations. It is imperative to prevent degradation from progressing to the final stage, where fragmented and highly isolated populations lose their resilience and local extinctions can no longer be compensated for by re-colonization or sufficient regeneration rates. Once started, erosion is progressive. Therefore, conservation efforts must take into account all three levels of habitat. The first level relates to large-surface-area sites that support healthy turtle populations and for which it would be reassuring to maintain their integrity. The second level focuses on smaller connected sites that are distinguished by their ecological significance (relay habitats, source populations, sink populations, secondary habitats), for which it is vital to maintain and repair their ecological networks. The third level concerns small, fragmented, and highly isolated populations, whose persistence depends on successful long-term action to improve their connectivity and dynamics. We see this paper as a call to action for all local and national environmental and biodiversity stakeholders to raise awareness about saving this species throughout the Maghreb.

Furthermore, to accurately assess the biogeography of European pond turtles in Algeria and thus improve our understanding of the species evolution in this region, a comprehensive genetic analysis using a robust genetic data set of populations' mitochondrial and microsatellite DNA is required.

**Author Contributions:** Conceptualization, G.T.; methodology, G.T., M.T.-S. and N.G.; software, G.T. and A.B.; validation, G.T., Z.B. and P.Š.; formal analysis, G.T.; investigation, N.G., K.D., C.M. and G.T.; resources, G.T., Z.B. and P.Š.; data curation, N.G. and G.T.; writing—original draft preparation, G.T. and M.T.-S.; writing—review and editing, G.T., N.G., M.T.-S., Z.B. and P.Š.; visualization, G.T.; supervision, G.T.; project administration, G.T.; funding acquisition, G.T., Z.B. and P.Š. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by the University of Veterinary Sciences Brno, grant number 2023ITA22.

**Institutional Review Board Statement:** The ethical approvals regarding animal handling were obtained through University Research and Training Projects (Project code: D00L02UN360120190001), by the Ethical Committee of the Directorate General for Scientific Research and Technological Development, which is under the direction of the Algerian Ministry of Higher Education and Scientific Research. The realization of the sampling protocol was approved by the direction of fisheries and aquaculture of Annaba province (976/2021—Certificate of authorization issued on 1 May 2021), as well as the direction of the El Kala National Park (248/PNEK/2022—Certificate of authorization issued on 20 April 2021), which manage the sampled habitats.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available because the authors will use them in future research.

**Acknowledgments:** We would like to thank the local Forest Conservations and National Parks, who helped us to establish contacts with the concerned services, gave us unpublished reports on the fauna counted in their sectors, guided us, and assisted us on the field: We thank NP of El Kala; Grira Abdesselam (N.P. El-Kala); Allem Mohcen (F.C. Annaba); Abed Labiod (N.P. Taza-Jijel); Circonscription of Adekar-Bejaia; Djardini Houari (G.F.C.); Saadane Bourourou (Circonscription of Ansar-Jijel).

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.

## References

1. Tiar-Saadi, M. Bioécologie des Tortues D'eau en Algérie. Ph.D. Thesis, Département de Biologie, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 2018.
2. Tiar, G.; Boudebza, R.; Souallem, I.; Tiar-Saadi, M. Enquête sur l'ampleur du ramassage illégal des tortues terrestres sauvages: Pratique non suffisamment contrôlée en Algérie (cas de la Wilaya d'El Tarf, nord-est algérien). *Rev. Algérienne Sci. A* **2019**, *2*, 71–75.
3. Gahmous, S.A.; Tiar, G.; Tiar-Saadi, M.; Bouslama, Z.; Široký, P. Reproductive traits demonstrate how well the Mediterranean stripe-necked turtle *Mauremys leprosa* can flourish under highly degraded–polluted conditions. *Biology* **2022**, *11*, 1562. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Tiar-Saadi, M.; Tiar, G.; Bouslama, Z.; Široký, P. Mechanisms determining body size and shape difference in Algerian spur-thighed tortoises (*Testudo graeca*). *Animals* **2022**, *12*, 1330. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Fritz, U. Die Europäische Sumpfschildkröte Laurenti Verlag. Suppl. Z. *Feldherpetol.* **2003**, *1*, 224.
6. Ernst, C.H.; Barbour, R.W.; Altenburg, R.G.M. *Turtles of the World*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1989; Volume 272.
7. Fritz, U. *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758)—Europäische Sumpfschildkröte. *Aula Verlag. Handb. Reptil. Amphib. Eur.* **2001**, *3*, 343–515.
8. Sillero, N.; Campos, J.; Bonardi, A.; Corti, C.; Creemers, R.; Crochet, P.-A.; Isailović, J.C.; Denoël, M.; Ficetola, G.F.; Gonçalves, J. Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe. *Amphib. Reptil.* **2014**, *35*, 1–31. [[CrossRef](#)]
9. Seidel, M.; Ernst, C. A systematic review of the turtle family Emydidae. *Vertebr. Zool.* **2017**, *67*, 1–122. [[CrossRef](#)]
10. Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group Nature (IUCN), International Union for Conservation of Nature. *IUCN Red List of Threatened Species*; IUCN: Gland, Switzerland, 1996.
11. Ficetola, G.F.; Padoa-Schioppa, E.; Monti, A.; Massa, R.; Bernardi, F.D.; Bottoni, L. The importance of aquatic and terrestrial habitat for the European pond turtle (*Emys orbicularis*): Implications for conservation planning and management. *Can. J. Zool.* **2004**, *82*, 1704–1712. [[CrossRef](#)]
12. Mollov, I.A. Influence of urbanization on the populations of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L., 1758) in the city of Plovdiv (Bulgaria). *Ecol. Balk.* **2019**, *11*, 269–278.
13. Stanford, C.B.; Iverson, J.B.; Rhodin, A.G.; Van Dijk, P.P.; Mittermeier, R.A.; Kuchling, G.; Berry, K.H.; Bertolero, A.; Bjorndal, K.A.; Blanck, T.E. Turtles and tortoises are in trouble. *Curr. Biol.* **2020**, *30*, R721–R735. [[CrossRef](#)]
14. Nekrasova, O.; Marushchak, O.; Pupins, M.; Skute, A.; Tytar, V.; Čeirāns, A. Distribution and potential limiting factors of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in eastern Europe. *Diversity* **2021**, *13*, 280. [[CrossRef](#)]
15. Ayaz, D.; Bayrakci, Y.; Çiçek, K.; Ihlow, F.; Tok, C.V.; Fritz, U. On the brink of extinction: Results of a 20-year quest for Eiselt's pond turtle (*Emys orbicularis eiselti*) in southeastern Turkey. *Chelonian Conserv. Biol.* **2021**, *20*, 222–230. [[CrossRef](#)]
16. Mediani, M.; Amezian, M.; Tattou, M.I.; Benhoussa, A.; Idrissi, H.R.; El Agbani, M.A.; Qninba, A. Nouvelles Citations de Deux Espèces Reliques Paléarctiques, *Emys orbicularis* Linnaeus, 1758 et *Vipera latastei* Boscá, 1878 Dans La Péninsule Tingitane (Rif Occidental, Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat.* **2009**, *31*, 99–102.
17. Velo-Antón, G.; el Marnisi, B.; Fritz, U.; Fahd, S. Distribution and conservation status of *Emys orbicularis* in Morocco. *Vertebr. Zool.* **2015**, *65*, 131–134. [[CrossRef](#)]
18. El Hili, R.A.; Verneau, O.; Jrijer, J.; Achouri, M. Reassessment of distribution and conservation status of freshwater turtles (Testudines) in Tunisia. *Salamandra* **2020**, *56*, 362–372.
19. Chaignon, V.H. Contributions à l'histoire Naturelle de la Tunisie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Autun* **1904**, *17*, 1–280.
20. Imprimerie et Librairie Dejussieu (Ed.) *Société d'Histoire Naturelle d'Autun Dix-Septième Bulletin*; La Société: Autun, France, 1905.
21. Blanc, C.P. Notes Sur Les Reptiles de Tunisie. III. Distribution et Perspectives de Protection Des Tortues Terrestres et Dulçaquicoles. *Arch. Inst. Pasteur Tunis* **1978**, *55*, 55–66.
22. Nouira, S. L'Herpétofaune. In *Biodiversité Des Écosystèmes Côtiers et Des Zones Humides Du Cap-Bon, Tunisie*; MedWetCoast, 2001; pp. 121–138. Available online: [https://www.lacerta.de/AF/Bibliografie/BIB\\_13508.pdf](https://www.lacerta.de/AF/Bibliografie/BIB_13508.pdf) (accessed on 3 August 2023).
23. Eichwald, E. Naturhistorische Bemerkungen über Algiers Und Den Atlas IX (Kept, and Batr.). *Mem. Soc. Nat. Mosc.* **1851**, *2*, 414–444.
24. Strauch, A. *Essai D'une Erpétologie de l'Algérie*; Commissionnaires de l'Académie Impériale des Sciences: Bavaria, Germany, 1862.
25. Lallemand, C. *Erpétologie de l'Algérie ou Catalogue Synoptique et Analytique des Reptiles et Amphibies de la Colonie*; Savy: Paris, France, 1867.
26. Boulenger, G.A. Catalogue of the reptiles and batrachians of Barbary (Morocco, Algeria, Tunisia), based chiefly upon the notes and collections made in 1880–1884 by M. Fernand Lataste. *Trans. Zool. Soc. Lond.* **1891**, *13*, 93–164. [[CrossRef](#)]
27. Service Algérien de la Carte Géologique. *Bulletin: Stratigraphie de l'Algeria, Service de la Carte Géologique*; Imp. de l'Université; Y. Cadoret: Paris, France, 1935.
28. Guichenot, A. Histoire Naturelle Des Reptiles et Des Poissons de l'Algérie. [Section 2] Sciences Physiques. Zoologie. In *Exploration Scientifique de l'Algérie Pendant les Années 1840, 1841, 1842) par Ordre du Gouvernement et avec le Concours D'une Commission Académique*; Arthus Bertrand, Imprimerie Nationale: Paris, France, 1850.
29. Doumergue, F. *Essai sur la Faune Erpétologique de l'Oranie: Avec des Tableaux Analytiques et des Notions Pour la Détermination de Tous Les Reptiles & Batraciens du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie. Extrait du Bulletin de la Société de Géographie et d'Archéologie d'Oran*; T. XIX à XXI; Imprimerie Typographique et Lithographique; L. Fouque: Oran, Algeria, 1901.

30. Société Centrale d'Aquiculture et de Pêche. *Bulletin de la Société Centrale d'Aquiculture et de Pêche*; La Société: Urbana, IL, USA, 1912; Volume 24—25.
31. Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société D'histoire Naturelle de L'Afrique du Nord*; La Société: Urbana, IL, USA, 1913.
32. Samraoui, B.; De Belair, G. The Guerbes-Senhadja wetlands (NE Algeria). Part I: An overview. *Ecologie* **1997**, *28*, 233–250.
33. De Belair, G.; Samraoui, B. L'éco-complexe Des Zones Humides de Beni-Belaid: Un Projet de Réserve Naturelle. *Sci. Technol. A Exactes Sci.* **2000**, *14*, 115–124.
34. Tiar-Saadi, M.; Tiar, G.; Bouslama, Z.; Široký, P. First data on the population of the European pond turtle *Emys orbicularis* at Lake Tonga, El Kala National Park, Algeria. *Biologia* **2017**, *72*, 819–824. [[CrossRef](#)]
35. Escoriza, D.; Ben Hassine, J. Niche separation among North-West African semi-aquatic reptiles. *Hydrobiologia* **2017**, *797*, 47–56. [[CrossRef](#)]
36. Segurado, P.; Araújo, A.P.R. Coexistence of *Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa* in Portugal at two spatial scales: Is there evidence of spatial segregation. *Biologia* **2004**, *59*, 61–72.
37. Mascort, R. Distribution and status of the European pond turtle, *Emys orbicularis*. *Catalonia. Mertensiella* **1998**, *10*, 177–186.
38. Andueza, I.L.; Alcaide, V.S. Advances in the action plan for *Emys orbicularis* in the Valencia region, Spain. *Biol. Bratisl.* **2004**, *59*, 173–176.
39. Cadi, A.; Nemoz, M.; Thienpont, S.; Joly, P. Home range, movements, and habitat use of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Rhône-Alpes region, France. *Biologia* **2004**, *59*, 89–94.
40. Cadi, A.; Nemoz, M.; Thienpont, S.; Joly, P. Annual home range and movement in freshwater turtles: Management of the endangered European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Rev. Esp. Herp* **2008**, *22*, 71–86.
41. Zuffi, M.A.L. Conservation biology of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L.) in Italy. *Stapfia* **2000**, *69*, 219–228.
42. Govedič, M.; Vogrin, M.; Bordjan, D.; Bombek, D.; Denac, D.; Gregorc, T.; Janžekovič, F.; Kirbiš, N.; Vamberger, M. New data on distribution of the European pond turtle *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) in the Podravje region (NE Slovenia). *Nat. Slov.* **2016**, *18*, 77–82.
43. Krizmanić, I.; Urošević, A.; Simović, A.; Krstić, M.; Jović, D.; Ajtić, R.; Anđelković, M.; Slijepčević, M.; Đorđević, S.; Golubović, A. Updated distribution of the European pond turtle *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) and its conservation issues in Serbia. *Arch. Biol. Sci.* **2015**, *67*, 1043–1053. [[CrossRef](#)]
44. Sacdanaku, E.; Haxhiu, I. Distribution, habitats and preliminary data on the population structure of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), in Vlora Bay, Albania. *Acta Zool. Bulg.* **2017**, *10*, 9–14.
45. Puky, M.; Gémesi, D.; Schád, P. Distribution of *Emys orbicularis* in Hungary with notes on related conservational and environmental education activities. *Biol. Bratisl.* **2004**, *59*, 55–60.
46. Horváth, E.; Martvoňová, M.; Danko, S.; Havaš, P.; Kaňuch, P.; Uhrin, M. Distribution range and population viability of *Emys orbicularis* in Slovakia: A review with conservation implications. *Nat. Conserv.* **2021**, *44*, 141. [[CrossRef](#)]
47. Rybacki, M.; Maciantowicz, M. Status, Distribution and protection of the European pond turtle (*Emys orbicularis*, L.) in western Poland. *Rev. Esp. Herp* **2008**, *22*, 131–137.
48. Meeske, A.C.M.; Pupins, M.; Rybczynski, K. Erste Ergebnisse zur Verbreitung und zum Status der Europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) am nördlichen Rand ihrer Verbreitung in Litauen und Lettland. *Z. Feldherpetologie* **2006**, *13*, 71–99.
49. Kotenko, T. Distribution, habitats, abundance and problems of conservation of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Crimean (Ukraine): First results. *Biol. Bratisl.* **2004**, *59*, 33–46.
50. Bîrsan, C.-C.; Iosif, R.; Székely, P.; Cogălniceanu, D. Spatio-temporal bias in the perceived distribution of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), in Romania. *Acta Zool. Bulg.* **2017**, *10*, 37–41.
51. Khabibullin, V. Distribution of *Emys orbicularis* in the South Urals, Russia. *Biol. Bratisl.* **2004**, *59*, 27–32.
52. Mazanaeva, L.; Orlova, V. Distribution and ecology of *Emys orbicularis* in Dagestan, Russia. *Biol. Bratisl.* **2004**, *59*, 47–53.
53. Loveridge, A.; Williams, E.E. Revision of the African tortoises and turtles of the suborder Cryptodira. *Bull. Mus. Comp. Zool.* **1957**, *115*, 163–557.
54. Bons, J.; Geniez, P. *Amphibiens et Reptiles du Maroc, Atlas Biogéographique*; AHE: Barcelona, Spain, 1996.
55. Real, R.; Pleguezuelos, J.M.; Fahd, S. The distribution patterns of reptiles in the Riff region, northern Morocco. *Afr. J. Ecol.* **1997**, *35*, 312–325. [[CrossRef](#)]
56. Fahd, S.; El Marnisi, B.; Mediani, M.; Fritz, U. Zur Verbreitung Und Zum Bedrohungsstatus Der Europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) in Marokko. *Elaphe* **2009**, *17*, 30–33.
57. Fritz, U.; Guicking, D.; Kami, H.; Arakelyan, M.; Auer, M.; Ayaz, D.; Fernández, C.A.; Bakiev, A.; Celani, A.; Džukić, G.; et al. Mitochondrial phylogeography of European pond turtles (*Emys orbicularis*, *Emys irinacris*)—An update. *Amphib. Reptil.* **2007**, *28*, 418–426. [[CrossRef](#)]
58. Stuckas, H.; Velo-Antón, G.; Fahd, S.; Kalboussi, M.; Rouag, R.; Arculeo, M.; Marrone, F.; Sacco, F.; Vamberger, M.; Fritz, U. Where are you from, stranger? The enigmatic biogeography of North African pond turtles (*Emys orbicularis*). *Org. Divers. Evol.* **2014**, *14*, 295–306. [[CrossRef](#)]
59. Messaoudene, M.; Tessier, L. Relations Cerne-Climat Dans des Peuplements de Quercus Afares Willd et Quercus Canariensis Pomel en Algérie. *Ann. Sci. For.* **1997**, *54*, 347–358. [[CrossRef](#)]

60. Bouldjedri, M.; de Bélair, G.; Mayache, B.; Muller, S.D. Menaces et Conservation Des Zones Humides d’Afrique Du Nord: Le Cas Du Site Ramsar de Beni-Belaid (NE Algérien). *Comptes Rendus Biol.* **2011**, *334*, 757–772. [[CrossRef](#)]
61. Lemdani, S.; Ouaked, L. Etude D’une Zone Humide Montagneuse en Kabylie Cas Du: Lac Noir d’Akfadou. Master’s Thesis, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algeria, 2020.
62. Laribi, M.; Derridj, A.; Acherar, M. Phytosociologie de La Forêt Caducifoliée à Chêne Zéen (*Quercus Canariensis* Willd.) Dans Le Massif d’Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie, Algérie). *Fitosociologia* **2008**, *45*, 77–92.
63. Clarté, P.; Pinet, F.; D’amico, F. Importance Des Habitats Terrestres Dans La Dynamique d’occupation d’*Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) Sur Le Site Natura 2000 «Grande Brenne». *Naturae* **2020**, *4*, 71–84. [[CrossRef](#)]
64. Roe, J.H.; Brinton, A.C.; Georges, A. Temporal and spatial variation in landscape connectivity for a freshwater turtle in a temporally dynamic wetland system. *Ecol. Appl.* **2009**, *19*, 1288–1299. [[CrossRef](#)]
65. Roe, J.H.; Georges, A. Maintenance of variable responses for coping with wetland drying in freshwater turtles. *Ecology* **2008**, *89*, 485–494. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
66. Cushman, S.A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biol. Conserv.* **2006**, *128*, 231–240. [[CrossRef](#)]
67. Gilpin, M.E.; Soulé, M.E. *Minimum Viable Populations: Processes of Species Extinction*; Soulé, M.E., Ed.; Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity; Sinauer Associates: Sunderland, MA, USA, 1986; pp. 19–34.
68. Harrison, S. Local extinction in a metapopulation context: An empirical evaluation. *Biol. J. Linn. Soc.* **1991**, *42*, 73–88. [[CrossRef](#)]
69. Medail, F.; Quezel, P. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin. *Ann. Mo. Bot. Gard.* **1997**, *84*, 112–127. [[CrossRef](#)]
70. Véla, E.; Benhouhou, S. Évaluation d’un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes Rendus Biol.* **2007**, *330*, 589–605. [[CrossRef](#)]
71. General Directorate of Forests Stratégie Nationale de Gestion Écosystémique des Zones Humides d’Algérie. FAOLEX. Available online: <https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC210820/> (accessed on 3 August 2023).
72. Crnobrnja-Isailović, J.; Mesaroš, G. Conservation activities for the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in Serbia. *Herpetol. Notes* **2013**, *6*, 119–123.
73. Ficetola, G.F.; Salvidio, S.; D’Angelo, S.; Bonardi, A.; Bottoni, L.; Canalis, L.; Crosetto, S.; Di Martino, S.; Ferri, V.; Filetto, P. Conservation activities for European and Sicilian pond turtles (*Emys orbicularis* and *Emys trinacris*, respectively) in Italy. *Herpetol. Notes* **2013**, *6*, 127–133.
74. Thienpont, S.; Cadi, A.; Quesada, R.; Cheylan, M. Overwintering habits of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Isère department (France). *Biol. Bratisl.* **2004**, *59*, 143–147.
75. Cadi, A.; Faverot, P. *La Cistude d’Europe—Gestion et Restauration des Populations et de Leur Habitat*; Guide Technique; Conservatoire Rhône-Alpes des Espaces Naturels: Vourles, France, 2004; 108p.
76. Gagno, S.; Jardé, N.; Marchis, N.; Ballouard, J.-M. Pressions Anthropiques Subies Par Les Chéloniens Dans Le Var-*Testudo hermanni* (Gmelin, 1789) et *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758): Premier Retour d’un Centre de Soins de La Faune Sauvage. *Bull. Soc. Herp. Fr.* **2013**, *145*, 157–168.

**Disclaimer/Publisher’s Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.