

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Université Badji Mokhtar -Annaba-



Faculté des Sciences  
Département de Biologie  
Laboratoire : Écologie des systèmes terrestres et aquatiques

## Thèse

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat :  
Filière : Ecologie et Environnement.  
Option : Biodiversité et Environnement.

**ASPECTS DE LA BIOLOGIE ET D'ÉCOLOGIE DE  
QUELQUES POPULATIONS DE LA TORTUE D'EAU  
MAUREMYS LEPROSA DANS LA RÉGION D'ANNABA**

Présentée par :  
GAHMOUS Sami Aymen

Devant le Jury :

Pr. BOUKHROUFA Fériel	Président	Professeur	Univ. UBMA
Pr. TIAR Ghoulem	Directeur de thèse	Professeur	Univ. UCBE
Pr. BOUSLAMA Zihad	Co-directeur de thèse	Professeur	Univ. UBMA
Dr. DRAIDI Khalil	Examineur	MCA	Univ. UBMA
Pr. SOUALAH Alila Hana	Examineur	Professeur	Univ. UCMSA
Dr. DJEMADI Imad	Examineur	MCA	École ESSAIA

2024 - 2025

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1. Position géographique de la Wilaya d'Annaba au nord-est.....	11
Figure 2. Réseau hydrographique et les sous bassin versant de la plaine d'Annaba.....	12
Figure 3. Situation géographique et géologique des plaines de la région d'Annaba.....	13
Figure 4. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	14
Figure 5. Carte de localisation du site d'étude Oued Boukhmira.....	17
Figure 6. Position du Parc National d'El Kala.....	20
Figure 7. Position géographique du lac Tonga.....	23
Figure 8. Carapace de l'Emyde lépreuse.....	26
Figure 9. <i>Mauremys leprosa</i> .....	26
Figure 10. Aire de répartition de <i>Mauremys leprosa</i> .....	30
Figure 11. Capture à la main et à l'aide d'un filet a manche ou filet verveux.....	38
Figure 12. Opération de stockage et libération des spécimens capturés.....	39
Figure 13. Marquage des Emydes.....	39
Figure 14. Quelques caractères morphologiques déterminant du sexe chez la tortue <i>M. leprosa</i> .....	40
Figure 15. Mensurations morphométriques générales.....	42
Figure 16. Carte du site de nidification de la tortue <i>Mauremys leprosa</i> .....	44
Figure 17. Carte de maillage utilisée.....	45
Figure 18. Les deux tailles extrêmes de ponte (un œuf et 16 œufs) détectées.....	50
Figure 19. Répartition des tailles de ponte dans les populations étudiées.....	51
Figure 20. Démonstration des différences morphométriques entre les oeufs.....	53
Figure 21. Régressions linéaires entre la taille corporelle et les tailles de ponte.....	54
Figure 22. Régressions linéaires entre la longueur moyenne et la largeur des œufs.....	55
Figure 23. Pourcentage de recouvrement de sol du site étudié.....	57
Figure 24. Richesse des taxons végétaux rencontrés sur le site de nidification.....	58
Figure 25. Recouvrement de sol du site étudié par familles de plantes.....	58
Figure 26. Recouvrement de sol du site étudié par espèces de plantes.....	59
Figure 27. Carte d'emplacement des nids de la tortue <i>M. leprosa</i> .....	60
Figure 28. Carte multiple d'occupation de sol du site étudiée par les plantes les plus dominantes.....	61

---

## LISTE DES PHOTOS

---

<a href="#">Photo 1. Vue d'ensemble du site d'étude Boukhmira.</a>	18
<a href="#">Photo 2. Vue des zones peu profondes périphérique du Lac Tonga.</a>	21
<a href="#">Photo 3. Juvénile <i>M. leprosa</i>, dont la carène médiane est bien visible.</a>	28
<a href="#">Photo 4. Nouveau nid <i>M. leprosa</i>.</a>	29
<a href="#">Photo 5. Palpation des femelles sur terrain à la recherche de présence des œufs.</a>	41
<a href="#">Photo 6. Mensuration morphométrique et du poids des œufs.</a>	43
<a href="#">Photo 7. Nids de la tortue <i>M. leprosa</i>.</a>	48
<a href="#">Photo 8. Site de nidification de la tortue <i>M. leprosa</i> à Boukhmira, Annaba.</a>	56

---

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

Tableau 1. Données climatiques mensuelles de la région d'Annaba.....	15
Tableau 2. Données climatiques mensuelles de la région d'El Kala.....	16
Tableau 3. Données morphométriques des femelles gravides.....	49
Tableau 4. Statistiques descriptives de la taille des pontes des populations étudiées..	52

---

## LISTES DES MATIÈRES

---

LISTE DES FIGURES.....	I
LISTE DES PHOTOS.....	II
LISTE DES TABLEAUX .....	III
LISTES DES MATIÈRES .....	IV
Résumé.....	VII
Abstract .....	VIII
الملخص .....	IX
Remerciements .....	X
I. INTRODUCTION .....	1
II. MATERIEL & METHODES .....	11
II. 1. Présentation de la région d'étude « plaine d'Annaba ».....	11
II. 1.1. Localisation.....	11
II. 1.2. Géologie et hydrologie .....	12
II. 1.3. Climatologie.....	13
II. 1.3.1. Température.....	14
II. 1.3.2. Pluviosité .....	16
II. 1.3.3. Vents et hygrométrie .....	16
II. 1.4. Présentation du site d'étude « Oued Boukhmira ».....	17
II. 1.4.1. Localisation.....	17
II. 1.4.2. Flore de l'Oued Boukhmira.....	19
II. 1.4.3. Faune de l'Oued Boukhmira .....	19
II. 2. Présentation de la région d'étude « Parc national d'El Kala, PNEK ».....	19
II. 2.1. Localisation.....	19
II. 2.2. Géologie et hydrologie .....	21
II. 2.3. Climatologie.....	22
II. 2.4. Présentation du site d'étude « Lac Tonga ».....	22
II. 2.4.1. Localisation.....	22
II. 2.4.2. Faune du lac Tonga.....	23
II. 2.4.3. Flore du Lac Tonga.....	24
II. 3. Description du model biologique, la tortue <i>M. leprosa</i> .....	25
II. 3.1. Généralités sur l'espèce .....	25
II. 3.2. Description de l'espèce .....	25
II. 3.3. Taxonomie actuelle .....	26

II. 3.4.	Morphologie .....	28
II. 3.5.	Répartition géographique .....	30
II. 3.6.	Bioécologie de la <i>Mauremys leprosa</i> .....	31
II. 3.6.1.	Habitat .....	31
II. 3.6.2.	Activité.....	31
II. 3.6.3.	Régime alimentaire .....	32
II. 3.6.4.	Hibernation.....	33
II. 3.6.5.	Comportement .....	34
II. 3.6.6.	Reproduction .....	34
II. 3.6.7.	Dimorphisme sexuel.....	35
II. 3.6.8.	Longévité .....	35
II. 3.6.9.	Statut de conservation .....	35
II. 4.	Méthodologie d'étude.....	37
II. 4.1.	Période d'échantillonnage.....	37
II. 4.2.	Capture .....	37
II. 4.3.	Collecte des données.....	39
II. 4.3.1.	Marquage .....	39
II. 4.3.2.	Détermination du sexe .....	39
II. 4.3.3.	Examen radiologique.....	40
II. 4.3.4.	Mesures morphométriques.....	41
II. 4.3.5.	Prospection des nids.....	43
II. 4.3.6.	Mesures des œufs .....	43
II. 4.4.	Protocole d'échantillonnage (écologie) .....	44
II. 4.4.1.	Période d'échantillonnage.....	44
II. 4.4.2.	Site d'étude .....	44
II. 4.4.3.	Description géographique et physique du site.....	45
II. 4.4.4.	Echantillonnage de la végétation .....	45
II. 4.4.5.	Taux de recouvrement végétal et données de cartographie .....	46
II. 4.4.6.	Identification des plantes échantillonnées .....	46
II. 4.4.7.	Traitement des données.....	46
III.	RESULTAT.....	48
III. 1.	Phénologie de reproduction.....	48
III. 1.1.	Taille du corps des femelles gravides .....	48
III. 1.2.	Taille de ponte .....	49
III. 1.3.	Tailles des œufs dans les populations étudiées .....	52
III. 1.4.	Corrélation entre la taille de la ponte et la taille du corps des femelles gravides.....	53

III. 1.5.	Relations entre la taille corporelle des femelles gravides, la taille de la ponte et la taille des œufs	53
III. 2.	Écologie de reproduction	56
III. 2.1.	Identification de la végétation du site	56
III. 2.2.	Occupation de sol du site	56
III. 2.3.	Composition et de structure de la végétation du site étudié	57
III. 2.3.1.	Richesse totale (S)	57
III. 2.3.2.	Pourcentage d'occupation de sol du site par les végétaux	58
III. 2.4.	Répartition spatiale des nids	59
III. 2.5.	Répartition spatiale des plantes les plus dominantes	60
IV.	DISCUSSION	62
IV.1.	Taille du corps des femelles gravides	62
IV.2.	Taille de ponte	65
IV.3.	Relations entre la taille du corps de la femelle, la ponte et la taille des œufs	65
IV.4.	Choix du site de ponte	67
IV.5.	Répartition spatiale des nids	69
CONCLUSION ET PERSPECTIVES		74

---

## Résumé

Nous avons mesuré et comparé les caractéristiques de reproduction des tortues à cou rayé de Méditerranée (*Mauremys leprosa*) vivant dans des habitats fortement dégradés et pollués, par rapport à des habitats naturels intacts en Algérie. Les données de reproduction ont été recueillies grâce à des radiographies X des femelles gravides ainsi qu'à la prospection des nids. Contrairement à la tendance négative généralement observée chez la plupart des tortues d'eau douce exposées à la pollution, nos résultats suggèrent que cette espèce a développé une capacité d'adaptation lui permettant de prospérer dans des environnements fortement dégradés et pollués. Plusieurs modèles de reproduction optimaux ont été observés chez cette espèce dans des conditions souvent jugées invivables pour d'autres vertébrés. Les femelles présentaient des tailles corporelles records par rapport à leurs congénères, leur permettant de porter des pontes significativement plus grandes, dépassant parfois de trois œufs la taille maximale de ponte précédemment rapportée. La taille moyenne des pontes ( $8,79 \pm 2,70$  œufs) était également supérieure à celle rapportée dans des études antérieures, sauf pour certains habitats pollués. En outre, les grandes femelles, malgré la taille de leurs pontes, produisaient des œufs sensiblement plus gros. Les mesures effectuées sur les œufs dans les habitats perturbés ont révélé de nouveaux records, avec une augmentation de 3,0 mm en longueur d'œuf, 2,8 mm en largeur, 1,8 g en masse, et une masse totale de ponte excédant les 18,6 g par rapport aux précédentes observations. À titre comparatif, dans les habitats naturels intacts, les femelles affichaient des tailles corporelles plus petites, portaient moins d'œufs et ces œufs étaient de plus petite taille.

Cette thèse explore également l'écologie de reproduction de *M. leprosa* dans l'estuaire fluvial de Boukhmira, où un habitat de nidification a été identifié. Sur une friche abandonnée de 1 hectare, 88 nids ont été détectés, mettant en évidence l'importance de ce site pour la reproduction de l'espèce. La végétation dominante comprend 14 espèces, principalement des Poacées telles que *Phragmites australis*, représentant 34% de la couverture végétale, et des Rosacées comme *Rubus fruticosus* (14%). L'occupation du sol par la végétation atteint 86%, et les zones nues ne représentent que 14% du site. L'analyse de la répartition spatiale des nids montre une concentration de 86% dans le premier tiers du site, proche des zones d'alimentation. Sur le plan vertical, les nids sont majoritairement situés dans la bande de pente faible, entre 10 et 37 mètres du cours d'eau, représentant 63% des nids. Les espèces végétales les plus dominantes, comme les phragmites, se trouvent principalement le long de la rive du cours d'eau, tandis que d'autres espèces comme *Verbascum pulverulentum* et *Convolvulus arvensis* sont moins présentes, souvent localisées en taches.

**Mots clés :** *Mauremys leprosa*, pollution, taille de ponte, écologie de reproduction, Algérie

## Abstract

---

We measured and compared the reproductive characteristics of Mediterranean striped-neck turtles (*Mauremys leprosa*) living in highly degraded and polluted habitats with those in pristine natural habitats in Algeria. Reproductive data were collected through X-ray imaging of gravid females and nest surveys. Contrary to the generally observed negative trend in most freshwater turtles exposed to pollution, our results suggest that this species has developed an adaptive capacity enabling it to thrive in highly degraded and polluted environments. Several optimal reproductive patterns were observed in this species under conditions often considered uninhabitable for other vertebrates. Females exhibited record body sizes compared to their counterparts, allowing them to lay significantly larger clutches, sometimes exceeding the maximum clutch size previously reported by three eggs. The average clutch size ( $8.79 \pm 2.70$  eggs) was also higher than that reported in previous studies, except for certain polluted habitats. Furthermore, large females, despite their clutch size, produced significantly larger eggs. Measurements of eggs in disturbed habitats revealed new records, with increases of 3.0 mm in egg length, 2.8 mm in width, 1.8 g in mass, and a total clutch mass exceeding 18.6 g compared to previous observations. In contrast, in intact natural habitats, females exhibited smaller body sizes, laid fewer eggs, and the eggs were smaller in size.

This thesis also explores the reproductive ecology of *M. leprosa* in the Boukhmira river estuary, where a nesting habitat was identified. In a 1-hectare abandoned field, 88 nests were detected, highlighting the importance of this site for the species' reproduction. The dominant vegetation includes 14 species, mainly Poaceae such as *Phragmites australis*, covering 34% of the vegetative cover, and Rosaceae like *Rubus fruticosus* (14%). Vegetation occupies 86% of the site, with bare ground representing only 14%. Analysis of the spatial distribution of nests shows that 86% of the nests are concentrated in the first third of the site, near feeding areas. Vertically, the nests are mostly located in the low-slope band, between 10 and 37 meters from the watercourse, representing 63% of the nests. The most dominant plant species, such as phragmites, are primarily found along the riverbank, while other species like *Verbascum pulverulentum* and *Convolvulus arvensis* are less present, often in patches.

**Keywords:** *Mauremys leprosa*, pollution, clutch size, reproductive ecology, Algeria

قمنا بقياس ومقارنة الخصائص التناسلية لسلاحف العنق المخطط المتوسطية (*Mauremys leprosa*) التي تعيش في بيئات ملوثة ومتدهورة بشدة مقارنة مع بيئات طبيعية سليمة في الجزائر. تم جمع بيانات التناسل من خلال الأشعة السينية للإناث الحوامل بالإضافة إلى مسح الأعشاش. على عكس الاتجاه السلبي الذي يُلاحظ عادة في معظم السلاحف المائية المعرضة للتلوث، تشير نتائجنا إلى أن هذه الأنواع قد طورت قدرة تكيفية مكنتها من الازدهار في بيئات ملوثة ومتدهورة بشدة. تم ملاحظة العديد من أنماط التكاثر المثلى لدى هذه الأنواع في ظروف تُعتبر عادة غير صالحة للكائنات الفقارية الأخرى. أظهرت الإناث أحجاماً جسمية استثنائية مقارنة مع نظيراتها، مما مكنها من وضع بيض أكبر بكثير، في بعض الأحيان تجاوز الحجم الأقصى للبيض الذي تم الإبلاغ عنه سابقاً بثلاثة بيضات. كان متوسط حجم البيض ( $2.70 \pm 8.79$  بيضة) أعلى أيضاً من تلك التي تم الإبلاغ عنها في الدراسات السابقة، باستثناء بعض البيئات الملوثة. علاوة على ذلك، فإن الإناث الكبيرة، رغم حجم بيضها، أنتجت بيضاً أكبر بكثير. كشفت القياسات التي تم أخذها على البيض في البيئات الملوثة عن سجلات جديدة، حيث لوحظ زيادة في طول البيضة بمقدار 3.0 ملم، وعرضها بمقدار 2.8 ملم، ووزنها بمقدار 1.8 غرام، ووزن إجمالي للبيض يتجاوز 18.6 غرام مقارنة بالملاحظات السابقة. بالمقابل، في البيئات الطبيعية السليمة، كانت الإناث أصغر حجماً، وضعت بيضاً أقل حجماً.

تستكشف هذه الأطروحة أيضاً بيئة تكاثر *M. leprosa* في مصب نهر بوخميرة، حيث تم تحديد موطن للتعشيش. في قطعة أرض مهجورة بمساحة هكتار واحد، تم اكتشاف 88 عشاً، مما يبرز أهمية هذا الموقع لتكاثر الأنواع. تشمل النباتات السائدة 14 نوعاً، وأهمها عائلة Poaceae مثل *Phragmites australis* التي تغطي 34% من الغطاء النباتي، وعائلة Rosaceae مثل *Rubus fruticosus* بنسبة 14%. يغطي الغطاء النباتي 86% من الموقع، بينما تمثل الأراضي الخالية 14% فقط. تظهر التحليلات للتوزيع المكاني للأعشاش أن 86% من الأعشاش تتركز في الثلث الأول من الموقع، بالقرب من مناطق التغذية. من الناحية الرأسية، تقع الأعشاش بشكل رئيسي في حزام المنحدر المنخفض بين 10 و37 متراً من مجرى المياه، مما يمثل 63% من الأعشاش. النباتات السائدة مثل القصب توجد بشكل رئيسي على طول ضفاف النهر، بينما توجد النباتات الأخرى مثل *Verbascum pulverulentum* و *Convolvulus arvensis* بكميات أقل، وغالباً ما تكون موزعة في بقع.

الكلمات المفتاحية: *Mauremys leprosa*، التلوث، حجم البيض، بيئة التكاثر، الجزائر

## REMERCIEMENTS

---

A l'issue de la rédaction de ce tapuscrit, je suis convaincu que cette thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail sans le soutien d'un grand nombre de personnes dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de cette modeste recherche m'ont permis de progresser.

En premier lieu, je tiens à remercier et exprimer mon estime et reconnaissance à mon Directeur de Thèse, Monsieur **TIAR GHOULEM**, Professeur et Responsable de la division Environnement et Biodiversité au CRE pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant de diriger ce travail et pour ses multiples conseils et orientations durant toutes ces années, son assistance sur terrain et sa participation à la collecte des données.

--- --- ---

Mes vifs remerciements vont aussi à Madame **BOUSLAMA ZIHAD** Professeur et directrice du centre de recherche en Environnement à Annaba, Co-directeur de thèse pour avoir mis à ma disposition toutes les conditions favorables dans le laboratoire EcoSTAq durant ces années de recherche et de m'avoir orienté durant mon cursus jusqu'à la réalisation de ce travail.

--- --- ---

Je suis infiniment gré aux membres de jury Mme **BOUKHROUFA Fériel** professeur à l'université de Badji Mokhtar – Annaba, Mme **SOUALAH Alila Hana** professeur à l'université de Souk Ahras, Mr. **DRAIDI Khalil** Maître de conférences à l'université Badji Mokhtar-Annaba et Mr. **DJEMADI Imad** Maître de conférences à l'école ESSAIA de l'intérêt qu'ils ont manifesté à l'égard de cette recherche en acceptant d'examiner cette thèse.

--- --- ---

Mes vifs remerciements vont aussi aux **Messieurs, Allem Mohcen, Bakhouche Badis** docteurs en Ecologie des Ecosystèmes de l'université Badji Mokhtar Annaba qui ont supervisé en partie ce travail.

--- --- ---

Je remercie chaleureusement madame **Tiar-Saadi Manel**, Maître de conférences en biologie animale de l'université Badji Mokhtar, Annaba. Je lui exprime mon plus profond respect, cette thèse s'est appuyée sur ses compétences scientifiques et techniques. Merci pour ses conseils, orientations et disponibilité.

Aussi, je tiens à remercier chaleureusement Mr. **Boucheke Abdennour**, professeur à l'université de Badji Mokhtar – Annaba, pour son aide et sa contribution à la réalisation de ce travail.

Enfin, je remercie vivement Docteur **Khanfri Zineddine** radiologue à Annaba pour son aide par la radiographie aux rayons X durant toute la période de reproduction.



# **INTRODUCTION**

## I. INTRODUCTION

---

Le cumul, l'ampleur et la récurrence des activités humaines contribuent, à grande échelle, aux conséquences sur le climat, les écosystèmes et la biodiversité (Cury and Morand, 2004; Gahmous et al., 2022). La modification, l'altération et la destruction des habitats laissent sentir leur impact sur les organismes vivants qui y vivent. Différents facteurs d'origine anthropique contraignent le maintien des populations. La modification des rivières et plans d'eau est l'un des principaux facteurs responsables de la baisse mondiale des populations de vertébrés aquatiques, en particulier durant les dernières décennies (Dodd, 1990; Garber & Burger, 1995; Gibbons et al., 2000). La croissance rapide de la population humaine, a conduit à une urbanisation grandissante (construction de routes et d'autoroutes, exploitation des granulats, refaçonnement des plans d'eau par endiguement, remblaiement), la destruction et l'assèchement généralisés des zones humides, résultant de l'intensification et la transformation des pratiques agricoles (drainage, pompage de la nappe phréatique, destruction massive, curages intensifs), menant ainsi à la surexploitation, fragmentation et destruction des habitats naturels, pollution, changements climatique, etc. Tous ces facteurs, qui sont les causes prépondérantes des pertes d'habitat, constituent les plus grandes menaces auxquelles les populations animales aquatiques doivent faire face.

À mesure que les habitats sont modifiés, dégradés ou détruits, les vertébrés d'eau douce qui occupent encore ces environnements restants sont isolées, ce qui réduit les mouvements entre les sites appropriés et diminue la variabilité génétique parmi les populations (Gray, 1995). Victimes de leur stochasticité génétique et démographique, les petites populations isolées ne sont en effet pas viables. Quelle que soit la surface des parcelles, les populations isolées d'espèces peu mobiles telles que les tortues d'eau douces sont à la merci des changements rapides de leur environnement, elles devront s'adapter localement ou s'éteindre en réponse aux changements environnementaux en cours (Barbault, 2004).

Par ailleurs, les conditions environnementales agissent sur l'efficacité biologique des organismes, influençant ainsi leur distribution, leur abondance, leur taille corporelle et leur performances biologiques. Ils sont la résultante de la qualité et la quantité des ressources trophiques, ainsi qu'à la thermorégulation (Anadón et al., 2006). Les facteurs écologiques ont été reconnus comme facteurs déterminants sur les traits d'histoire de vie des Chéloniens, à l'occurrence des taux de croissance, l'âge à la maturité, la taille de ponte, le nombre de pontes par an, la taille des femelles, le taux de survie des adultes et des juvéniles, le sexe ratio...etc.

(Janzen, 1994; Kaddour et al., 2005; Pérez et al., 2002; Willemsen and Hailey, 2003, 2001, 1999).

Également, les caractéristiques physiques et biotiques locaux, telles que la largeur du canal, la profondeur de l'eau, la vitesse d'écoulement, la végétation émergente et la disponibilité des sites des bains de soleil, d'une part, mais aussi la modification de la qualité de l'eau, engendrée principalement par la pollution, d'autre part, peuvent influencer la distribution des tortues d'eau et leurs traits d'histoire de vie) (Bodie, 2001; Buhlmann and Vaughan, 1991; Gibbons et al., 2000; Pluto and Bellis, 1986, Reese and Welsh Jr, 1998). La perturbation répétée d'éléments du biotope, que les tortues utilisent pour leurs différentes activités (abris, nourriture, thermorégulation, site de nidification...etc), peut menacer la viabilité des populations de tortues (Couturier et al., 2011). De plus, leurs déplacements et leur potentiel de coloniser d'autres milieux sont limités, ce qui réduit leur chance de fuite (Sanz-Aguilar et al., 2011).

L'écologie et la reproduction des tortues ont évolué face aux sélections de leurs environnements passés et actuels. Les variations morphologiques et les performances biologiques, notamment la taille de ponte, sont le résultat d'une interaction complexe entre les variables phylogénétiques et environnementales (Kaddour et al., 2008; Loehr, 2008). La taille des femelles, qui est une composante phénotypique fondamentale des tortues, est influencée par différentes pressions sélectives et naturelles. Les espèces de tortues ne répondent pas de la même manière à ces pressions sélectives ; différentes combinaisons de ces pressions et contraintes évolutives peuvent produire des résultats différents (Claude et al., 2003). Les tortues d'eau font donc, un bon outil pour examiner les réponses adaptatives reliées à la ponte, sous des contraintes imposées par des environnements divergents. Une étude basée sur la phylogénie d'un large spectre de chéloniens, 70% des espèces existantes, a conclu que la variation de la taille corporelle, y compris des femelles, est due aux différences d'habitat (Jaffe et al., 2011).

Toutes les pollutions, qu'elles soient de l'air, de l'eau ou du sol, perturbent l'équilibre des écosystèmes et altèrent la composition, la structure et le comportement de la faune et de la flore. Les déversements des substances toxiques et chimiques dans les écosystèmes aquatiques peuvent affecter la santé des organismes aquatiques, en entraînant des troubles du comportement, de croissance et de poids (Durou et al., 2007; Gillet et al., 2008; Modassir and Ansari, 2000; Peteiro et al., 2006). Les polluants, comme le DDT, perturbent la physiologie

des poissons en perturbant leur capacité de reproduction et de croissance, ainsi qu'en modifiant leur comportement et leur espérance de vie (Hothem et al., 2006). De lourdes séquelles sur la fonction de reproduction et la qualité du sperme ont été enregistrées chez les mâles de moineau friquet (*Passer montanus*) (Yang et al., 2020) et des ibis blancs (Frederick and Jayasena, 2011). Une exposition prolongée aux polluants organiques a provoqué de nombreuses perturbations dans le système endocrinien, le système immunitaire et le système neuronal, perturbant ainsi la reproduction, le développement et la croissance du pygargue à queue blanche (*Hali-aeetus albicilla*) (Sletten et al., 2016; Hao et al., 2021).

La pollution, en dégradant la qualité de l'air, de l'eau et des sols, et en perturbant les équilibres écologiques, notamment dans les habitats situés sur des zones limitées, peut contribuer de manière significative aux extinctions locales, accélérant ainsi la perte de biodiversité à une échelle réduite. Les substances chimiques rejetées dans un écosystème ont des conséquences significatives sur les organismes qui y sont exposés. Face aux fortes perturbations, en particulier celles qui perdurent dans le temps, les espèces sont contraintes de quitter les lieux ou de s'adapter efficacement afin d'éviter de s'éteindre localement. Cependant, les différents organismes ne répondent pas de la même manière, ni avec la même efficacité (Jiguet et al., 2007; Owens and Bennett, 2000).

Généralement dans les habitats pollués, les niveaux élevés de métaux lourds, comme le mercure et le plomb, peuvent affecter la fécondité des femelles et engendrer des malformations chez les embryons. Les œufs exposés à ces contaminants présentent souvent des taux d'éclosion inférieurs. La capacité des tortues à tolérer la pollution ne les rend pas immunisées à ses effets. Elles accumulent des toxines dans leurs tissus, ce qui peut provoquer des dysfonctionnements au niveau cellulaire et métabolique sur le long terme. Ces stress peuvent affaiblir leur système immunitaire, les rendant plus vulnérables aux maladies et infections.

Par ailleurs, dans des eaux polluées, la disponibilité de proies naturelles comme les invertébrés aquatiques est souvent réduite. Cela force les tortues à adapter leur régime alimentaire, mais cela peut entraîner des carences nutritionnelles ou une dépendance à des ressources alimentaires sous-optimales. Aussi, la dégradation des cours d'eau et des zones humides peut fragmenter les habitats, limitant les déplacements des tortues pour trouver des sites de nidification ou d'autres zones cruciales pour leur cycle de vie. Cela réduit leur résilience face aux perturbations environnementales.

Les performances biologiques et reproductives des tortues comme *M. leprosa* peuvent être significativement influencées par les environnements pollués. Les femelles vivant dans des zones polluées produisent souvent moins d'œufs, et ceux-ci ont tendance à être plus petits ou de qualité inférieure. La pollution peut également affecter les mâles, réduisant la qualité ou la quantité des spermatozoïdes.

Dans des habitats pollués, les tortues doivent mobiliser une partie de leur énergie pour lutter contre les toxines environnementales. Ce stress peut affecter les processus biologiques essentiels, tels que la vitesse de croissance ralentie. La réallocation des ressources énergétiques vers la détoxification peut limiter la croissance. Le stress chronique risque d'affaiblir également leur système immunitaire, augmentant leur vulnérabilité aux maladies et à la mortalité précoce. Les conditions polluées peuvent s'étaler à la réduction de la viabilité des œufs, en raison de la perturbation des échanges gazeux ou de la toxicité chimique directe sur l'embryon. Dans une étude menée sur des populations de tortues aquatiques *Trachemys scripta* exposées à des hydrocarbures, une diminution de 25 % du taux de reproduction a été notée, liée à des anomalies dans le développement embryonnaire et à des défaillances de la fertilisation (Steen et al., 2006).

Cependant, d'autres modèles de tortues ont été notées développer une capacité remarquable de faire face à des niveaux totalement invivables pour les autres vertébrés. Les Geoemydidae sont une famille de tortues dulçaquicoles très résistantes à la pollution. Souvent, elles sont les seuls vertébrés aquatiques survivant dans les environnements très dégradés. *M. leprosa*, *M. caspica* et *M. rivulata* sont des espèces extrêmement robustes et résistantes à des niveaux élevés de pollution (Gasith and Sidis, 1984a; Keller, 2016), qui n'ont d'équivalence qu'avec le rat d'égout *Rattus norvegicus* chez les rongeurs. Ces espèces sont dotées de mécanismes physiologiques et comportementaux qui leur permettent de tolérer des conditions de pollution très élevées. Des études ont montré que *M. leprosa* peut survivre dans des eaux contaminées par des nitrates et phosphates, qui provoquent l'eutrophisation des habitats aquatiques (Gasith and Sidis, 1984). Les derniers auteurs ont remarqué une capacité de détoxification ou de tolérance des substances chimiques présentes dans les eaux polluées, telles que les métaux lourds, les hydrocarbures et les pesticides. Leurs tissus stockent et isolent certains polluants, limitant ainsi leur potentiel de nuisance toxique. *Mauremys leprosa* et les espèces apparentées peuvent également tolérer des niveaux d'oxygène dissous très faibles, une condition fréquente dans les habitats aquatiques dégradés où les matières organiques consomment l'oxygène disponible. Cette adaptation est cruciale pour leur survie dans des environnements où les

autres espèces aquatiques, y compris les poissons, ne peuvent persister. Ces tortues ont été observées dans des eaux au pH fortement alcalin ou acide, comme des fossés industriels ou des plans d'eau contaminés par des effluents domestiques. Elles sont également capables de naviguer dans des eaux turbides, où la visibilité est réduite. Dans des régions du Maroc et de l'Espagne, des populations de *M. leprosa* ont été observées se nourrir et se déplacer sans problème dans des fossés d'irrigation hautement pollués, ainsi que dans des plans d'eau utilisés comme décharges (Keller, 2016). Ces habitats présentent souvent des niveaux de salinité et de pollution qui excluent d'autres vertébrés aquatiques.

Ces capacités extraordinaires positionnent les espèces de *Mauremys* comme des espèces bioindicatrices de la dégradation des écosystèmes aquatiques. Toutefois, leur survie dans des habitats pollués ne signifie pas nécessairement qu'elles s'y épanouissent ! ne serait-ce que de ce qu'on connaît. La pollution peut réduire leur succès reproductif ou engendrer des anomalies morphologiques à long terme. Cela devrait être examiné de près afin de pouvoir se prononcer sur cette question.

La classe des reptiles constitue un groupe zoologique vaste, englobant plus de 9000 espèces distinctes, réparties de manière inégale au sein de quatre ordres distincts. Les Crocodiliens, regroupant les crocodiles, les alligators, les caïmans, et les gavials, forment l'un de ces ordres. Les Squamates, qui incluent les lézards dans leur acception la plus large, ainsi que les serpents et les amphibiens, représentent un autre ordre. Le Rhynchocéphalia, quant à lui, compte un seul représentant, le sphénodon. Enfin, les Chéloniens, englobant les tortues terrestres, marines et dulçaquicoles, constituent le dernier ordre de cette diversité remarquable (Maccolini, 2010; Uetz, 2000).

Les chéloniens sont véritables fossiles vivants, ayant persisté sur notre planète depuis environ 200 millions d'années (Lyson et al., 2013). Le secret de la réussite des tortues à survivre des millions d'années revient justement à leur armure (carapace), qui est une production des os cutanés et du squelette axial endochondrale (Lyson et al., 2013). Grâce à cette carapace, les chéloniens ont pu bénéficier d'importants avantages évolutifs qui leur ont permis de faire face aux changements climatiques et géologiques importants qui ont eu lieu tout au long de leur existence, tout en évoluant avec une grande diversité de prédateurs. Selon des études récentes, on recense actuellement 357 espèces, réparties sur tous les continents du monde (Thomson, 2021). Selon l'actuelle Liste Rouge de l'UICN 2021, 171 espèces de tortues (62,4 % des 274 espèces inscrites sur la liste rouge, 47,9 % des 357 espèces modernes reconnues) sont

officiellement considérées comme menacées à l'échelle mondiale (en danger critique d'extinction [CR], en danger [EN], ou Vulnérable [VU]) (Thomson, 2021).

Les tortues dulçaquicoles en Algérie se répartissent en deux familles : Emydidae (Rafinesque, 1815) et Geoemydidae (Theobald, 1968). Chacune de ces familles est représentée par un seul représentant, à savoir *Emys orbicularis* (Linnaeus 1758) et *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812), respectivement. Actuellement, six espèces de *Mauremys* sont répertoriées en Europe, en Afrique du Nord et en Asie du Sud-Est, chacune présentant des caractéristiques distinctes. Parmi elles, *M. leprosa*, *M. caspica* avec ses sous-espèces, *M. rivulata*, *M. iversoni*, *M. japonica*, et *M. mutica*, chacune occupant des régions géographiques spécifiques et contribuant à la diversité de cette famille de tortues.

Schweigger A.F. a décrit la *M. leprosa* pour la première fois en 1812. Les fossiles les plus anciens de cette espèce ont été découverts à Aïn Boucherit, dans la Province de Constantine en Algérie (de Broin, 2000). L'hypothèse que *M. leprosa* a évolué en Afrique du Nord-Ouest et est arrivée en Europe pas avant la fin du Pliocène ou du Pléistocène (environ 1,8 million d'années ;(DE LAPPARENT DE BROIN, 2001) est soutenue par sa limite inférieure au Pléistocène à Grenade. Selon (Fritz et al., 2006a), les haplotypes conspécifiques les plus variés se trouvent en Afrique du Nord (Maroc), suggérant une dispersion à travers le détroit de Gibraltar vers la péninsule Ibérique. Les populations de *M. leprosa* de la péninsule Ibérique ont subi une réduction importante en raison d'extinctions glaciaires répétées, suivies d'une expansion rapide après le réchauffement à l'Holocène, entraînant la recolonisation d'autres parties de la péninsule (Fritz et al., 2006a).

Actuellement, sa répartition est confinée à la partie Sud de la péninsule Ibérique, en plus de quelques isolats au Sud de la France, ainsi qu'au Nord-Ouest de l'Afrique, depuis l'Ouest du Maroc jusqu'à l'Ouest de la Libye, en passant par l'Algérie et la Tunisie (Andreu and Villamor, 1989a; E. Da Silva, 1995; Franck Bonin, Bernard Devaux, Alain Dupré, 1996; J. C. Perez-Quintero, 1989). En Algérie, elle apparaît dans tout le Nord du pays, en régions à climat méditerranéen, et pénètre également vers le Sud, jusqu'aux limites du Sahara (Doumergue, 1901; Schleich, 1996).

Jusqu'à présent, la *M. leprosa* a maintenu des effectifs stables grâce à sa capacité d'adaptation au changement de son milieu. Cependant, elle fait face à diverses menaces, notamment le ramassage, l'assèchement des zones humides et l'altération du régime hydrique dans lesquels

elle vit (Keller, 1997a; Maran, 2010). La désertification lente de ses habitats met en péril sa présence dans le Sud de son aire de répartition.

*Mauremys leprosa* appelée aussi l'émyde lépreuse, est caractérisée par sa carapace aplatie et son cou orné de lignes longitudinales jaune pâle sur fond verdâtre (Chaumeton, H, 2001). Le plastron est solidement uni au bouclier dorsal, variant du vert jaunâtre brillant uniforme au noir avec des taches marginales brillantes, ou avec des séries de taches symétriques noires (Schleich, 1996). Les membres postérieurs sont plus longs et plus puissants que les antérieurs et sont tous terminés par des palmures digitales (Arnold. et Ovenden, 2004; Schleich, 1996).

Elle occupe tous les types d'habitats d'eau douce, y compris les rivières, les ruisseaux intermittents, les lacs, les réservoirs artificiels et les marais côtiers (Cantarino and Lizana, 2000; Naimi et al., 2012a), étant moins fréquente dans les grands fleuves et réservoirs (Jiménez et al. 2002).

Comme mentionné précédemment, *M. leprosa* a réussi à maintenir une importante métapopulation dans le Sud de son aire de répartition grâce à sa capacité à s'adapter dans une grande diversité d'habitats, y compris ceux pollués ou dénaturés par l'homme. Une récente étude menée au Maroc a souligné la tolérance de cette espèce au stress environnemental et variations extrêmes de son habitat (Loulida et al., 2018a). La pollution de son habitat ne semble pas être un problème pour sa survie à court terme, induisant par contre plus d'anomalies de la coquille et du plastron que les zones non pollués (Balázs and Györffy, 2006). Elle semble supporter plus facilement le fond vaseux et l'eutrophisation (E. Da Silva, 1995; Keller, 1997a; Naimi et al., 2012a). Elle a été également notée fréquenter les égaux et des niveaux médiocres de la qualité des eaux (Escoriza et al., 2019; Hassani et al., 2019).

Globalement, cette espèce n'est pas considérée comme menacée dans son habitat naturel, en particulier en Afrique du Nord. Cependant, elle est classée comme « Vulnérable » dans la liste rouge européenne des reptiles, ainsi que dans les listes rouges espagnole (Cox and Temple, 2009; Pleguezuelos et al., 2002) et française (UICN France, MNHN et SHF, 2015). En Algérie, elle ne figure pas parmi les animaux protégés.

On sait peu de choses sur l'histoire naturelle de cette espèce. Les connaissances sur ses exigences vitales ne sont pas trop améliorées depuis le premier rapport de (Doumergue, 1901), particulièrement en ce qui concerne les conditions de leur reproduction. Cela pourrait avoir des implications négatives sur la conservation de l'espèce au niveau régional, compte tenu en particulier du niveau significatif d'altérations des zones humides qui ont été

remarquées sur le Nord de l'Algérie et dans d'autres régions du Maghreb (Britton and Crivelli, 1993; de Belair and Samraoui, 1994).

Les données sur les traits de reproduction de la *M. leprosa* restent largement insuffisantes, en particulier en ce qui concerne la région du Maghreb, où seules deux études ont été menées sur sa biologie de reproduction. La première de ces études, menée en Algérie et se concentrant sur le cycle gonadique, est souvent citée comme une référence pionnière dans ce domaine (Combescot, 1954a). Près de six décennies plus tard, une seconde étude a été entreprise au Maroc, apportant ainsi une contribution significative à notre compréhension de cette espèce (Naimi et al., 2012a). La rive Nord de la zone de répartition de l'espèce semble bénéficier d'une attention plus soutenue en termes de recherche sur sa reproduction. Pas moins d'une dizaine d'études ont été menées dans cette région, offrant ainsi des données précieuses sur les mécanismes de reproduction de la *M. leprosa* (Andreu and Villamor, 1989; Da Silva, 1995; Díaz-Paniagua et al., 2014; Keller, 1997; Maran, 1996; Perez-Quintero, 1989; Segurado et al., 2005).

La pollution environnementale constitue une menace majeure pour la biodiversité et les écosystèmes aquatiques. Les tortues aquatiques, telles que *M. leprosa*, sont particulièrement affectées par les changements dans la qualité de leurs habitats, notamment en raison de la présence de contaminants chimiques. Ces stress environnementaux, souvent associés à des perturbations physiologiques et reproductives, ont conduit de nombreuses études à mettre en avant des impacts négatifs sur les performances biologiques et la viabilité des populations de nombreuses espèces (Keller, 2016; Gasith et Sidis, 1984). Toutefois, les réponses biologiques des organismes face à de tels stress peuvent parfois défier les attentes scientifiques.

Dans ce contexte, notre étude se concentre sur une comparaison entre les performances de reproduction de *M. leprosa* dans un milieu sain et un autre fortement pollué. En comparant les performances reproductives dans deux environnements contrastés, notre étude apporte des éléments nouveaux à la fois pour la conservation des espèces et pour la gestion des écosystèmes pollués.

En examinant attentivement ses adaptations physiologiques à l'eau douce, son comportement reproducteur, son rôle dans les écosystèmes aquatiques et les menaces qui pèsent sur ses populations, cette thèse vise à approfondir notre compréhension de la biologie et de l'écologie de la *M. leprosa*. En explorant ces aspects, nous espérons améliorer les connaissances

scientifiques nécessaires à la conservation de cette espèce emblématique, en cumulant des données cruciales indispensables lors de la mise en place des initiatives de préservation.

La problématique de notre recherche repose sur trois scénarios potentiels quant à l'impact de la pollution sur la reproduction de la *M. leprosa*. Ces scénarios incluent une absence d'impact similaire à celui observé chez d'autres espèces telles que la *M. caspica* (Keller, 2016) et la *M. rivulata* (Gasith and Sidis, 1984a), qui ont démontré une adaptation à des environnements dégradés. Le deuxième scénario envisage un impact négatif de la pollution sur les performances reproductives, confirmé par des études sur des populations européennes et asiatiques de cistudes (Matson et al., 2005; Rivera and Fernández, 2004). Enfin, le troisième scénario suggère un épanouissement des performances reproductives, comme le souligne une étude au Maroc par (Loulida et al., 2019), mettant en évidence une grande tolérance au stress environnemental et une plasticité phénotypique élevée chez la *M. leprosa* dans des milieux pollués.

Nous avons cherché à évaluer le caractère reproducteur de de *M. leprosa* en situation de forte pollution, comme modèle de nouveaux habitats préférentiels de l'espèce au Maghreb. Afin d'établir des comparaisons avec un habitat témoin nous avons également étudié une population vivante dans un plan d'eau non perturbé et protégé. Les données comparatives nous permettrons de comprendre à la fois la stratégie adaptative choisie par les individus vivants dans un niveau élevé de dégradation de pollution, et le coût physiologique, notamment de reproduction que la population a investie pour persister dans un habitat aussi restrictif. De plus, nous allons explorer l'écologie de la reproduction de cette espèce où nous allons s'intéresser à la description d'un habitat de nidification, dans une situation de pollution. Nous voulons savoir dans quelles conditions installe-t-elle ses nids. Aura-t-elle de quelconques exigences dans le choix du site de nidification ? Quelles sont les formations ou les espèces végétales sélectionnées dans le site de nidification ? quel modèle de répartition des nids adoptera-elle ? Toutes ces données sur les habitats de nidification vont certainement contribuer à combler un vide documentaire en ces propos.

La structure IMRED (Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats et Discussion) que nous avons choisi pour la rédaction de cette thèse, est un cadre classique utilisé dans les documents scientifiques pour organiser et présenter des recherches de manière claire et logique. Voici une brève explication de chaque section et son rôle dans notre étude sur les performances de reproduction de *M. leprosa* :

La première section, Introduction, pose le contexte scientifique et justifie le besoin de l'étude. Elle introduit la problématique liée à la pollution et aux performances biologiques des tortues aquatiques, en mettant en avant les connaissances relatives cumulées jusqu'ici sur *M. leprosa* et ses congénères. L'objectif principal et les hypothèses testées y sont également définis. Dans la partie Matériel et Méthodes, nous décrivons en détail les procédures suivies pour mener l'étude, afin qu'elle puisse être reproduite. Les Résultats présentent par la suite les données de manière objective, avec des tableaux et des graphiques illustrant les différences observées entre les sites. Les résultats notables, comme des tailles de ponte records et des carapaces plus grandes chez les femelles dans le site pollué, y sont aussi détaillés. Les résultats sont interprétés et comparés avec des études similaires ou contradictoires dans le chapitre Discussion. Les hypothèses ont été explorées expliquant ces performances exceptionnelles dans le site pollué, comme des mécanismes adaptatifs, une moindre pression de prédation, ou des ressources abondantes malgré la dégradation. La discussion a aussi abordé les implications pour la conservation, et a posé des questions ouvertes pour des recherches futures.



## **MATERIEL ET METHODES**

## II. MATERIEL & METHODES

La présente étude s'est déroulée dans l'extrême nord-est algérien, dans deux Wilayas, W. Annaba (Oued Boukhmira) et W. d'El Tarf (Lac Tonga).

### II. 1. Présentation de la région d'étude « plaine d'Annaba »

#### II. 1.1. Localisation

La Wilaya d'Annaba se localise à l'extrême Nord-est aux latitudes  $36^{\circ}30' - 37^{\circ}30'$  Nord et les longitudes  $07^{\circ}20' - 08^{\circ}40'$  Est, s'étendant sur une superficie de 1393 km<sup>2</sup>. Elle est limitée par la mer méditerranée au Nord, à l'Est par la Wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la Wilaya de Skikda et au Sud par la Wilaya de Guelma. La ville s'élève au fond d'une baie ouverte à l'est sur le golfe d'Annaba, elle est dominée à l'ouest par la chaîne de montagne de l'Edough (1008 m d'altitude). Annaba est également une métropole littorale dont la population dépasse 600 000 habitants, elle est la quatrième ville d'Algérie en nombre d'habitants après la capitale Alger, Oran et Constantine (Figure 1).



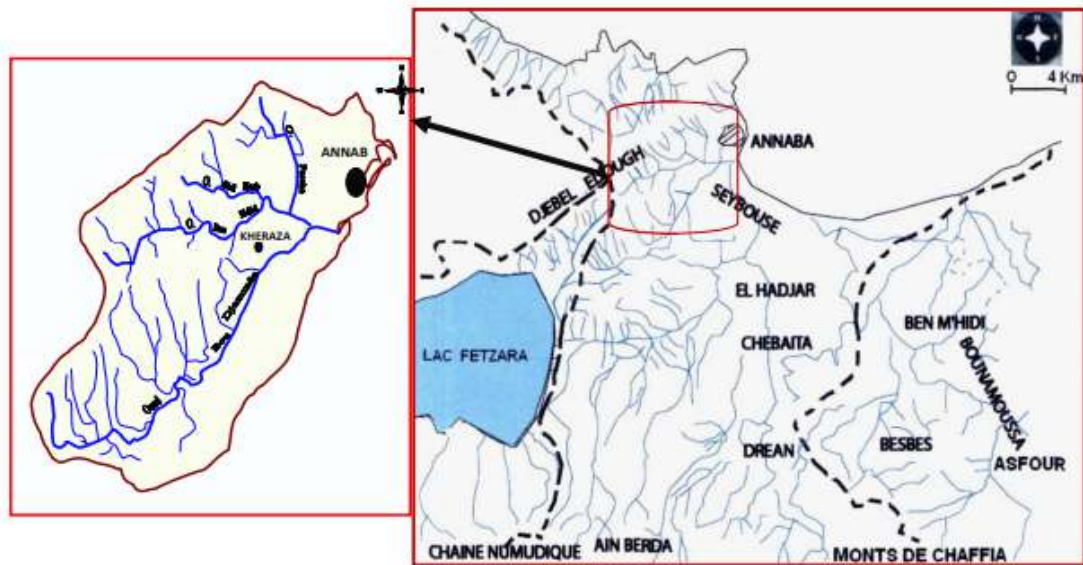
Figure 1. Position géographique de la Wilaya d'Annaba au nord-est (Allout, 2013).

## II. 1.2. Géologie et hydrologie

Le massif de l'Edough représente 51 % de la superficie de la Wilaya d'Annaba, et se prolonge sur 50 Km de long sur la côte, et 20 Km de large.

C'est un massif cristallophyllien, qui se présente comme une antiforme de Gneiss et micaschistes, à intercalation de marbre-amphibolite et de schiste satinés (Vila, 1980).

La grande plaine d'Annaba se caractérise par une topographie relativement régulière et est drainée par les deux grands Oueds, au Sud l'Oued Seybouse et au nord l'Oued Bounamoussa (Figure 2).

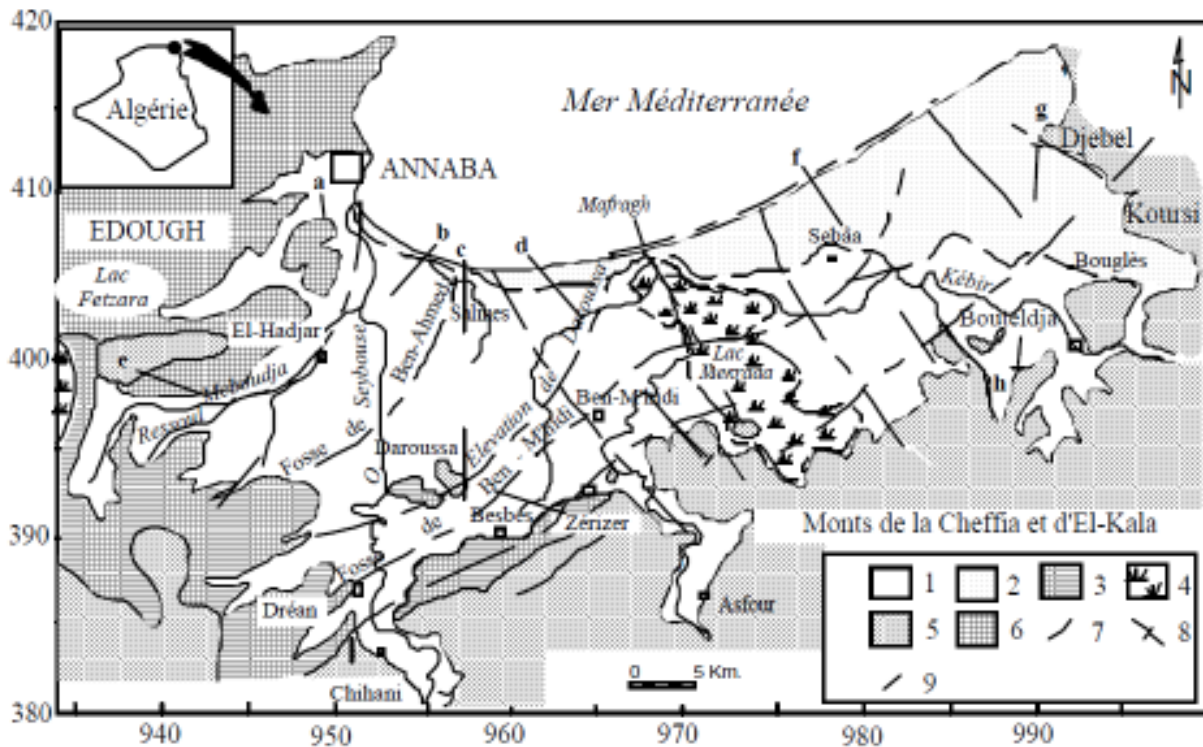


**Figure 2.** Réseau hydrographique et les sous bassin versant de la plaine d'Annaba (Saboua, 2010).

D'après (Aoun Sebaiti, 2010), on peut distinguer trois secteurs présentant chacun des formes différents (Figure 3):

- La basse plaine dans laquelle s'encaisse l'Oued Seybouse, sur les bordures on peut observer des glacis. Cette basse plaine a une forme inclinée, légèrement bombée, avec le Seybouse comme axe.
- Dans la partie sinueuse on observe les basses terrasses sablo limoneuses constituant le niveau général de la plaine d'Annaba.
- L'altitude de la basse terrasse sableuse de la Seybouse est de 506 m. Elle vient butter contre un cordon dunaire de sable blanc et haut d'environ 10 m, Cette dune naît derrière le port, au-delà de l'ancienne embouchure de la Seybouse. A l'est et à l'ouest, la basse terrasse sableuse de la Seybouse disparaît pour laisser la place à

des dépressions de 2 m d'altitude et formations argileuses noires (marais Boukhmira près de l'aéroport d'Annaba).



**Figure 3.** Situation géographique et géologique des plaines de la région d'Annaba (d'après Strojexport, 1960, in (Aoun Sebaiti, 2010). 1 : alluvions récentes et actuelles, 2: dunes, 3: alluvions anciennes, 4: marécage ou lac, 5 : grès et argile numédiens, 6: formations métamorphiques, 7 : faille, 7 : axe des fosses, 9: tracé de coupe.

### II. 1.3. Climatologie

Le climat régional à Annaba est de nature méditerranéen de type sub-humide, pluvieux en hiver, chaud et sec en été (Tiar-Saadi, 2018a). Le diagramme ombrothermique montre la présence d'une période humide qui s'étend sur 9 mois, de septembre jusqu'à la fin de mois de mai, avec un pic de précipitation en mois de mars et une période sèche très courte s'étalant du début de juin jusqu'à la fin de mois d'aout (Figure 4).

De la mi-juillet à la mi-août, les températures sont généralement élevées, avec des pluies très rares. L'insolation est y considérable avec un maximum de 356 heures en juillet et un minimum de 99 heures en décembre. En décembre, le cumul mensuel avoisine les 136 mm (Mejelekh and El Ganaoui, 2012). Le vent dominant souffle du Nord-est à Sud-Ouest

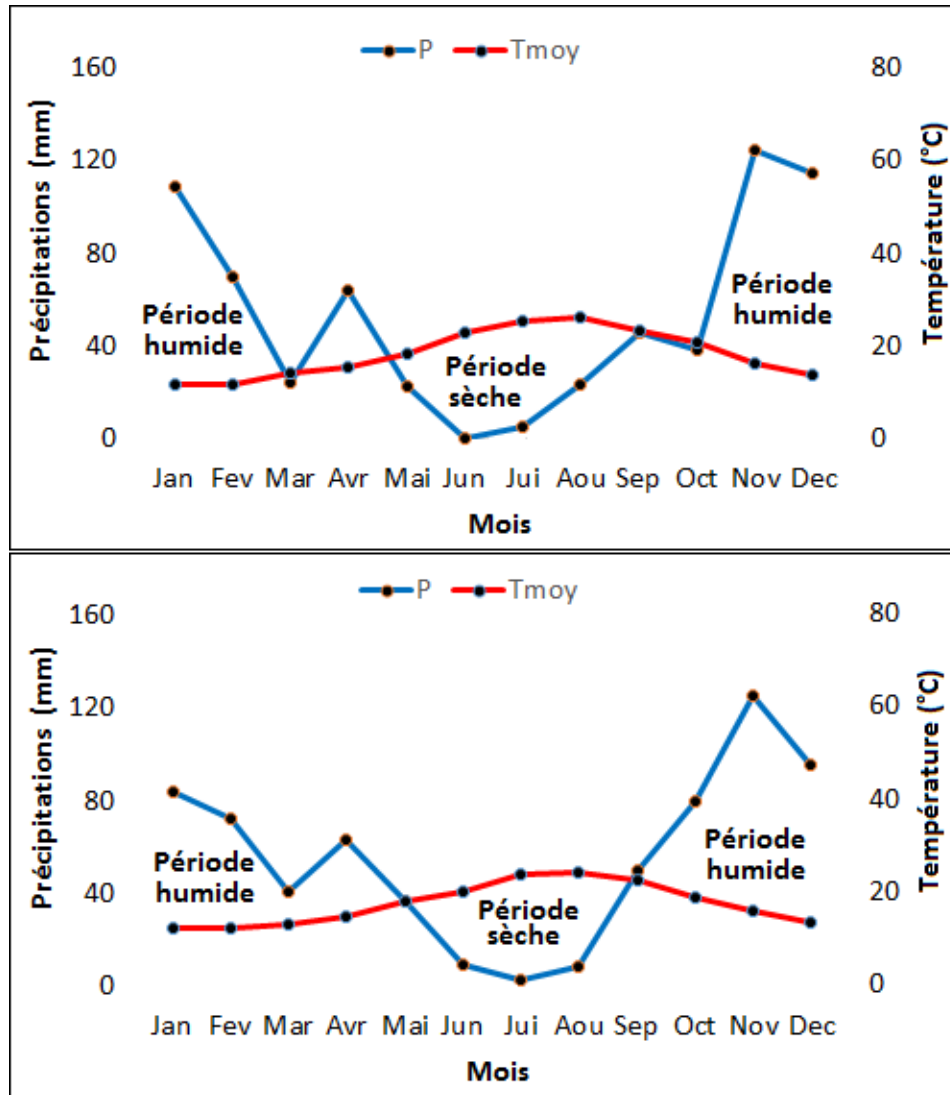


Figure 4. Diagramme ombrothermique de Gaussen (Moyennes annuelles 2003-2013) (Tiar-Saadi, 2018a). En haut Annaba, en bas El Kala.

### II. 1.3.1. Température

Pour l'activité des ectothermes, ainsi que pour le développement de la végétation, les plus importantes sont les températures extrêmes, à la fois les températures hivernales et estivales, dont la rigueur caractérise ce type de climat continental très contrasté.

Les deux facteurs essentiels à considérer pour la croissance et l'activité des tortues se rapportent :

- à l'intensité et à la durée du froid hivernal (dormance hivernale),
- à la chaleur estivale, d'autant plus longue et chaude que l'exposition est grande (dormance estivale).

**Les Salines-Annaba** : Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été (Juin – Septembre) avec des températures variant de 20 à 26°C. Par contre les températures les plus basses, de 9 à 10°C, sont observées pendant la période d'hiver (décembre à mars) avec un minimum pendant le mois de février (9,1°C). Les autres mois présentent des températures intermédiaires (12 à 20°C) (Tableau 1).

**Tableau 1. Données climatiques mensuelles de la région d'Annaba (1991-2015) (Station météorologique d'Annaba).**

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Cumul
<b>T (C°)</b>	11,6	11,8	14,3	15,5	18,5	22,9	25,4	26,3	23,4	21,0	16,1	13,8	
<b>Tmin</b>	9,2	<u>9,1</u>	10,4	12,4	15,7	28,9	21,4	23,9	19,4	17,4	12,8	10,0	
<b>Tmax</b>	<u>16,3</u>	16,5	18,1	20,8	23,8	27,2	30,3	<u>31,4</u>	28,6	26,2	20,4	17,0	
<b>P (mm)</b>	109	69,9	24,0	64,4	22,9	0,3	4,7	23,1	46,1	38,5	124,2	114,3	<u>641,4</u>

Les précipitations atteignent dans notre région d'étude un cumul annuel de 668 mm. Elles se concentrent essentiellement dans les mois d'hiver (décembre, janvier, février). Le caractère orageux des précipitations est marqué au cours des pluies d'automne et de printemps.

**El Kala:** La température moyenne annuelle est de 17,7 °C (

Tableau 2). Les minimas atteignent rarement 0°C, même au cours des nuits les pluies froides de l'hiver. Elles dépassent en moyenne les 9°C. En été, les moyennes des maximas varient entre 27°C et 31°C si l'on excepte des phénomènes localisés tels que les incendies ou le siroco qui génèrent des températures dépassant 40°C.

Le mois le plus frais est le mois de février avec une température moyenne de 09 °C, tandis que le mois le plus chaud est celui d'aout avec une température moyenne de 31 °C (

Tableau 2). Les minimas atteignent rarement 0°C, même au cours des nuits les plus froides de l'hiver. Elles oscillent en général entre 8°C et 10 °C. En été, les maximas varient entre 30°C et 35°C si l'on excepte des phénomènes localisés tels que les incendies ou le siroco qui génèrent des températures dépassant 40°C.

**Tableau 2. Données climatiques mensuelles de la région d'El Kala (2003 et 2016) (Station météorologique d'El-Kala) (T en ° C).**

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Cumul
<b>Tmoy</b>	12,4	12,6	13,2	15,1	18,5	20,2	24,0	24,6	22,8	19,0	16,1	13,6	
<b>Tmin</b>	9,2	<u>9,0</u>	10,4	12,2	15,6	28,7	21,5	23,2	19,5	17,3	12,8	10,0	
<b>Tmax</b>	<u>16,1</u>	16,5	18,1	20,8	23,8	27,2	30,5	<u>31,2</u>	28,6	26,2	20,4	17,0	
<b>P</b>	83,7	72,3	40,6	63,4	36,6	9,1	2,9	8,5	49,9	80,1	25,5	95,4	<u>668,2</u>

### II. 1.3.2. Pluviosité

La pluviosité conditionne et agit directement sur le sol et la végétation ; elle favorise leur maintien et leur développement. La pluviosité varie en fonction de l'altitude, de la longitude, de la latitude ainsi que l'exposition des versants. Gaouar (1980), mentionne que c'est en fonction du relief que la pluviosité donne à la végétation ses caractéristiques et au sol sa typologie.

Le climat est caractérisé par des précipitations irrégulières dans l'espace et le temps, et une sécheresse continue selon la base des données enregistrées aux stations de Séraïdi, des Salines, de Berrahal et de Pont Bouchet.

Les précipitations atteignent dans les régions d'études un cumul annuel de 641 au 668 mm. Elles se concentrent essentiellement dans les mois d'hiver (décembre, janvier, février). Ce cumul classe El- Kala et Annaba parmi les régions les plus arrosées du pays.

Le caractère orageux des précipitations est marqué au cours des pluies d'automne et de printemps.

### II. 1.3.3. Vents et hygrométrie

Les vents dominants sur le littoral du nord-est algérien sont de direction nord-ouest, modérés à forts en hiver, soufflant une grande partie de l'année. Ils apportent les précipitations les plus importantes venues de l'Atlantique. A l'opposé, le Sirocco qui souffle principalement en été venant du sud-est assèche l'atmosphère et favorise, avec les températures élevées, les incendies de forêts (Benyacoubet al., 1998). En hiver, la fréquence des vents dominants se regroupe dans les directions ouest et nord-ouest, tandis qu'en été les vents soufflent souvent du sud vers l'ouest.

Entretenue par les embruns marins et les nombreuses zones humides qui l'entourent, les régions de l'est algérien présentent une humidité de l'air élevée, de 70 % en moyenne tout au long de l'année.

## II. 1.4. Présentation du site d'étude « Oued Boukhmira »

### II. 1.4.1. Localisation

Cette zone humide est située à l'extrême nord-est de la Wilaya d'Annaba, commune 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. Oued Boukhmira draine principalement les terres agricoles et s'étend en marécage à proximité de son embouchure. À ses rives se trouve une immense décharge sauvage d'ordures ménagères de la commune de Sidi Salem.

Le site d'étude est un estuaire, nous avons opté à échantillonner la partie amont, précisément les sections intermédiaire et fluviale (Figure 5). La section à échantillonner de l'estuaire Boukhmira présente une superficie globale d'environ 10 hectares (Photo 1).

Notre choix du site a été déterminé selon deux critères : l'abondance des tortues et la facilité d'échantillonnage (superficie réduite, faible profondeur et accessibilité).



Figure 5. Carte de localisation du site d'étude Oued Boukhmira (Saadi, 2018).

La zone d'étude est une dépression de 2 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. (Boudjema, 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.



Photo 1. Vue d'ensemble du site d'étude Boukhmira.

#### **II. 1.4.2. Flore de l'Oued Boukhmira**

Les communautés végétales de la zone humide Boukhmira se présentent sous forme d'une mosaïque 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 *Rosaceae* (ALLOUT, 2013).

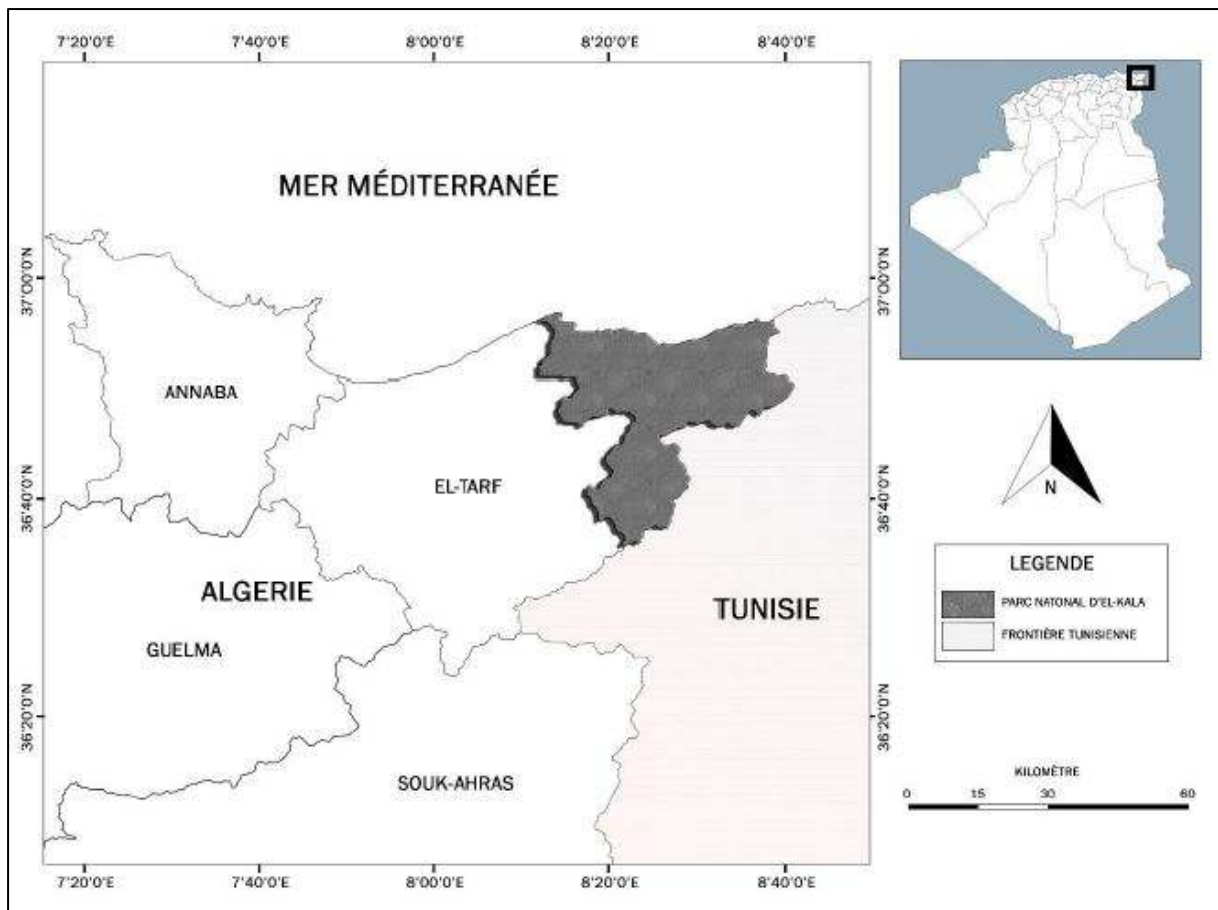
#### **II. 1.4.3. Faune de l'Oued Boukhmira**

La zone humide Boukhmira constitue un habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation et la transition d'une importante biodiversité faunistique. On a recensé 33 espèces d'oiseaux aquatiques appartenant à 12 familles (Touati L. and Samraoui B., 2006). On y trouve des poules d'eau, des foulques, des canards en grand nombre, ainsi que des hérons, des sarcelles d'été et marbrés. L'estuaire contient à la fois des poissons de mer et d'eau douce, tels que les dorades, marbrés, loups et mulets. C'est la raison pour laquelle on y trouve un grand nombre d'oiseaux laro-limicoles et des échassiers (Touati L. and Samraoui B., 2006).

### **II. 2. Présentation de la région d'étude « Parc national d'El Kala, PNEK »**

#### **II. 2.1. Localisation**

Créé par un décret en 1983, le PNEK est le plus grand parc national du Nord d'Algérie. Il se localise à l'extrême nord-est du pays, et est inclus administrativement dans la Wilaya d'El Tarf (Figure 6). Il est limité au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la frontière Algéro-tunisienne, à l'ouest par les plaines d'Annaba et au sud par les monts de Medjarda.



**Figure 6.** Position du Parc National d'El Kala (Amara Korba, 2016).

Sa superficie globale couvre 80.000 ha, constituée d'une mosaïque d'écosystèmes aussi riche que diversifiée (Photo 2). Il fait partie des zones protégées les plus significatives de la méditerranée occidentale, et reconnu comme une réserve de la biosphère par l'UNESCO depuis 1990. Ce parc contient plusieurs lacs, comme le lac des oiseaux, Tonga et Oubeira, qui sont reconnus entant que zones humides d'importance internationale (Benyacoub and Chabi, 2000).



Photo 2. Vue des zones peu profondes périphérique du Lac Tonga.

## II. 2.2. Géologie et hydrologie

Selon la carte géologique de (Joleaud, 1936), les formations géologiques rencontrées dans le bassin du lac Tonga remontent au quaternaire, et se diversifient en :

- Sols de marécages: formés de limons de bas-fonds.
- Alluvions limoneuses formées de sable et limons récents.
- Formations du Pontien : formées de conglomérats à ciments argileux.
- Grès de Numidie qui sont quartzeux, blanchâtres, formant des reliefs abrupts.
- Argiles de Numidie, formées de marnes argilo-schisteuses.
- Argiles, grès et calcaires noirs de l'Éocène moyen qui constituent les contreforts entourant le lac.

Point de vue hydrogéologie, on peut distinguer trois sous-bassins versant dans la cuvette du Tonga; le bassin versant d'Oued El Eurg; le bassin versant d'oued El Hout; la zone qui

s'étend depuis la bordure Sud du massif dunaire de la rive gauche de la Messida jusqu'à la rive sud du lac.

Le relief du parc national d'El-Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions, dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres, et par de hautes collines aux formes variées, tels que des dômes, des escarpements et des alignements de crêtes, couverts par une végétation dense (Joleaud, 1936). Le relief du parc national d'El Kala est formé dans sa partie septentrionale par un cordon dunaire qui s'étend d'une part d'ouest en est le long de la côte, et d'autre part vers le sud jusqu'au piémont du Djebel Segleb. Un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m de hauteur se situent au nord, à l'est et à l'ouest de la région d'étude. Une plaine alluviale et marécageuse est adossée à ces collines (De Belair, 1990). Les principaux éléments qui constituent le relief du bassin versant du lac Tonga sont:

- Un cordon dunaire qui s'étend de l'est à l'ouest au nord du lac Tonga, formé essentiellement de sable quaternaire.
- Des petites éminences de relief gréseux de faibles altitudes (180 à 300 m) qui interrompent dans certains endroits le cordon dunaire (Kef El Assa de 203 m, Kef Mechtob de 178 m), ainsi qu'un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m.
- Deux plaines alluviales marécageuses, celle d'Oum Teboul délimitée topographiquement entre 10 et 30 m, et celle d'Oued El Hout qui monte en pente douce (2%) jusqu'à 40 m.
- Les versants Ouest des montagnes allant du Nord jusqu'au Sud, avec Kef Segleb de 327 m au Nord, Kef Radjela de 530 m, Kef Bab-Abrik de 573 m, et Kef Edmen de 594 m.

### **II. 2.3. Climatologie**

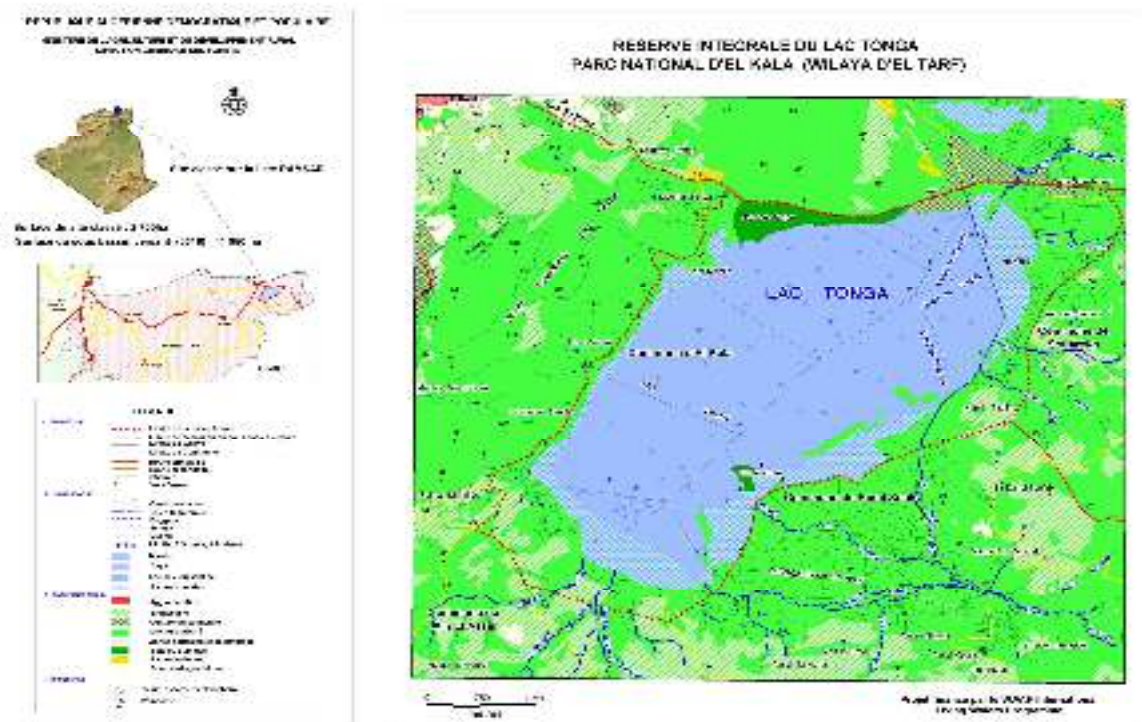
La région d'El-Kala se trouve dans le même étage bioclimatique d'Annaba (Figure 4). Ce dernier est de nature méditerranéen de type sub-humide, pluvieux en hiver, chaud et sec en été (Tiar-Saadi, 2018a). Les températures les plus fortes sont enregistrées entre la mi-juillet jusqu'à la mi-août, avec des pluies très rares.

### **II. 2.4. Présentation du site d'étude « Lac Tonga »**

#### **II. 2.4.1. Localisation**

Le lac Tonga (36°53' N, 08°31' E) est l'un des sites Ramsar les plus importants des zones humides d'Afrique du nord (Boumezbeur, 1993; Samraoui and De Belair, 1998). Il est situé à l'extrême nord-est du Parc National d'El-Kala (Wilaya d'El-Tarf) à environ 6 km à l'est de la ville d'El Kala dans la plaine d'Oum Teboul. Le bassin versant occupe une superficie de

15.000 ha, dont 2.800 ha pour la seule cuvette du lac (Kadid, 1989a) (Figure 7). Au nord, le Lac Tonga est séparé de la mer par des dunes littorales, mais relié avec elle par le chenal de la Messida. Sa limite est épousé pour une part la frontière algéro-tunisienne, avec le Kef Segleb au Nord de la Chaâba Dridir, puis le djebel Haddeda (dont les barres de grés affleurantes culminent à une altitude variant entre 530 m (Kef Adjela) et Kef BabAbrik 573 m. La route d'El Aïoun-Oued El Hout emprunte la vallée séparant les deux bassins versants de l'Oued El Hout et la vallée supérieure de l'Oued El Kebir. Le bassin est ensuite limité par une série de collines, dont les sommets ne dépassent pas 174 m (signal de Ras El Feïd) pour descendre à 112 m au Koudiat Medjdour. Notons enfin que les collines de l'Ouest n'excèdent jamais 171 m (signal de la forêt de la calle au NW) et la moyenne se situe entre 50 m (altitude la plus faible au SW) et 110 m (au NW) (Raachi, 2007).



**Figure 7.** Position géographique du lac Tonga.

#### II. 2.4.2. Faune du lac Tonga

Le Lac Tonga constitue un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée. Zone humide importante pour l'hivernage de plus de 25.000 oiseaux d'eau. C'est également un site de nidification exceptionnel qui abrite régulièrement plusieurs populations nicheuses, dont certaines sont considérées de très rares, comme l'Erismature à tête blanche *Oxuyura leucocephala* et le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, avec des effectifs élevés dépassant le 1 % de la population mondiale (Boumezbeur, 1993). La faune

mammalienne compte aussi plus de 37 espèces. Certaines d'entre elles sont rares et localisées, telles que la loutre *Lutra lutra* et le cerf de barbarie *Cervus elaphus barbarus* (Ghalmi, 1997). Le marais recense entre autre 22 espèces d'odonates (Saouèche I. 1993). Plusieurs espèces de reptiles et d'amphibiens vivent également dans le bassin versant de Tonga: la cistude d'Europe *E. orbicularis*, l'émyde lépreuse *M. leprosa*, la grenouille verte *Rana saharica*, le discoglosse peint *Discoglos suspictus*, le crapaud de Mauritanie *Buto mauritanicus*, le triton de Poiret *Pleurodel spoireti*, le Psammodrome de l'Algérie *Psammodromus algirus*, le sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le Lézard ocellé *Lacerta pater* et la couleuvre vipérine *Natrix maura* (Rouag, 1999).

#### **II. 2.4.3. Flore du Lac Tonga**

Le lac présente une physionomie dominée par la présence des scirpes *Cyrcus lacustris*, phragmites *typha angustifolia*, nénuphar blanc *Nymphaea alba*, et iris *Iris pseudoaccorus*. Sa surface est recouverte à 90 % par cette végétation émergente. Il y existe 14 groupements, dont dix associations et 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, 1989b). Parmi les espèces rares nous citons *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba*, *Utricularia exoleta*. En effet, au printemps le Nénuphar blanc, une hydrophyte très envahissante emblématique du lac, devient très abondant dans les eaux libres (Abbaci, 1999).

## II. 3. Description du model biologique, la tortue *M. leprosa*

### II. 3.1. Généralités sur l'espèce

L'étymologie du nom « *leprosa* » fait bien allusion à la lèpre, une maladie humaine avec une présence de nodules plus ou moins volumineux sur la peau et les muqueuses. Le nom a pour origine des saillies bossues présentes sur certaines écailles de la carapace du spécimen observé par Schweigger. Maran, 1996, précise que ce nom a souvent été attribué à tort à cause de la présence d'une algue (*Dermatophyton radians*) sur la carapace de ces tortues, algue qui était supposée attaquer les plaques cornées. *M. leprosa* a été décrite par A.F. Schweigger en 1812. Les diagnoses des sous-espèces réalisés par Fritz et al., 2006, reconnaissent deux taxons :

- *Mauremys leprosa leprosa* : populations françaises, Ibériques et de la région marocaine du Nord de l'Atlas ;
- *Mauremys leprosa saharica* : populations de la région marocaine du Sud, de l'Algérie, de la Tunisie et de la Lybie.

### II. 3.2. Description de l'espèce

L'Emyde lépreuse est une tortue aquatique caractérisée par une carapace aplatie, ce qui favorise un meilleur hydrodynamique pour la nage (Figure 8, Figure 9). Les membres sont puissants sont tous terminés par des palmures, optimisant ainsi leur propulsion dans l'eau. Les pattes arrières sont plus longues et plus musclées que les pattes avant, ce qui améliore leur capacité à nager et à se mouvoir dans différents environnements aquatiques (Busack & Ernst, 1980). La tête est de taille moyenne, mais plus relativement plus massive chez les mâles adultes, spécialement chez la sous espèces *M. leprosa saharica* (Schleich et al., 1996a). Son plastron (face dorsale) est de couleur brune à olivâtre présentant de fines lignes jaunes sur le cou et les pattes, plus visibles chez les individus de jeunes âges. Chez les individus âgés, ces motifs deviennent moins visibles, laissant souvent une couleur plus uniforme (Schleich et al., 1996a). Le plastron (face ventrale) est généralement jaunâtre, avec des marques sombres au centre, qui varient légèrement selon les habitats où elle vit. Le bouclier dorsal et le plastron sont solidement liés. Les plaques supracaudales sont doubles. Une caractéristique notable est la présence de plaques supracaudales doubles, situées au-dessus de la queue (Schleich et al., 1996a).



Figure 8. Carapace de l'Emyde lépreuse (© Gahmous, 2022).

La taille de son corps à l'âge adulte est considérée de moyenne parmi les congénères, comprise entre 12 et 20 cm (Maran, 2010; Schleich et al., 1996a). Chez les populations algériennes les mâles adultes avaient des carapaces de [110-220 mm], tandis que les femelles étaient significativement plus grandes, de [140-223 mm] (Tiar-Saadi, 2018a). La taille maximale observée est de 250 mm (taille de la dossière) au Maghreb. Les femelles sont généralement supérieures en taille aux mâles.

### II. 3.3. Taxonomie actuelle

Règne : Animalia

Phylum : Chordata.

Subphylum : Vertebrata

Classe : Reptilia Laurenti, 1768.

Ordre : Testudines Batsch, 1788.

Sub-ordre : Cryptodira Cope, 1868.

Famille : Geoemydidae Theobald, 1868.

Genre : *Mauremys* Gray, 1869.

Espèce : *Mauremys leprosa* Schweigger, 1812



Figure 9. *Mauremys leprosa* (© Gahmous, 2021).

Actuellement, selon Fritz and Havaš, 2007, on dénombre 10 espèces du genre *Mauremys* Gray, 1869, qui peuvent se distinguer en 14 sous-espèces :

- *Mauremys leprosa* Schweigger, 1812 : l'Emyde lépreuse : répartie dans la partie sud de la péninsule Ibérienne, dans le Nord-ouest de l'Afrique, depuis l'Ouest du Maroc jusqu'à l'Ouest de la Libye.

- *Mauremys leprosa leprosa* Schweigger, 1812.

- *Mauremys leprosa saharica* Schleich. 1996.

- *Mauremys caspica* Gmelin, 1774 : Elle possède une large répartition dans le sud de l'Europe et au Moyen-Orient. C'est l'Emyde caspienne orientale, avec 3 sous-espèces :

-*Mauremys caspica caspica* Gmelin, 1774,

-*Mauremys caspica siebenrocki* Wischuf & Fritz, 1995,

-*Mauremys caspica ventrimaculata*, Wischuf & Fritz, 1995.

- *Mauremys rivulata* Valenciennes, 1833 : l'Emyde caspienne occidentale,

-*Mauremys rivulata rivulata* Valenciennes, 1833,

-*Mauremys rivulata tristrami* Wischuf, 1995.

- *Mauremys japonica* Temminck & Schlegel, 1835: est endémique au centre et au sud du Japon (aux îles d'Honshu, Shikoku et Kyushu).

- *Mauremys mutica*: l'Emyde mutique. Se rencontre en Asie, dans le nord du Vietnam, au sud de la Chine ainsi qu'à Taiwan.

- *Mauremys mutica mutica* Contor, 1848.

- *Mauremys mutica kami* Yasukawa, Ota et Iverson, 1996.

- *Mauremys annamensis* Siebenrock, 1903.

- *Mauremys megalcephala* Fang, 1934.

- *Mauremys nigricans* Gray, 1834.

- *Mauremys reevesii* Gray, 1831.

- *Mauremys sisensis* Gray, 1834.

Selon les mêmes auteurs, certaines espèces sont considérées autant qu'hybrides, comme :

- *Mauremys iversoni* Pritchard et McCord, 1991: espèce hybride entre *Cuoratra fasciata* Bell, 1825 et *Mauremys mutica*.

- *Mauremys pritchardi* Mc Cord, 1997 : espèce hybride entre *Mauremys mutica* et *Mauremys reevesii*.

### II. 3.4. Morphologie

Le corps de *M. leprosa* est encadré par deux structures osseuses qui forment un squelette interne et externe, typiques de tous les chéloniens. Ces squelettes sont ouverts à l'avant et à l'arrière, permettant une certaine flexibilité. Son plastron est rigide et dépourvu d'articulations. Il est solidement fusionné à la carapace par un pont osseux robuste, garantissant ainsi une protection optimale (Angel, 1946). Sa carapace est faiblement bombée et souvent bordée de façon médiodorsale. Sa bordure marginale est lisse et non dentelée (Schleich et al., 1996a). Elle est basse et faiblement convexe chez le mâle que la femelle. Les écailles de la dossière portent une carène médiane et des tâches roussâtres qui s'estompent avec l'âge (Maran, 1996). La carène, une crête qui court l'animal de l'avant à l'arrière, est fréquente chez les juvéniles (Photo 3), mais est généralement absente chez les adultes (Schleich et al., 1996a). La carapace des nouveaux nés a une forme presque circulaire (Photo 4).



Photo 3. Juvénile *M. leprosa*, dont la carène médiane est bien visible (© Gahmous, 2021).

La tête est de taille modérée chez les nouveaux nés, et devient proportionnellement massive et large chez les vieux individus (Schweiger, 1992). Cette dernière finit par un museau et un bec tranchant formé de substance cornée. Les pâtes sont robustes, palmées et possèdent de puissantes griffes courbes (5 devant et 4 derrière). La queue est fine et particulièrement longue (80 mm chez les individus adultes). Les adultes mâles ont généralement une queue

plus longue et plus épaisse, avec localisation cloacale plus distale que chez les femelles (Kuchling G. 1999).



Photo 4. Nouveau nid *M. leprosa* (© Gahmous, 2021).

*Mauremys leprosa* a une couleur variable, avec une dorsale brun foncé, brun rougeâtre, ou vert brun avec ou sans plaques brillantes (Schleich et al., 1996a). La coloration du plastron varie d'un vert jaunâtre brillant uniforme à un noir généralement sombre avec une ligne marginale brillante ou avec des taches noires symétriquement disposées (Schleich et al., 1996a). Le pont qui les relie est jaune avec des taches sombres qui peuvent fusionner (Schleich et al., 1996a). Selon Maran, 1996, les populations vivant dans des mares à eau stagnante et à fond vaseux, ont une coloration plus au moins rougeâtre, avec un plastron plus au moins sombre. Ceci est dû aux substances terreuses (limon, par exemple) qui se déposent sur la carapace. Par contre les individus vivant dans de larges fleuves ou des rivières à eau courante présentent une carapace verdâtre ou marron clair. On peut également noter que les populations du Maghrebs ont de couleur marron avec quelques substances rougeâtres alors

que les populations ibériques sont olivâtres Maran, 1996. Les juvéniles sont plus ou moins sombre, sur chaque écaille apparait une figure sinueuse ocre ou roussâtre, le dessous est jaunâtre, avec de larges taches noires, qui deviennent diffuses au cours de la croissance, pour s'estomper souvent totalement. Il est à signaler que dans certaines populations, on peut constater l'absence totale, à l'âge adulte, de rayures ainsi que de l'ocelle post-oculaire (Schleich et al., 1996a). Enfin, l'iris jaune, est barré d'une ligne sombre, parfois complétée d'un cercle et/ou de deux points sombres situés à angles droit de la barre. La couleur de l'iris est elle aussi variable, et peut passer du brun au jaune, de même elle peut être vert ou bleu.

### II. 3.5. Répartition géographique

*Mauremys leprosa* est l'une des sept espèces de tortues d'eau douce indigènes du Paléarctique occidental (Ernst, Altenburg and Barbour, 2000; Fritz et al., 2005). Elle est d'origine Nord-Africaine (Schleich et al., 1996a).

Elle se répartit au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Lybie. En Europe, elle se limite à la Péninsule Ibérique (sauf certaines parties du Nord), ainsi que la France dans les Pyrénées Orientales (Arnold. et Ovenden, 2004) (Figure 10).

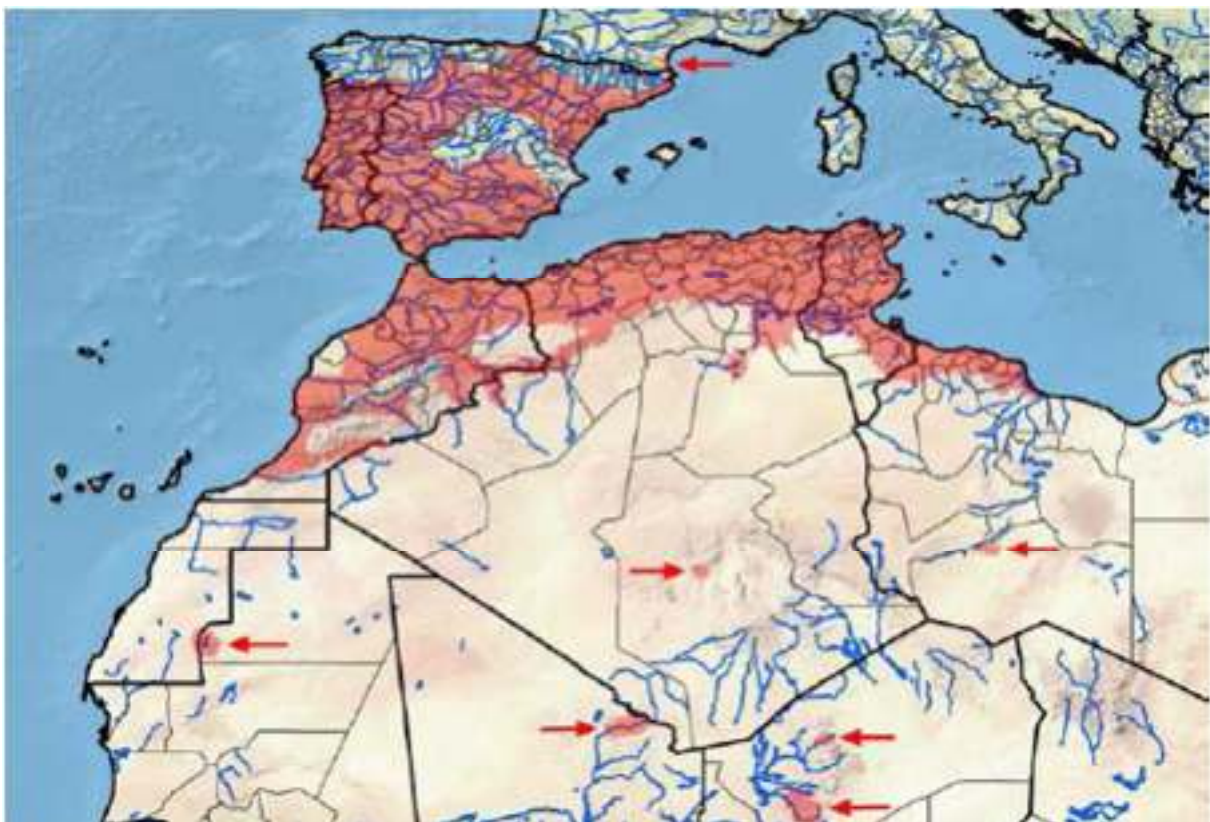


Figure 10. Aire de répartition de *Mauremys leprosa* (Van Dijk et al., 2014).

## **II. 3.6. Bioécologie de la *Mauremys leprosa***

### **II. 3.6.1. Habitat**

Cette tortue affectionne les fonds vaseux et les eaux stagnantes douces à saumâtres, des rivières à cours lent, des étangs doux, mais peut aussi habiter des ruisseaux à caractère torrentiel. En contrepartie, l'émyde évite les grands plans d'eau et préfère nettement les rivières, voire les petits cours d'eau et les Oueds. C'est une tortue discrète, elle semble rechercher des eaux turbides et des fonds vaseux lui permettant de se camoufler et de s'enfuir. Elles préfèrent les rives couvertes d'une végétation dense, herbacée et arborée, offrant ainsi une protection contre les prédateurs terrestres et un soleil trop vif. Dans certains habitats, la végétation aquatique est si dense que l'animal est incapable de nager (Schleich et al., 1996a). Elle habite les eaux lacustres de presque tous types, mais aussi des fossés de drainage, les latrines et même les eaux saumâtres (Schleich et al., 1996a). Les juvéniles sont généralement observés à une très petite hauteur d'eau (1-2 cm). La qualité de l'eau n'est pas un facteur primordial, *M. leprosa* semble supporter plus facilement une légère eutrophisation, voire une légère pollution de l'eau (Da Silva, 1995; Keller, 1997; Pleguezuelos et al., 2002). Elle tolère aussi des eaux fortement polluées par des effluents toxiques (Loulida et al., 2018a). Elle s'observe souvent en insolation sur les troncs immergés ou sur le sable. L'émyde lépreuse peut aussi coloniser les mares et les cours d'eau temporaires, parfois dépourvus de végétation.

*Mauremys leprosa* colonise surtout les Oueds (FAHD, 1993). Se rencontre parfois sur des points d'eau plus grands et plus ouverts, tels que les lacs et les grandes rivières. Vit aussi dans les marres et petits ruisseaux peu profonds, s'enfouissant dans la vase pour estiver lorsque ceux-ci s'assèchent (Arnold. et Ovenden, 2004). Elle se plaît donc dans des milieux très différents, y compris dans des eaux saumâtres ou très polluées (Fretey J. 1985).

### **II. 3.6.2. Activité**

L'Emyde lépreuse a une activité diurne dépensée au basking, mais crépusculaire par grandes chaleurs (Schleich et al., 1996a). Son activité est tributaire des conditions climatiques, quotidiennes comme saisonnières. Elle est plus active à partir de la fin du printemps jusqu'au milieu de l'été, voire plus tard en automne (Alarcos et al., 2008), et les journées ensoleillées d'hiver (Schleich et al., 1996a). Elle cherche à acquérir une température optimale, par exposition directe au soleil, ou en se mettant en contact avec des corps plus chauds, comme les pierres. Les rives ombragées lui servent à se protéger d'une chaleur excessive. Selon Ernst et Barbour 1989 in (Schleich et al., 1996a), les populations du nord hibernent, celles du sud

estivent. La tortue hiberne dans des terriers, souches, tas de pierres ou débris végétaux. La durée d'hivernage est variable selon les latitudes. Dans sa distribution nord (Espagne, France), elle est de quelques mois. Il se peut que l'engourdissement ne soit pas complet. Au moindre radoucissement, les tortues sortent de leur abri afin de s'exposer au soleil. Par ailleurs, dans les régions a été très chauds, leur refuge aquatique s'assèche et la tortue cesse d'être active, elle gagne un abri sûr et estive. Dans les régions tempérées du Maroc, la période de repos (novembre, décembre, janvier) affecte pratiquement tous les reptiles à l'exception de l'Émyde lépreuse et la Cistude. Elles restent plus ou moins actives toute l'année en fonction de la température. Lorsque la température de l'eau atteint 12°C, on peut voir nager à la surface de nombreuses émydes lépreuses (Schleich et al., 1996a). Si les possibilités de regagner d'autres étendues d'eau s'amenuisent, les tortues n'hésitent pas à s'enfouir dans la vase ou à se cacher dans des endroits stratégiques (vieilles souches, rochers, terre friable, etc.) qui se trouvent toujours à proximité du site asséché. Dans l'attente des pluies salvatrices, l'estivation peut durer plusieurs semaines. C'est une tortue craintive, avec une vue et une ouïe très fines, la présence d'une personne est décelée à une distance de plus de vingt mètres, à la moindre perturbation elle se jette dans l'eau (Schleich et al., 1996a). Cependant, il arrive qu'elle adopte d'autres comportements face à une menace, elle peut rester immobiles, tête et pattes repliées, en attendant que la menace disparaisse, ou se rétracte au maximum dans sa carapace. La distance de fuite est d'environ 15 m, les animaux plus âgés ont environ la distance de fuite double des adolescents (Schleich et al., 1996a). Mis à part sa carapace, véritable bouclier protecteur, un liquide nauséabond que déverse l'animal, constitue l'unique moyen de défense. La dossière, de couleur sombre, constitue un camouflage relativement efficace, étant donné qu'elle soit de la même couleur que le substrat sur lequel elle repose. Cela constitue bien sûr un moyen de passer inaperçu aux yeux des prédateurs. Elle peut même se débattre en usant de ses griffes pointues sans chercher à mordre.

### **II. 3.6.3. Régime alimentaire**

Son spectre alimentaire est très vaste et dépend de la disponibilité de la nourriture et l'opportunisme de l'espèce. Elle est omnivore à prévalence carnivore. Cette flexibilité est un atout pour la survie de l'espèce dans des environnements changeants (Polo-Cavia et al., 2010). Elle se nourrit essentiellement d'invertébrés (mollusques, insectes, arachnides, des crevettes d'eau douce) et de vertébrés (poissons, batraciens) vivants ou morts, ainsi que divers plantes aquatiques (algues) (Ernst et al., 1989a). Elle est particulièrement connue aussi pour

être partielle charogne (Ernst et al., 1989a), et parfois coprophage. En captivité elle mange même le pain (Schleich et al., 1996a).

*Mauremys leprosa* peut aussi chercher sa nourriture sur terre ou dans l'eau, de jour ou de nuit (Schleich et al., 1996a). Lorsque la proie est saisie de l'extérieur, elle est rapidement tirée dans l'eau. Les juvéniles tendent à être plus carnivores, consommant principalement des insectes aquatiques, des larves, de petits poissons et des crustacés ont un régime alimentaire principalement carnivore (Keller et al., 1995). Selon Bakhouch et al. (2019), les jeunes tortues algériennes consomment une grande quantité de proies aquatiques, notamment des insectes aquatiques et des petits crustacés, qui abondent dans les zones humides après les pluies. Cette disponibilité de proies est cruciale pour les jeunes tortues qui nécessitent un apport élevé en protéines pour leur développement. En vieillissant, elles adoptent un régime davantage omnivore, voire herbivore, intégrant des plantes aquatiques, des algues et des matières végétales en plus de leur apport en protéines animales (García et Díaz-Paniagua, 2007). En période de sécheresse, des jeunes adultes ont également montré une alimentation orientée vers des plantes aquatiques locales. Ben Kaddour et al. (2013) notent que les tortues adultes dans certaines régions algériennes consomment davantage de végétation pendant les mois secs, notamment des algues et des feuilles de plantes aquatiques locales. Cette adaptation est observée dans plusieurs types d'habitats, y compris les cours d'eau intermittents. L'adaptation à une alimentation plus herbivore pourrait être une stratégie pour minimiser la compétition avec d'autres espèces carnivores et pour s'assurer une source de nourriture plus accessible dans les zones où les proies sont rares.

Les changements saisonniers influencent également la composition du régime de *M. leprosa*. Pendant les mois les plus chauds, la disponibilité de proies aquatiques augmente, tandis que les périodes de sécheresse peuvent pousser la tortue à consommer davantage de matières végétales. Les habitats sujets aux variations de niveau d'eau, comme les marais et les étangs saisonniers, favorisent un régime diversifié (Pérez-Santigosa et al., 2008).

#### **II. 3.6.4. Hibernation**

Comme leurs congénères, ces tortues hibernent quand la température de l'eau chute et que les ressources alimentaires se font rares. Pendant toute la période de l'hiver, elles se réfugient alors hors de l'eau, bien enfouies sous la végétation, ou bien sous l'eau bien enterrée où elles restent en état de repos prolongé. Leur métamorphose étant fortement ralentie, elles ne remontent qu'environ tous les deux pour respirer. C'est au mois de Mars que l'on aperçoit

fréquemment les tortues sur les berges, portant encore des restants de terre sur leur carapace, ce qui indique bien la fin de l'hibernation (Maran, 1996). Cependant, dans les régions tempérées du Maroc, la période de repos affecte pratiquement tous les reptiles à l'exception de l'Émyde lépreuse. Elle reste plus ou moins active toute l'année en fonction de la température (Combescot, 1954a).

En revanche, dans les régions méridionales telles que le sud du Maroc, où les températures hivernales restent plus douces, *M. leprosa* reste active toute l'année. Dans ces environnements, elle peut adopter un comportement d'estivation durant l'été, pendant lequel elle se retire dans la boue pour se protéger des fortes chaleurs et de la sécheresse estivale, attendant des conditions plus favorables. Ce comportement saisonnier est essentiel pour la survie de l'espèce face aux variations de température et de disponibilité en eau, et permet de s'adapter aux différentes conditions rencontrées dans son habitat.

#### **II. 3.6.5. Comportement**

L'Émyde lépreuse est une tortue craintive, elle se jette dans l'eau au moindre danger. Ainsi, alors que les tortues sont parfois rassemblées par groupes de plusieurs individus (toutes ayant le cou tendu dans des directions différentes), le plongeon d'un seul individu entraîne celui de ses congénères. Lorsque la période d'hibernation est juste terminée, elles ne se jettent pas dans l'eau comme elles ont l'habitude de le faire, mais restent immobiles, tête et pattes repliées, en attendant que la menace disparaisse. La dossière de couleur sombre constitue, elle, un camouflage relativement efficace, puisqu'étant de la même couleur que le substrat sur lequel elle repose. Cela constitue bien sûr un moyen de passer inaperçu aux yeux des prédateurs. De même qu'en période d'étiage (lorsque les eaux sont au plus bas), elles quittent le plus vite possible le milieu aquatique pour se réfugier sous les rochers ou dans la végétation de la rive (et si possible dans une végétation épineuse), où il est difficile de les déloger (Franck Bonin, Bernard Devaux, Alain Dupré, 1996).

#### **II. 3.6.6. Reproduction**

Sa maturité sexuelle est précoce, apparaissant vers 4 à 5 ans chez les mâles (longueur de la dossière : environ 90 mm) et vers 7 à 8 ans chez la femelle (longueur de la carapace : 110 mm) (Le Berre, 1989). L'accouplement s'effectue sous l'eau avec une cadence très élevée au printemps (mai-avril), mais les premiers peuvent survenir même au mois de mars (Schleich et al., 1996a). Il peut arriver qu'une femelle nageuse transporte son partenaire en position inverse; ou la copulation peut même avoir lieu sur terre (Schleich et al., 1996a).

Le mâle recherche la femelle, il va alors présenter un comportement qui s'apparente à une parade nuptiale. Durant les préludes, le mâle montre une attitude agressive en mordant les flancs et la queue de la femelle, il rampe alors sur la femelle, la prenant en une prise ferme sous sa carapace avec les griffes des quatre jambes, puis il la mord dans le cou et essaye de positionner sa queue pour la copulation (Schleich et al., 1996a). La femelle pond ses œufs d'avril à aout. La période de nidification se situe entre mai et juin, elle est de 25 à 75 jours (Díaz-Paniagua et al., 2014a). Le cycle comprend 2 pontes avec 3 à 12 œufs (Da Silva, 1995). Ces données varient quelque peu selon les auteurs. Ainsi, Pritchard (1979) a signalé une moyenne de 6 à 9 œufs. Maran, 1996, indique cependant que l'Émyde lépreuse peut pondre de 3 à 14 œufs en une seule fois. Ces œufs allongés mesurent en moyenne 21 x 35 mm (24 à 39 g (Díaz-Paniagua et al., 2014a). L'emplacement de la ponte est toujours surélevé sur terre ferme de façon à éviter les risques de noyade des œufs lors de crues. Les nids sont des fosses peu profondes, la plupart du temps dans les zones sablonneuses ou entre les racines des arbres (Schleich et al., 1996a). Les jeunes, à la naissance, ont une longueur de 22,7 à 26 mm pour une largeur de 17,2 à 20mm. Le poids moyen est de 5 g. A noter que leur queue est assez longue et peut atteindre 20mm (Maran, 1996; Pritchard, 1979).

#### **II. 3.6.7. Dimorphisme sexuel**

A l'âge adulte les femelles sont plus grosses que les mâles. La tête du mâle est plus fine, plus pointue, alors que celle de la femelle est arrondie. Le plastron du mâle est légèrement concave, sa queue est renflée à la base. Chez les femelles, l'ouverture cloacale, lorsque la queue est repliée, ne dépasse pas l'extrémité des plaques anales. A l'inverse, chez le mâle, elle la dépasse. Le dimorphisme sexuel est déterminable chez les jeunes tortues mesurant entre 50 et 60 mm, ce qui correspond à un poids de 40 g et un âge de 3 ans (Maran, 1996).

#### **II. 3.6.8. Longévité**

La longévité de *M. leprosa* est d'environ 20 ans (au moins en captivité) (Arnold. et Ovenden, 2004). Ces auteurs précisent de plus que pour diverses raisons, l'âge de ces tortues est difficile à être estimer une fois qu'ils ont dépassé 12 ans (Maran, 1996).

#### **II. 3.6.9. Statut de conservation**

- Au niveau international : L'espèce est inscrite à l'annexe II (espèce de faune strictement protégée) de la Convention de « la vie sauvage et du milieu naturel » de l'Europe (Berne 1979).
- Au niveau européen : L'Émyde lépreuse est considérée comme Vulnérable (VU) dans la

European Red List of Reptiles (2009). L'Emyde lépreuse est inscrite aux annexes II (espèce d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation) et IV (espèce d'intérêt communautaire qui nécessite une protection stricte) de la directive européenne 92/43/CEE du conseil du 21/05/1992 dite directive « Habitats-Faune et Flore ».

- Au niveau national : cette espèce n'est pas classée parmi les espèces considérées menacées en Algérie.

Globalement cette espèce n'est pas considérée comme menacée au milieu naturel, surtout en Afrique du Nord. Néanmoins, le principal obstacle à sa conservation en Algérie est le manque d'information sur l'espèce.

## **II. 4. Méthodologie d'étude**

Sur la base de leurs différences d'habitats, nous avons choisi de déterminer 02 régions d'échantillonnages, une au niveau du parc national d'El Kala et l'autre à la plaine d'Annaba. Elles sont caractérisées chacune par des conditions écologiques locales distinctes. Les sites de collecte ont été déterminés sur la base de :

- l'abondance des tortues,
- le type d'habitat,
- l'accessibilité générale du site,
- l'état de perturbation des milieux.

### **II. 4.1. Période d'échantillonnage**

Les sorties ont été réalisées dans les deux sites « Oued Boukhmira » et « Lac Tonga » à raison de 05 sorties par semaine durant la période de reproduction des tortues entre le mois d'Avril jusqu'à la fin du mois de Septembre (Année 2022) et ce pour augmenter nos chances à la fois de trouver des nids non prédatés, et des femelles gravides.

### **II. 4.2. Capture**

Les tortues ont été capturées manuellement lorsqu'elles sortaient de l'eau pour la ponte, ou à l'aide d'un salabre (filet à manche) pendant leurs déplacements aquatiques (Figure 11 , Figure 12). En complément, un filet verveux a été utilisé pour capturer les individus dans les zones plus profondes.



**Figure 11.** Capture à la main (à gauche) et à l'aide d'un filet a manche (au milieu) ou filet verveux (à droite) (© Gahmous, 2022).

***Matériel de mesure et de marquage :***

- Pied à coulisse (précision de 0,1 mm) qui permet de relever les mesures biométriques (longueur et largeur de la dossière et du plastron, etc.).
- Appareil photographique pour prendre des photos de chaque individu capturé.
- Une cage et des bacs en plastique ont été utilisés pour stocker les tortues pendant la durée nécessaire à la réalisation des différentes opérations prévues par le protocole.
- Lime ronde et fine (diamètre : 3,5 mm) pour marquer les individus.
- Peinture glycérophtalique blanche pour marquer les individus.



Figure 12. Opération de stockage et libération des spécimens capturés.

## II. 4.3. Collecte des données

### II. 4.3.1. Marquage

Chaque individu capturé a été marqué par un marquage individuel par incision des écailles marginales à l'aide d'une mini scie selon la codification initiée par (Servan, 1986) (Figure 13). Ces marques peuvent persister pour longtemps, ce qui assure le suivi de tortue à moyen terme.

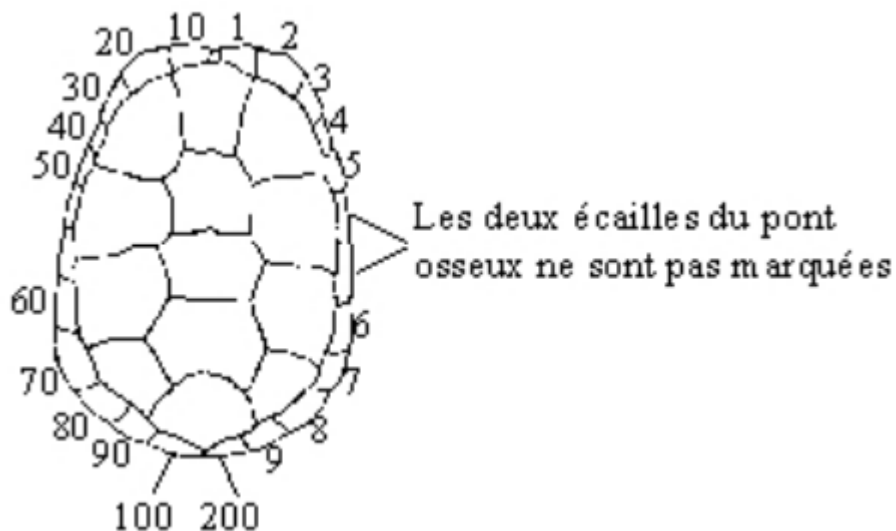


Figure 13. Marquage des Emydes (Servan et al., 1986).

### II. 4.3.2. Détermination du sexe

Une fois codifié, nous avons utilisé les critères morphologiques externes pour sexer les individus en se basant sur la forme des yeux, le plastron et le cloaque (naturels et al., 2004; Schulze and Fritz, 2003).

Les mâles ont des yeux arrondis et un plastron concave en plus le cloaque est éloigné de la carapace (Figure 14).



**Figure 14.** Quelques caractères morphologiques déterminant du sexe chez la tortue *M. leprosa* (© Gahmous, 2022).

Les femelles ont des yeux plus au moins effilés et un plastron plat avec un cloaque très proche de la carapace en plus de la taille des femelles qui est grande par rapport aux mâles (Figure 14).

#### **II. 4.3.3. Examen radiologique**

Pour cette étude, nous avons pris en considération que les femelles. Chacune, une fois capturée a été palpée en introduisant les doigts dans la partie inguinale pour vérifier la présence des œufs (Photo 5). Les femelles sélectionnées gravides ou soupçonnées gravides ont été transportées vers le laboratoire pour la radiographie. Nous avons utilisé un rayonnement X de constante (320mA, 40KV, 0,4s).

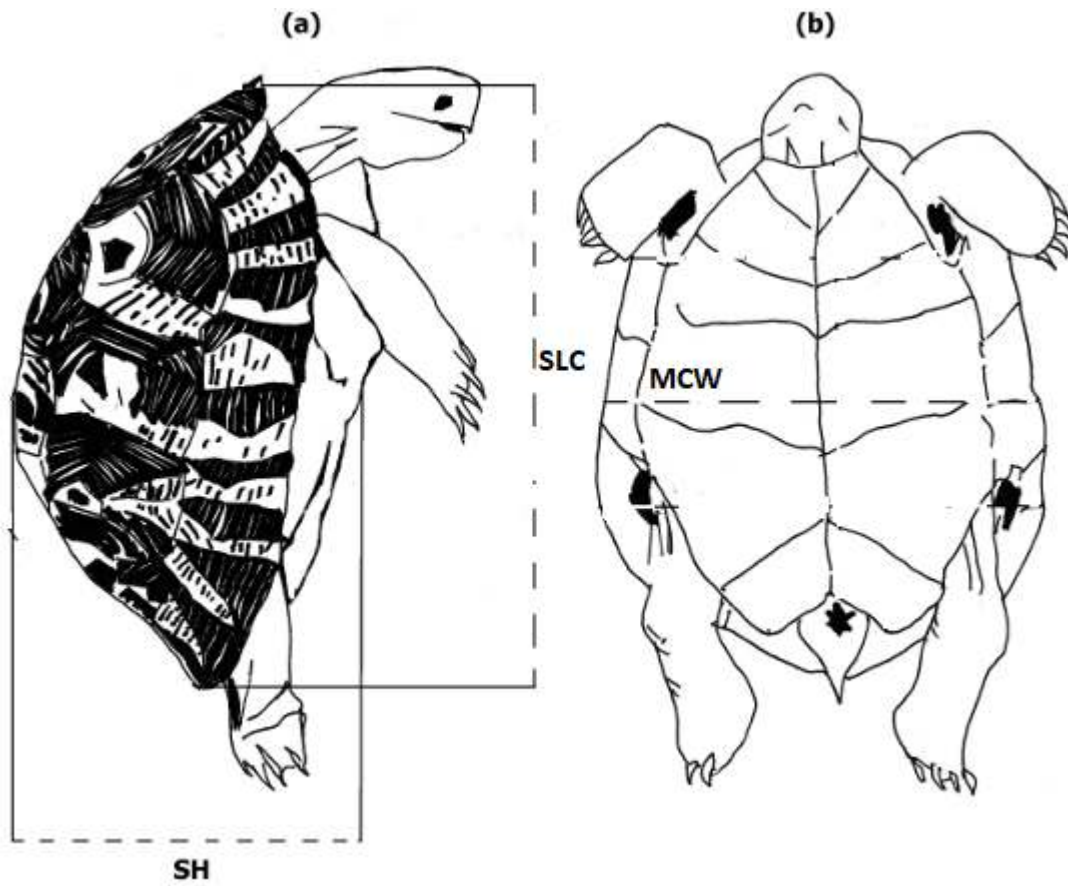


Photo 5. Palpation des femelles sur terrain à la recherche de présence des œufs (© Gahmous, 2022).

#### II. 4.3.4. Mesures morphométriques

Nous avons procédé aux mensurations des femelles gravides, en utilisant un pied à coulisse manuel pour mesurer les traits morphologiques généraux suivants (Figure 15) :

- La longueur droite de la carapace (SLC) : la distance horizontale droite entre les écailles nucale et supracaudale.
- La largeur médiane de la carapace (MCW) : la largeur médiane du corps mesurée entre les deux bords antérieurs des 7<sup>èmes</sup> écailles marginales.
- La hauteur maximale de la carapace (SH) : mesurée entre le plus haut point de la carapace et le plus bas du plastron.



**Figure 15.** Mensurations morphométriques générales. En haut figure schématique des mesures sélectionnées, et en bas photo de prise de la mesure de la longueur de la carapace

#### II. 4.3.5. Prospection des nids

La prospection des nids a été réalisée en marchant à pied sur les bords du cours d'eau à la recherche des traces du déplacement des femelles nidifiantes, ou bien par la détection du couvercle de son nid caractéristique.

#### II. 4.3.6. Mesures des œufs

Après avoir détecté le nid, nous avons procédé à son ouverture avec prudence, puis avons compté le nombre d'œufs qu'on a fait minutieusement sortir une à une. Chaque œuf a fait l'objet de trois mesures principales : la longueur maximale (LO) et la largeur maximale (IO), mesurées avec une précision de 0,1 mm, ainsi que le poids (PO), mesuré à 0,1 g. près (Photo 6). Après ces mensurations, chaque œuf a été remplacé dans le nid selon son ordre d'origine. Nous avons veillé à recouvrir le nid soigneusement de la façon à retrouver son aspect d'origine. Nous avons calculé CM qui est la somme de la masse d'œufs individuels (EM) au sein d'une ponte.



**Photo 6.** Mensuration morphométrique et du poids des œufs.

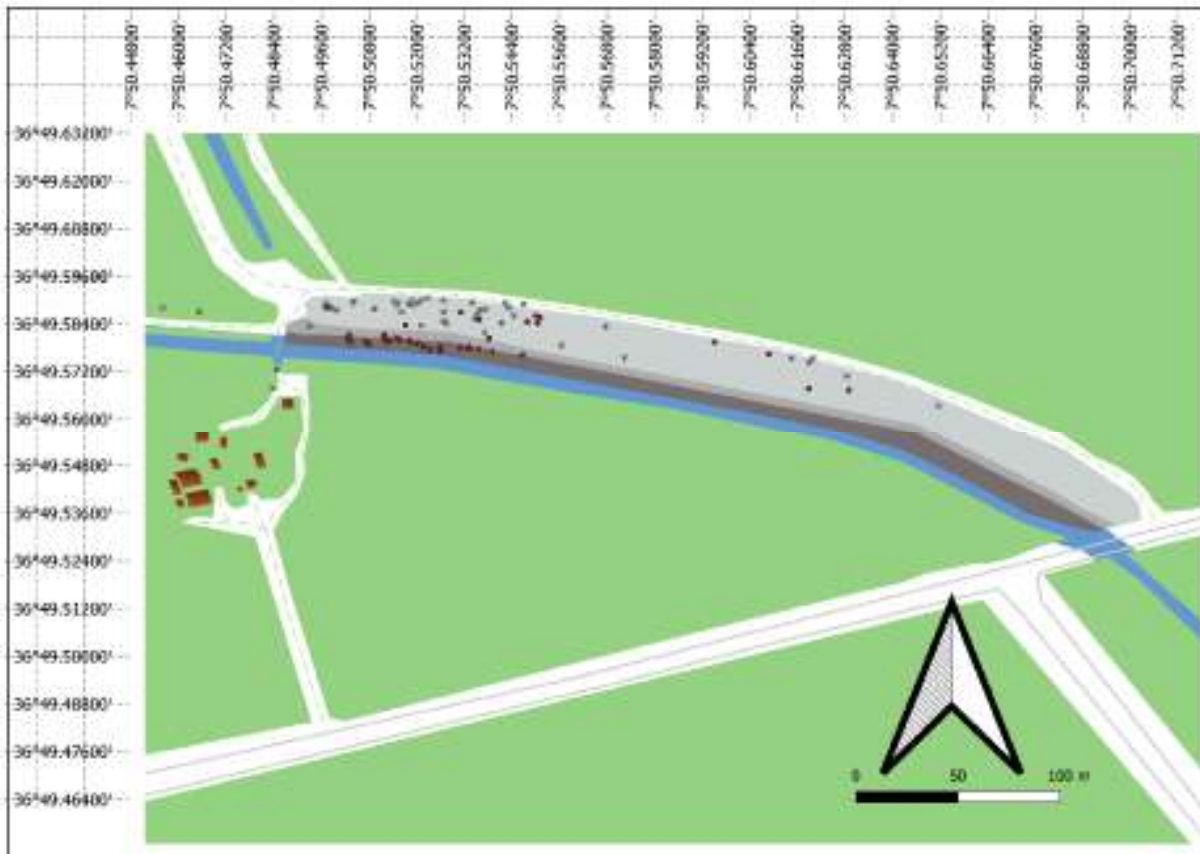
## II. 4.4. Protocol d'échantillonnage (écologie)

### II. 4.4.1. Période d'échantillonnage

Tout le protocole d'échantillonnage qui concerne la détection des nids, la limitation du site de nidification, les prélèvements phytoécologiques et l'identification des taxons échantillonnés, a été réalisé entre juillet et septembre de l'année 2020.

### II. 4.4.2. Site d'étude

La prospection des berges de l'estuaire fluviale « Boukhmira » nous a permis de localiser un habitat de nidification pour une population de *M. leprosa*, d'une superficie globale d'environ 1 hectare (Figure 16). Il s'agit d'une friche, à proximité de quelques habitations, qui a été abandonnée depuis 4 ans. Cet habitat semble bien être un habitat de haute préférence pour l'emplacement des nids, puisque nous avons détecté sur ce petit site une centaine de nids.



**Figure 16.** Carte du site de nidification de la tortue *Mauremys leprosa* sur la berge de l'estuaire Boukhmira, montrant sa stratification verticale en 3 bandes, ainsi que sa proximité d'une agglomération. Expression de couleurs ; marron, habitations ; bleu, l'eau.

#### II. 4.4.3. Description géographique et physique du site

Sa proximité aux habitations, et son exploitation agricole récente qualifient ce site « d'anthropisé ». Le site est une berge pentue d'Oued Boukhmira, sur sa partie avale fluviale, à 1,8 kilomètre de la mer. Il se situe entre la latitude 7°50'44-7°50'70 nord et la longitude 36°49'52- 36°49'60 est (Fig. 07).

Cette berge se structure en 3 bandes de pente (Figure 16). Une première bande de 6 m de largeur maximale, qui s'élève entre 3m au contact de l'eau, à 5m, puis une deuxième, d'une largeur de 4m max, qui s'élève de 5m à 9m, et la troisième plus large plutôt horizontale, d'une largeur maximale de 27m, et une altitude de 9m à 10m.

#### II. 4.4.4. Echantillonnage de la végétation

En vue d'établir une cartographie précise de végétation du site d'étude, nous avons échantillonné 131 quadrats représentatives avec la méthode d'échantillonnage systématique, qui est l'une des méthodes fiables pour pouvoir représenter la végétation dans une aire donnée. Les quadrats échantillonnés étaient codés pour localiser les nids des tortues d'une part, et pour représenter les différentes unités végétales d'autre part (Figure 17).

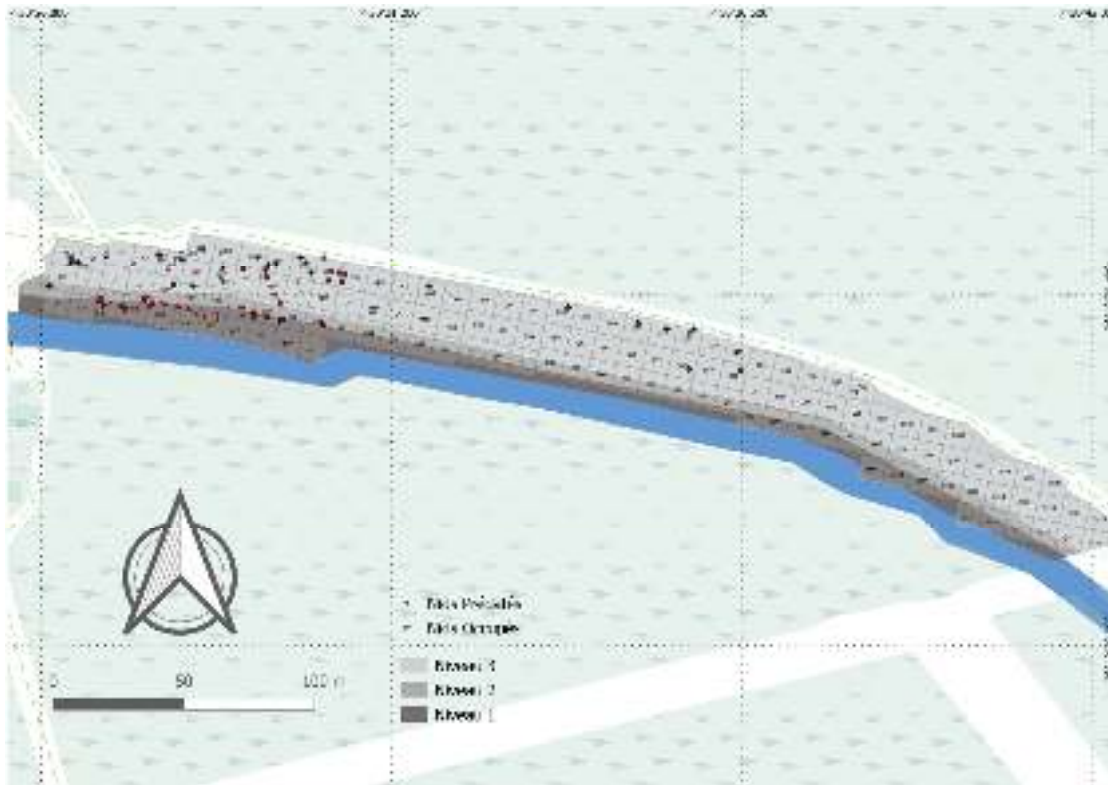


Figure 17. Carte de maillage utilisée pour échantillonner systématiquement tous les quadrats de 10 m2.

#### **II. 4.4.5. Taux de recouvrement végétal et données de cartographie**

Le calcul du taux de recouvrement des espèces recensées permet de définir leurs taux d'occupation du sol. Le relevé phytoécologique a été réalisé par la méthode linéaire permettant de recenser toutes les espèces au sein des stations échantillonnées (Dajet & Poissonet, 1971). Grâce au ruban mètre tendu sur une longueur de 10 m, nous avons enregistré les fréquences spécifiques des espèces observées sur un papier pré-codé d'une équidistance de 10 cm. Le recensement linéaire systématique des espèces le long des 131 quadrats, nous a permis aussi de les cartographier.

#### **II. 4.4.6. Identification des plantes échantillonnées**

Toutes les plantes ont été identifiées jusqu'au niveau spécifique, à l'exception des pelouses, qui, en raison de leur ressemblance morphologique, ont été regroupées sous la famille des Poacées (Graminées).

L'identification a été basée sur les critères anatomiques externes des différentes parties de la plante (tige, feuilles, fleurs et fruits). L'incalculable contribution des spécialistes en botanique, M. Koudri Mohamed de l'Université de Amar Thelidji, Laghouat et Mme Haou Sihem de l'Université Chadli Bendjedid d'El Tarf, a grandement facilité la tâche d'identification des espèces végétales. Le recours à des sites web spécialisés a été profitable, car ces sites avaient assez d'illustrations sur les végétaux.

#### **II. 4.4.7. Traitement des données**

Nous avons testé la normalité de la distribution des variables morphométriques, en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov.

La moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum ont été déterminés pour chaque paramètre. Les données concernant la taille du corps et des œufs sont des mesures. L'existence de différences significatives dans les variations de taille ont été testées par l'analyse de la variance (ANOVA).

L'analyse de la composition et la structure de la flore du site d'étude, a été basée sur le calcul d'un certain nombre de paramètres :

- a. Richesse spécifique(S)** : C'est le nombre d'espèces ou groupes de taxons (S) rencontrés ou moins une fois au terme de N relevés (Blondel, 1975).
- b. Abondance (spécifique et relative)** : L'abondance spécifique  $n_i$  d'une espèce c'est le nombre d'individus de cette espèce dans un milieu donné. L'abondance relative est le

rapport de son abondance spécifique à l'abondance total (N). Cette dernière correspond au nombre d'individus de toutes les espèces du peuplement a un moment donné.



## **RESULTATS**

### III. RESULTAT

---

#### III. 1. Phénologie de reproduction

Bien que des efforts d'échantillonnage comparables aient été déployés dans les deux habitats, cela a permis de détecter un nombre différent de femelles gravides et de nids intacts (Photo 7). Le nombre de femelles échantillonnées était plus élevé à Boukhmira qu'au lac Tonga. Au total, nous avons pu capturer 43 femelles gravides à Boukhmira et 12 au lac Tonga, toutes confirmées positives par radiographie.

Les efforts de prospection active sur les deux sites ont permis de détecter 49 nids contenant des œufs sur un total de 88 nids à Boukhmira, tandis qu'aucun nid n'a été trouvé dans le lac Tonga.



Photo 7. Nids de la tortue *M. leprosa*.

##### III. 1.1. Taille du corps des femelles gravides

Le test de comparaison ANOVA unidirectionnelle des descripteurs de la taille corporelle réalisé entre les données des femelles gravides des deux sites d'étude a révélé une différence significative des trois descripteurs (SCL, MCW et SH), toujours plus importante à Boukhmira (Tableau 1). Les valeurs des tests statistiques étaient comme suit :

- $F_{SCL(1,53)} = 10,85; p < 0,01,$
- $F_{MCW(1,53)} = 23,36; p < 0,001,$
- $F_{SH(1,53)} = 13,05; p < 0,001$

Les longueurs moyennes du corps des femelles (SCL) confirmées gravides par radiographie aux rayons-X étaient de  $189,47 \pm 11,41$  mm à Boukhmira et de  $177,20 \pm 11,45$  mm au Lac Tonga. Les plus petites mesuraient respectivement 161,70 mm et 150,90 mm, tandis que les plus grandes mesuraient respectivement 213,4 mm et 190,3 mm. La largeur moyenne de la carapace du milieu du corps et la hauteur de la carapace des femelles de Boukhmira étaient respectivement de  $133,74 \pm 6,89$  mm et  $66,80 \pm 5,54$  mm, nettement plus grandes que celles des femelles du Lac Tonga de  $121,26 \pm 10,97$  mm et  $60,15 \pm 5,97$  mm (Tableau 3). Les mesures de la plus large et la plus haute carapace étaient 153,30 mm et 54,10 mm.

**Tableau 3.** Données morphométriques des femelles gravides échantillonnées dans les deux habitats étudiés. Var : variable ; SD : écart type ; n = taille de l'échantillon ; SCL : longueur de carapace droite ; MCW : largeur de la carapace à la moitié du corps ; SH : hauteur de la carapace.

Site	Boukhmira			Lac Tonga			ANOVA test
Var. (mm)	Moyenne $\pm$ ET (n = 43)	Taille la plus petite des femelles gravides (mm)	Taille la plus grande des femelles gravides (mm)	Moyenne $\pm$ ET (n = 12)	Taille la plus petite des femelles gravides (mm)	Taille la plus grande des femelles gravides (mm)	
SCL	$189,47 \pm 11,41$	161,70	213,40	$177,20 \pm 11,45$	150,90	190,30	$F_{(1, 53)} = 10,85; p < 0,01$
MCW	$133,74 \pm 6,89$	118,40	153,30	$121,26 \pm 10,97$	98,30	131,40	$F_{(1, 53)} = 23,36; p < 0,001$
SH	$66,80 \pm 5,54$	54,10	79,60	$60,15 \pm 5,97$	51,20	71,90	$F_{(1, 53)} = 13,05; p < 0,001$

### III. 1.2. Taille de ponte

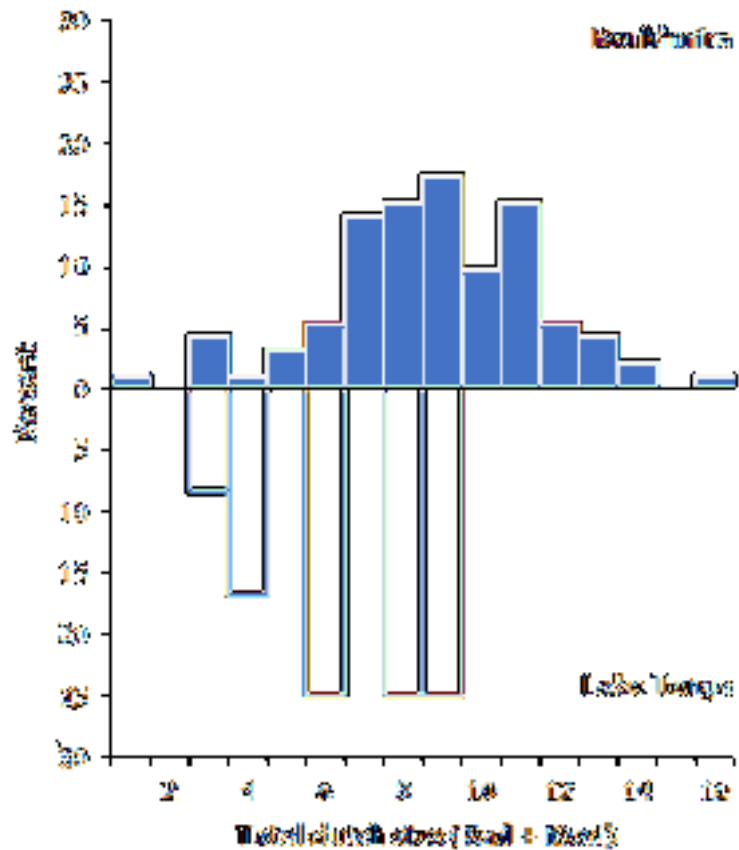
Les tailles moyennes des pontes dans les deux populations étudiées basées sur les femelles radiographiées étaient significativement différentes (ANOVA, site :  $F_{(1, 53)} = 15,14$  ;  $p < 0,001$ ), nettement plus grandes chez les femelles de Boukhmira de  $9,70 \pm 2,45$  œufs, que dans le Lac Tonga de  $6,67 \pm 2,15$  œufs. Détectées exclusivement à Boukhmira, la taille des pontes des nids, combinée aux clichés obtenus par rayons X, donne une taille moyenne de ponte de

$8,79 \pm 2,70$  œufs (gamme, 1 – 16 ; n = 92). Les deux pontes extrêmes de « un œuf » et de « 16 œufs » ont été détectées par radiographie, toutes deux observées à Boukhmira (Figure 18).



**Figure 18.** Les deux tailles extrêmes de ponte (un œuf et 16 œufs) détectées dans la population de Boukhmira. Les valeurs indiquées sur les clichés sont des codes qui permettent à identifier les tortues radiographiées.

La répartition des pontes montre un écart flagrant entre les deux populations étudiées (Figure 19). La majorité des pontes à Boukhmira (77 %) était constituée de 7 à 12 œufs, tandis que les intervalles de 1 à 6 œufs et de 13 à 16 œufs représentent respectivement 15 % et 8 % des pontes. Au Lac Toga, les pontes n'avaient pas dépassé la taille de 9 œufs et étaient principalement concentrées à 75 % entre 6 et 9 œufs, et les 25 % restants se situaient entre 3 et 4 œufs.



**Figure 19.** Répartition des tailles de ponte dans les populations étudiées, basée sur la radiographie et les données de nidification.

Les statistiques descriptives de la taille des pontes basées séparément sur le nombre de nids, la radiographie des femelles ou sur une combinaison des deux ensembles de données regroupées sont résumées dans le Tableau 4.

**Tableau 4.** Statistiques descriptives de la taille des pontes des populations étudiées. Var : variable ; SD : écart type, N : taille de l'échantillon, N-CS : taille de ponte échantillonnée dans les nids, RAD-CS : taille de ponte détectée chez les femelles par radiographie, Total-CS : taille de la ponte regroupée obtenue par combinaison du décompte des nids et des radiographies des femelles.

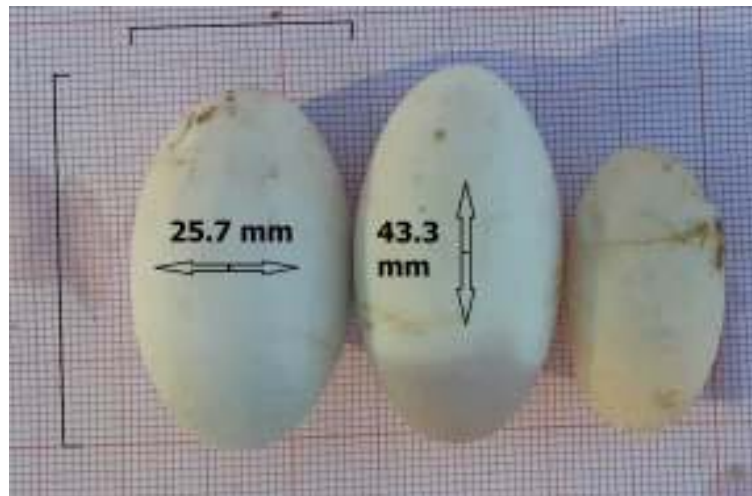
Site	Boukhmira			Lake Tonga		
Var.	Moyenne ± SD	Gamme	N	Moyenne ± SD	Gamme	N
N-CS	8,00 ± 2,68	3 - 14	49	-	-	-
RAD-CS	9,70 ± 2,45	1 - 16	43	6,67 ± 2,15	3 - 9	12
Total-CS	8,79 ± 2,70	1 - 16	92	6,67 ± 2,15	3 - 9	12

### III. 1.3. Tailles des œufs dans les populations étudiées

Sur la base de notre choix méthodologique pour l'analyse descriptive des œufs consistant à exclure les mesures de taille des œufs établies à partir des images et à s'appuyer exclusivement sur les mesures directes réalisées avec un pied à coulisse, seule la population de Boukhmira a fourni des données de nids.

Au total, 387 œufs ont été collectés depuis 49 nids. Les œufs avaient une longueur moyenne de  $35,95 \pm 1,95$  mm (31,8 - 43,3 mm) et une largeur moyenne de  $20,64 \pm 1,17$  mm (17,2 - 25,7 mm). Les œufs les plus longs et les plus larges ont été photographiés sur du papier millimétré (Figure 20). La masse moyenne des œufs (EM) et la masse de la ponte (CM) étaient respectivement de  $8,69 \pm 1,31$  g (gamme : 4,7 - 12,5 g, n = 382) et de  $69,27 \pm 26,32$  g (gamme : 21,0 - 127,5 g, n = 44).

Les mesures de la taille des œufs effectuées sur les images comparées entre les deux populations étudiées n'ont pas montré de différences significatives (Moyenne-EL :  $F_{(1, 53)} = 0,09$ ,  $p = 0,77$  ; Moyenne-EW :  $F_{(1, 53)} = 0,05$  ;  $p = 0,82$ ).



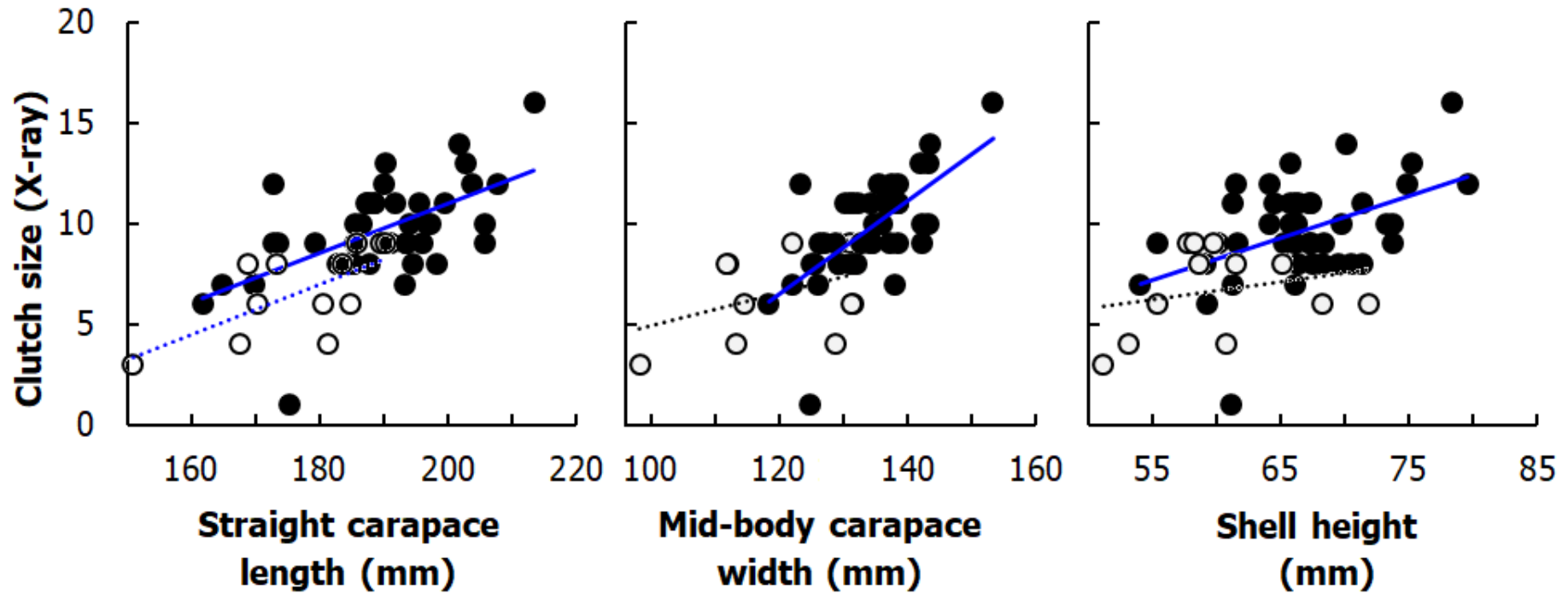
**Figure 20.** Démonstration des différences morphométriques entre l'œuf le plus large (œuf de gauche), le plus long (œuf du milieu) et l'œuf proche des dimensions minimales (œuf de droite) enregistrées lors de la présente étude.

### **III. 1.4. Corrélation entre la taille de la ponte et la taille du corps des femelles gravides**

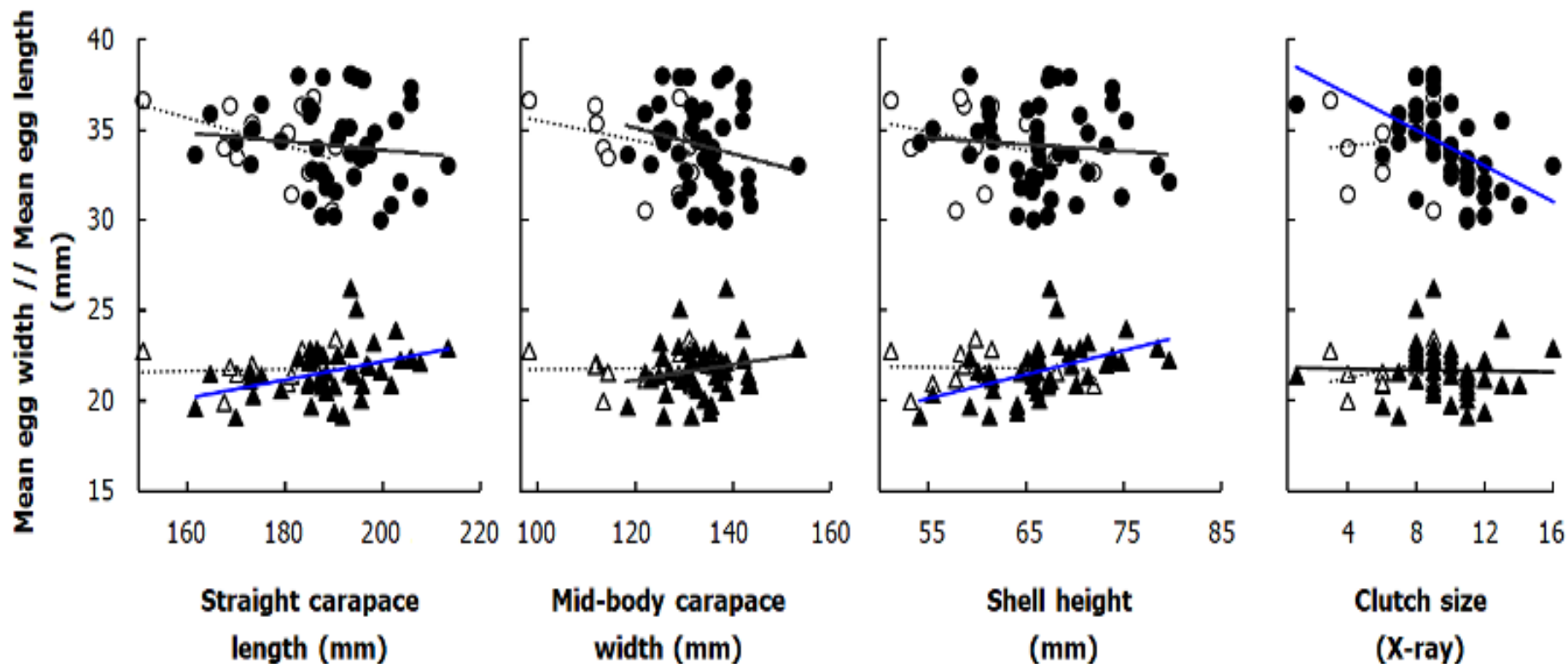
La taille des pontes était positivement corrélée à la longueur du corps des femelles gravides dans les deux habitats étudiés (SCL vs Rad-CS Boukhmira :  $r = 0,57$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 42$  ; Lac Tonga :  $r = 0,66$ ,  $p < 0,05$ ,  $n = 12$ ). Cependant, les corrélations examinées avec la largeur du milieu du corps et la hauteur de la carapace n'étaient significatives que dans la population de Boukhmira (MCW vs Rad-CS,  $r = 0,66$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 42$ ), (SH vs Rad-CS,  $r = 0,47$ ,  $p < 0,01$ ,  $n = 42$ ) (Figure 21).

### **III. 1.5. Relations entre la taille corporelle des femelles gravides, la taille de la ponte et la taille des œufs**

Aucune corrélation significative n'a été observée entre les descripteurs de taille des femelles et la longueur moyenne des œufs dans les deux habitats. Les corrélations significatives obtenues proviennent des données de la population de Boukhmira (Figure 22), à savoir la largeur moyenne des œufs, qui a été corrélée positivement avec SCL ( $r = 0,40$ ,  $p < 0,01$ ,  $n = 42$ ) et avec SH ( $r = 0,50$ ,  $p < 0,01$ ,  $n = 42$ ) (Fig.5). La longueur moyenne des œufs était significativement négativement corrélée à la taille de ponte uniquement à Boukhmira (Boukhmira :  $r = -0,53$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 42$  ; Lac Tonga :  $r = 0,09$ ,  $p = 0,78$ ,  $n = 12$ ), contrairement à la largeur moyenne des œufs, qui n'était pas significativement corrélée dans les deux habitats étudiés (Boukhmira :  $r = -0,02$  ;  $p = 0,893$  ;  $n = 42$  ; Lac Tonga :  $r = 0,42$  ;  $p = 0,18$  ;  $n = 12$ ).



**Figure 21.** Régressions linéaires entre les mesures sélectionnées de la taille corporelle et les tailles de ponte obtenues par rayons X (Clutch size) chez les populations étudiées de *Mauremys leprosa*. Les données de la population de Boukhmira (les courbes de tendance pleines associées aux cercles noirs) et de la population du Lac Tonga (les courbes de tendance en pointillés associées aux cercles ouverts) ont été analysées séparément. Les équations des lignes de régression significatives (lignes bleues) sont respectivement en haut à gauche : Cluch = - 13,49 + 0,12 SCL ( $r^2 = 32,6\%$ ) ; Cluch = - 15,41 + 0,12 SCL ( $r^2 = 44,1\%$ ) ; Cluch = - 21,58 + 0,23 MCW ( $r^2 = 43,4\%$ ) ; Cluch = - 4,283 + 0,21 SH ( $r^2 = 22,5\%$ ).



**Figure 22.** Régressions linéaires entre la longueur moyenne (cercles) et la largeur (triangles) des œufs et 3 mesures de taille corporelle en plus de la taille de ponte des deux populations étudiées de *Mauremys leprosa* (technique des rayons X) Les lignes de tendance pleines associées aux formes de couleur noire représentent les données de la population de Boukhmira, tandis que les lignes de tendance en pointillés associées aux formes ouvertes représentent les données du lac Tonga. Les lignes de régression significatives (en bleu) partent respectivement de la gauche : Moyenne EW =  $12,11 + 0,05 \text{ SCL}$  ( $r^2 = 15,9 \%$ ) ; Moyenne EW =  $12,90 + 0,13 \text{ SH}$  ( $r^2 = 25,4 \%$ ) ; Moyenne EL =  $38,98 - 0,50 \text{ Rad-Clutch}$  ( $r^2 = 28,4 \%$ ).

### III. 2. Écologie de reproduction

La prospection des berges de l'estuaire fluviale « Boukhmira » nous a permis de détecter un habitat de nidification pour une population de *M. leprosa* (Photo 8). Il s'agit d'une friche abandonnée depuis quatre ans, d'une superficie d'un hectare, située à proximité de quelques habitations. Cet habitat semble être un habitat de haute préférence pour l'emplacement des nids, puisque nous y avons détecté 88 nids sur ce petit site.



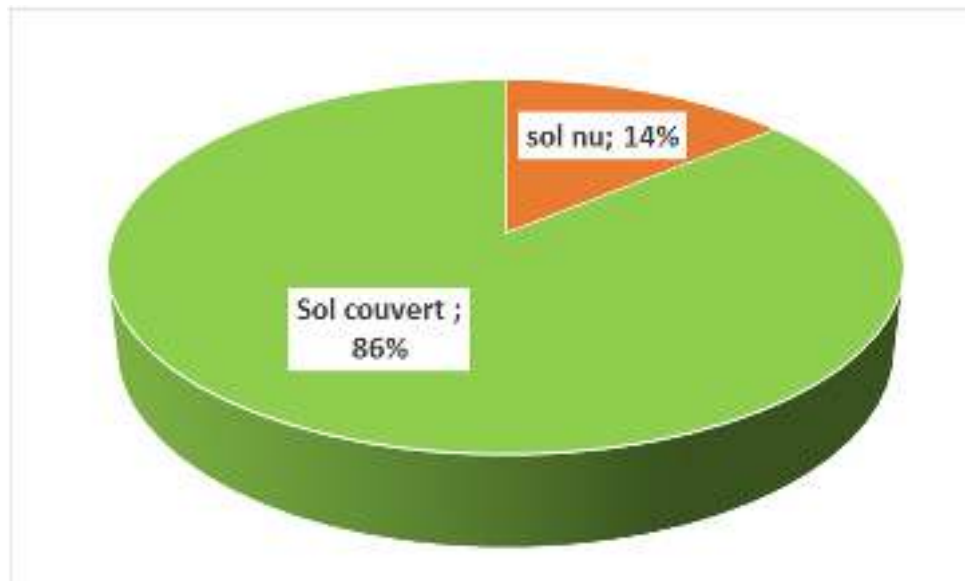
Photo 8. Site de nidification de la tortue *M. leprosa* à Boukhmira, Annaba.

#### III. 2.1. Identification de la végétation du site

Les relevés de la végétation sur le site d'étude ont permis d'identifier 14 espèces végétales, en plus des espèces non identifiées de la famille des Poaceae (Graminées) (Annexe 1).

#### III. 2.2. Occupation de sol du site

Le site de nidification des tortues était couvert de végétation à 86% de sa superficie globale, contre seulement 14% de terrain nu (Figure 23).

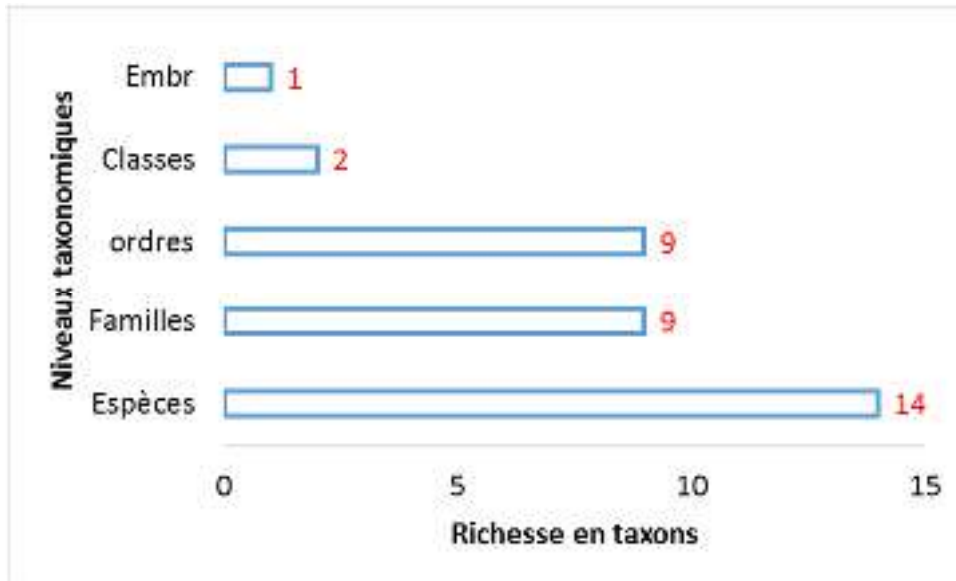


**Figure 23.** Pourcentage de recouvrement de sol du site étudié.

### III. 2.3. Composition et de structure de la végétation du site étudié

#### III. 2.3.1. Richesse totale (S)

Globalement, tous les taxons végétaux rencontrés sur le site étudié appartiennent à l'embranchement des Magnoliophyta (Angiospermes), et se divise entre 2 classes (Classe : Liliopsida (Monocotylédones) et Magnoliopsida (Dicotylédones). Ces dernières se ramifient en 9 ordres (Poales, Rosales, Rosales, Lamiales, Asterales, Solanales, Apiales, Caryophyllales, et Scrophulariales) et 9 familles (Poaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae, Asteraceae, Convolvulaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Amaranthaceae, Oleaceae). A leur tour ces familles se sont déclinées en 14 différentes espèces (*Phragmites australis*, *Ampelodesmos mauritanicus*, *Rubus fruticosus*, *Verbascum pulverulentum*, *Picris echioides*, *Convolvulus arvensis*, *Mentha pulegium*, *Scolymus hispanicus*, *Eryngium planum*, *Daucus carota*, *Foeniculum vulgare*, *Galactites tomentosa*, *Achyranthes aspera* et *Olea oleaster*), en plus des pelouses (Poacées) non identifiées (Figure 24).

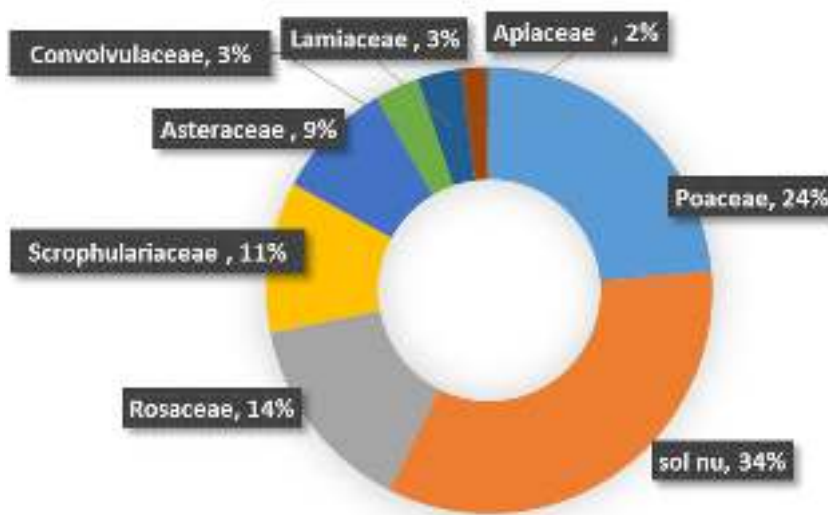


**Figure 24.** Richesse des taxons végétaux rencontrés sur le site de nidification.

### III. 2.3.2. Pourcentage d'occupation de sol du site par les végétaux

*Par famille :*

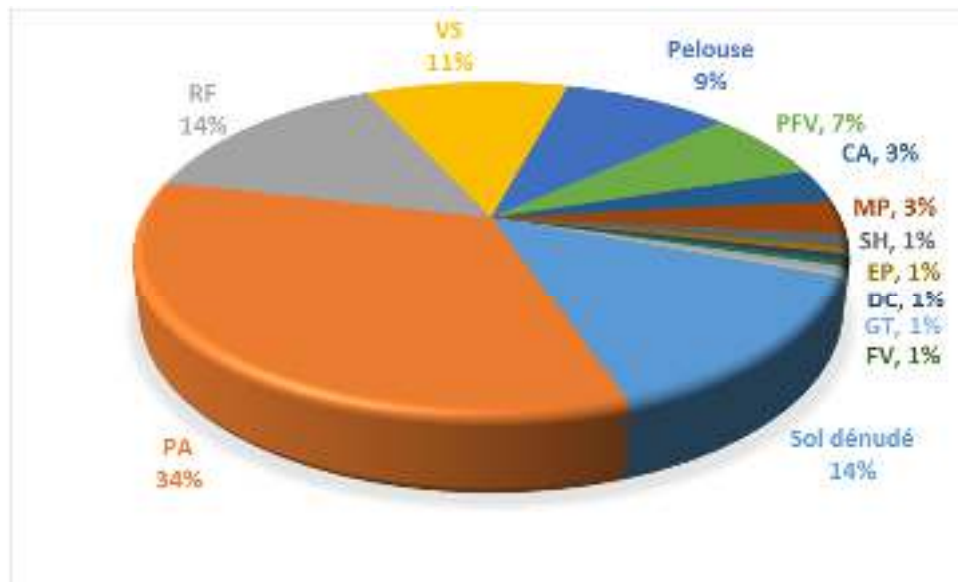
Le sol de la friche étudiée était principalement recouvert par des Poacées (Graminées), représentées par les phragmites et la pelouse (24%), suivies des Rosacées, avec l'arbrisseau ronce des bois (14%), puis des Scrophulariacées, représentées par la molène sinuée (11%), et enfin des Astéracées, avec deux plantes composées (9%). Les autres familles végétales n'ont couvert qu'au maximum 3% de la surface du sol (Figure 25).



**Figure 25.** Recouvrement de sol du site étudié par familles de plantes.

*Par espèce :*

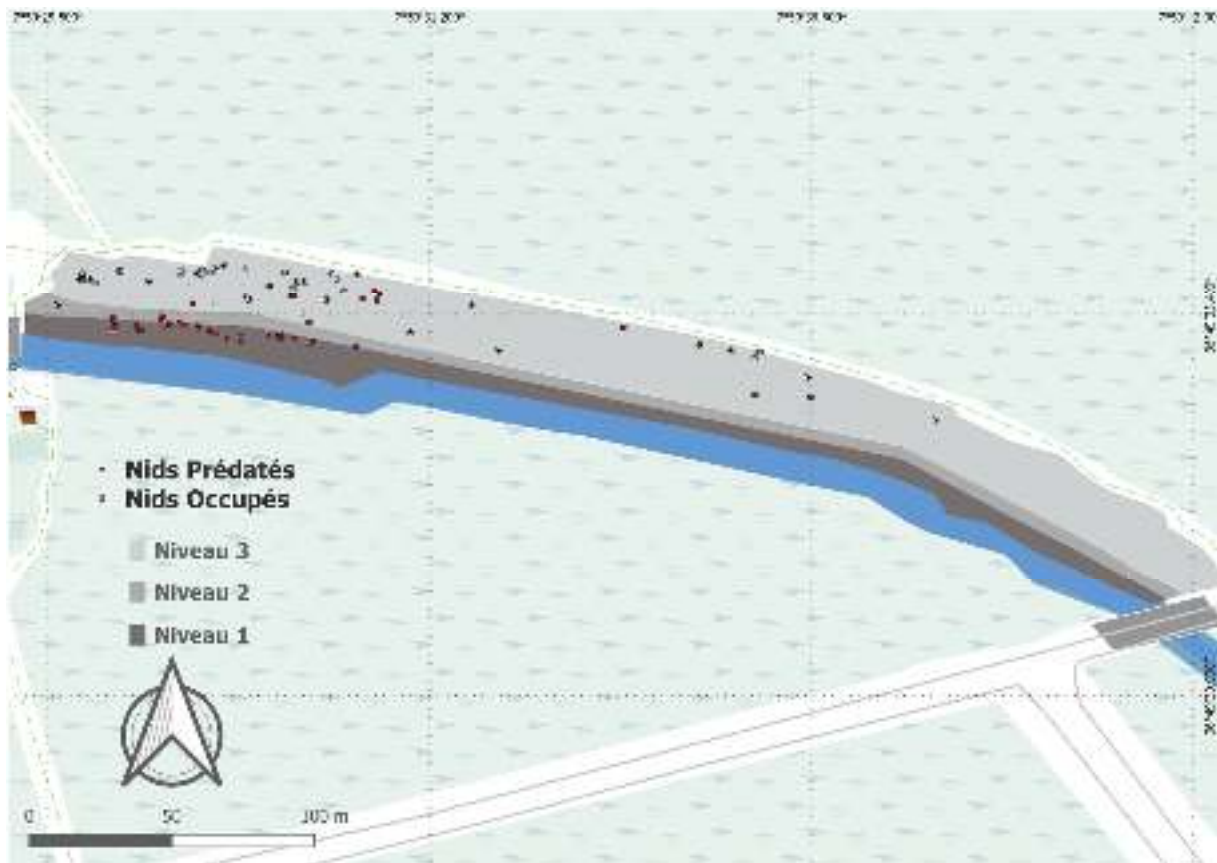
Parmi les espèces présentes sur le site de nidification des tortues, les phragmites (PA) avaient le taux de recouvrement le plus élevé, avec 34%, suivies par la ronce des bois (RF) à 14% et la molène sinuée (VS) à 11%. Les autres plantes n'ont pas dépassé individuellement 9% (Figure 26).



**Figure 26.** Recouvrement de sol du site étudié par espèces de plantes. PA, *Phragmites australis*; RF, *Rubus fruticosus*; VS, *Verbascum sinuatum*; PFV, *Picris echioides*; CA, *Convolvulus arvensis*; MP, *Mentha pulegium*; SH, *Scolymus hispanicus*; EP, *Eryngium planum*; DC, *Daucus carota*; FV, *Foeniculum vulgare*; GT, *Galactites tomentosa*; AA, *Achyranthes aspera*; AM, *Ampelodesmos mauritanicus*; OO, *Olea oleaster*.

### III. 2.4. Répartition spatiale des nids

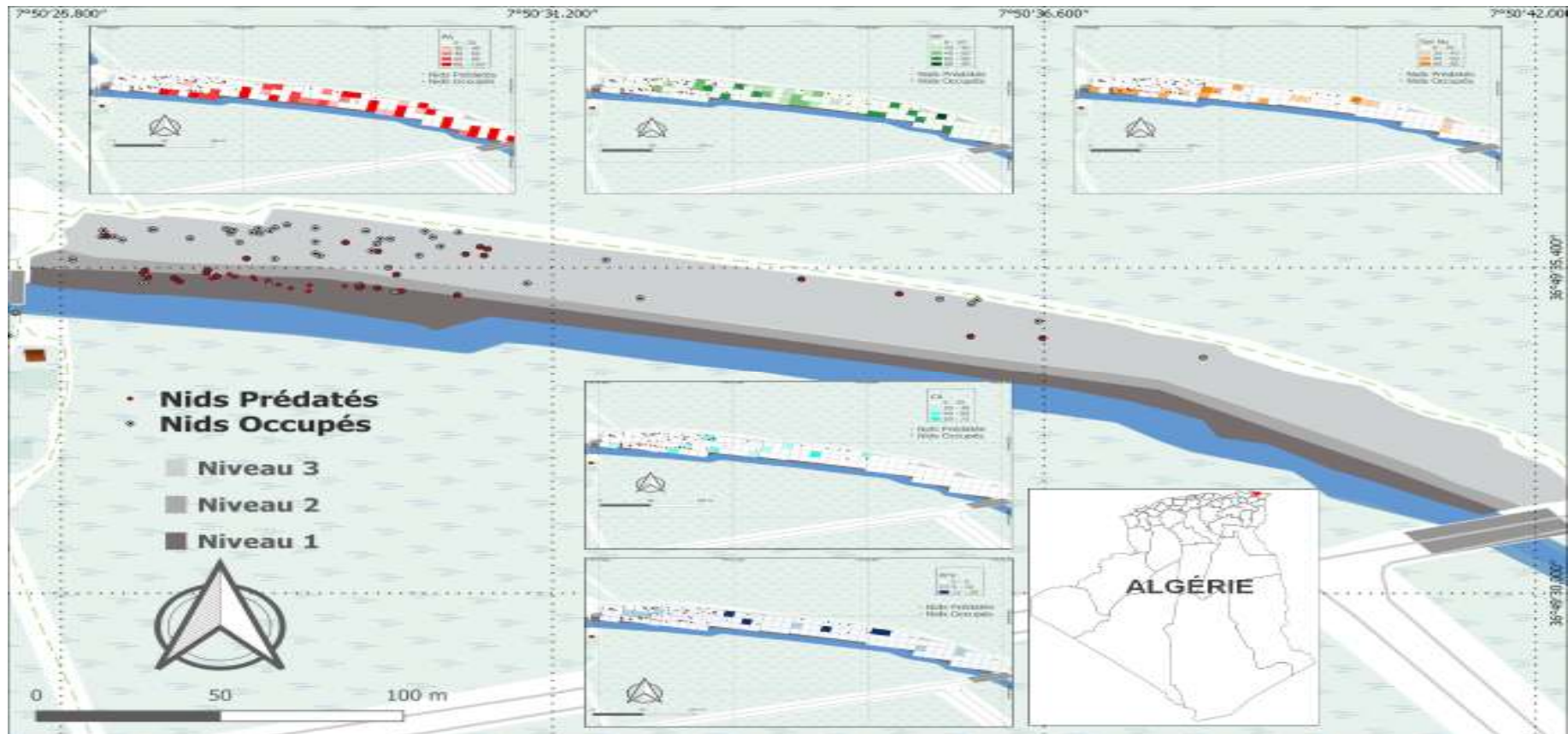
La répartition des nids dans le site étudié était hétérogène (Figure 27). Environ 86% des nids étaient concentrés dans le premier tiers du site, selon une division horizontale, à proximité du site d'alimentation, 11% dans le tiers central, et seulement 3% dans le tiers le plus éloigné. Sur l'axe vertical, les nids étaient répartis dans les trois bandes de pentes identifiées sur le site comme suit, depuis les limites de l'eau : 30%, 7% et 63%. La troisième bande, à faible pente, située entre 10 m et 37 m de l'eau, était, de loin, la plus favorisée pour l'emplacement des nids.



**Figure 27.** Carte d'emplacement des nids de la tortue *M. leprosa* sur la berge de l'estuaire Boukhmira, montrant une stratification verticale en 3 bandes. Expression de couleurs ; bleu, l'eau; gris foncé, la première bande; gris moyen, deuxième bande; gris clair, troisième bande; cercles, nids.

### III. 2.5. Répartition spatiale des plantes les plus dominantes

La répartition spatiale des espèces les plus dominantes, était variable (Figure 28). Les phragmites et la ronce des bois s'observaient presque sur tout le site, principalement au long de la rive du cours d'eau, en bande continue. Cependant, la molène sinuée et le liseron des champs avaient une distribution en tache, beaucoup moins importante que les deux premières.



**Figure 28.** Carte multiple d'occupation de sol du site étudiée par les plantes les plus dominantes. PA, *Phragmites australis*; RF, *Rubus fruticosus*; PFV, *Picris echioides*; CA, *Convolvulus arvensis*. Expression de couleurs ; bleu, l'eau; gris foncé, la première bande; gris moyen, deuxième bande; gris clair, troisième bande; cercles, nids.



## DISCUSSION

## IV. DISCUSSION

---

La présente étude élargit nos connaissances sur l'impact de la pollution sur les traits de reproduction des populations de la tortue à cou rayé de Méditerranée. Les résultats obtenus dans l'habitat fortement dégradé et pollué sont à l'opposé des tendances négatives signalées chez la plupart des tortues d'eau douce exposées à la pollution. En effet, un développement optimal a été enregistré pour plusieurs descripteurs de reproduction, en comparaison avec une performance de reproduction habituelle dans l'habitat non perturbé.

### IV.1. Taille du corps des femelles gravides

Malgré la différence dans les tailles d'échantillons obtenues dans les deux habitats, cela n'empêche pas de réaliser des comparaisons satisfaisantes. Le nombre de femelles échantillonnées était beaucoup plus élevé à Boukhmira que dans le Lac Tonga, ce qui peut être dû à la différence de leurs densités. (Tiar-Saadi, 2018a) a estimé la densité de population de Boukhmira à  $23,9 \pm 11,8$  individus/ha, une fois et demie plus dense que du Lac Tonga, de  $9,1 \pm 11,3$  individus/ha.

Les grandes tailles corporelles des femelles gravides obtenues dans l'habitat hautement dégradé et pollué reflètent une performance reproductive tirée vers des limites optimales, confirmant ainsi une forte sélection évolutive avantageuse pour les grandes tailles maternelles. La longueur minimale du corps d'une femelle gravide, communément appelée taille maternelle effective à maturité, varie selon la littérature de 124 mm à 153 mm (Andreu and Villamor, 1989b; Combescot, 1954b; Eduardo Da Silva, 1995; Díaz-Paniagua et al., 2014b; Naimi et al., 2012b; Pérez et al., 1979). Par rapport à cet intervalle, les valeurs correspondantes des deux populations étudiées étaient divergentes ; dans l'intervalle des tailles maternelles effectives à maturité dans l'habitat protégé, mais supérieure à cette fourchette dans l'habitat fortement dégradé et pollué, avec une valeur pouvant être considérée comme la plus grande taille maternelle à maturité jamais enregistrée.

De même, en se référant aux données de taille corporelle moyenne enregistrées parmi les femelles gravides, la population de l'habitat hautement dégradé et pollué a fourni la valeur la plus élevée enregistrée jusqu'à présent (Eduardo Da Silva, 1995; Díaz-Paniagua et al., 2014b; Naimi et al., 2012b) . La femelle avec la plus grande taille de ponte était la plus grande femelle gravide non seulement dans les populations étudiées, mais également par rapport aux données de la littérature (Andreu and Villamor, 1989b; Combescot, 1954b; Eduardo Da Silva, 1995; Díaz-Paniagua et al., 2014b; Naimi et al., 2012b; Pérez et al., 1979). La seule

exception a été enregistrée dans la population espagnole du parc national de Doñana, qui contenait une femelle gravide plus grande, mais portant néanmoins une ponte plus petite (Keller, 1998).

Cette constatation d'une plus grande taille corporelle favorisée dans des conditions eutrophiques et polluées n'est pas la plus fréquente, cependant, c'est la tendance dominante chez certaines espèces généralistes de tortues d'eau douce, comme le congénère *M. rivulata*, mais aussi chez *Actinemys marmorata*, *Chrysemys picta*, *Trachemys scripta*, et *Phrynops geoffroanus* (Germano, 2010; Gibbons, 1970; Lindeman, 1996; Polo-Cavia et al., 2010; Sidis and Gasith, 1985; Souza and Abe, 2000). Ces espèces atteignent des tailles corporelles plus grandes dans les habitats pollués. Au contraire, plusieurs espèces spécialisées présentent un développement déséquilibré lorsqu'elles sont exposées à la pollution (Bergeron et al., 1994; Gibbons, 1970; Gibbons et al., 2000; Guillette Jr and Crain, 1996; Lamb et al., 1995).

Les variations phénotypiques de taille à maturité peuvent être dues à la différence génétique des populations étudiées, cependant, nous pouvons exclure l'hypothèse d'une implication taxonomique dans nos résultats. Les données mentionnées précédemment sur la taille corporelle des congénères proviennent de populations appartenant à différentes sous-espèces de *M. leprosa* (Fritz et al., 2006b; Veríssimo et al., 2016). Nos populations échantillonnées appartiennent à la sous-espèce *M. l. saharica* comme suggéré pour toutes les populations du nord de l'Algérie (Fritz et al., 2006b; Rhodin et al., 2021). C'est le taxon dominant dans toute l'Afrique du Nord, à l'exception de quelques populations limitées des montagnes du nord de l'Atlas au Maroc. Des études récentes reconnaissent deux clades de *M. leprosa*. La première correspond à la sous-espèce nominale *M. l. leprosa* répartie dans la péninsule ibérique, le sud de la France et les populations marocaines mentionnées, et la deuxième sous-espèce *M. l. saharica* confiné à l'Afrique du Nord, c'est-à-dire les montagnes de l'Atlas marocain du nord et du sud, l'est de l'Algérie et le nord de la Tunisie (Fritz et al., 2006b; Rhodin et al., 2021; Veríssimo et al., 2016). De plus, selon plusieurs études, les populations d'un même taxon peuvent également différer par leur taille à maturité et leur croissance lorsqu'elles sont soumises à différentes pressions environnementales (Bonnet et al., 2010; Tiar-Saadi et al., 2022; Willemsen and Hailey, 1999). Les facteurs biotiques les plus impliqués sont les variations des ressources trophiques (Forsman, 1991; Jorgewich-Cohen et al., 2022), la compétition et la prédation (Bayly, 1978; Gasith and Sidis, 1984b).

Nous sommes de plus en plus convaincus de la prédisposition physiologique de l'espèce à gérer efficacement des niveaux élevés de pollution. Plusieurs études récentes ont rapporté la résistance de *M. leprosa* et même l'épanouissement de ses populations dans des sites recevant différents types de pollution (industrielle, domestique et agricole), comme le cas de notre site d'étude (Bakhouche et al., 2019; El Hassani et al., 2019; Loulida et al., 2018b; Martínez-López et al., 2017). El Hassani et al., 2019 ont émis l'hypothèse d'une réponse efficace de *M. leprosa* à des plans d'eau extrêmement pollués (les égouts d'une grande ville au milieu d'une immense décharge à ciel ouvert), comme un investissement métabolique et hormonal réduit, avec aucun signe particulier de trouble physiologique ou de stress, la qualifiant d'être une sonde biologique de haute tolérance à la pollution. Martínez-López et al., 2017 ont à leur tour émis l'hypothèse que *M. leprosa* présente une grande efficacité du mécanisme physiologique de détoxification, permettant à cette espèce de s'adapter sans coût constant dans des habitats de forte pollution industrielle inhabitables pour d'autres vertébrés.

Bénéficiant de la capacité d'adaptation décrite ci-dessus à un environnement restrictif, l'espèce monopolise les ressources du plan d'eau et ses approvisionnements, profitant de la disparition de concurrents et de prédateurs, qui n'ont pas de performances comparables (Bakhouche et al., 2019; El Hassani et al., 2019; Naimi et al., 2012b). Jorgewich-Cohen et al., 2022 impliquent fortement des facteurs écologiques, principalement la disponibilité des ressources, sur la capacité de ponte et la taille des œufs des espèces chéloniennes. Omnivore avec une prédominance de carnivore, mais aussi charognard et coprophagie ; le spectre alimentaire très large de *M. leprosa* lui permet de s'approvisionner à volonté dans les eaux eutrophes et polluées (Bakhouche et al., 2019; Díaz-Paniagua et al., 2011; Ernst et al., 1989b). À Boukhmira, plusieurs groupements de tortues constitués de quelques dizaines d'individus ont été fréquemment observés s'emparant des abondants invertébrés aquatiques, se précipitant sur les déchets organiques fraîchement jetés par les habitants locaux, ainsi qu'autour des cadavres de poissons et autres vertébrés, retrouvés à la surface de l'eau (Obs. Pers.). Son enrichissement en matière organique résultant de l'urbanisation contribue au développement des invertébrés aquatiques, mais en même temps à la réduction de leurs prédateurs potentiels, incapables de résister aux niveaux élevés de polluants. Néanmoins, *M. leprosa* réussit là où la grande majorité des vertébrés échouent, y compris l'autre tortue d'eau douce indigène *Emys orbicularis* (Schleich et al., 1996b; Tiar-Saadi, 2018b). Les coûts de la pollution ont été récompensés par une abondance de nourriture pour de nombreuses femelles affamées, leur permettant d'investir considérablement dans la production d'œufs.

## **IV.2. Taille de ponte**

La taille moyenne des pontes enregistrée dans la population de l'habitat hautement dégradé et pollué dépasse la plupart des enregistrements de taille de ponte parmi les populations conspécifiques, se situant généralement entre 3,2 et 6,9 œufs (intervalle 3-9), provenant principalement des sites naturels du parc national de Doñana en Espagne (Andreu and Villamor, 1989b; Díaz-Paniagua et al., 2014b; Keller, 1998; Pérez et al., 1979), et d'une population algérienne, avec 4,8 œufs (extrêmes 4-6) (Combescot, 1954b). La population naturelle du Lac Tonga avait enregistré une taille de ponte dans l'intervalle suscitée. En revanche, les seules données présentant des valeurs supérieures à celles de Boukhmira, de 9,6 et 9,7 œufs (intervalle 3-13), proviennent de populations présentes dans des habitats pollués (Eduardo Da Silva, 1995; Naimi et al., 2012b).

Seule une population parmi cinq vivant dans des habitats non pollués du parc national de Doñana avait atteint une taille de ponte de 13 œufs (Keller, 1998), les autres n'ont pas produit plus de 10 œufs (Andreu and Villamor, 1989b; Díaz-Paniagua et al., 2014b; Keller, 1998; Pérez et al., 1979). Dans la présente étude, l'une des femelles gravides radiographiées portait 16 œufs, donc à 3 œufs de plus que le précédent maximum enregistré (Eduardo Da Silva, 1995; Naimi et al., 2012b). Ces performances de reproduction enregistrées dans un habitat très dégradé-pollué ne semblent pas exceptionnelles puisque 8% des femelles gravides et des nids échantillonnés contenaient plus ou égale à 13 œufs. Une taille de ponte plus grande dans des habitats recevant des déchets par rapport à des populations habitant des habitats vierges a également été observée chez *Chrysemys picta* (Lindeman, 1996). Néanmoins, un plus grand nombre d'études sur les populations vivant dans des plans d'eau pollués ont montré que les tortues et leurs œufs ont été contaminés par des substances toxiques, influençant ainsi leur potentiel reproducteur (Bishop et al., 1998, 1994; Bonin et al., 1995; Holliday et al., 2008).

## **IV.3. Relations entre la taille du corps de la femelle, la ponte et la taille des œufs**

La sélection pour une plus grande fécondité par des mâles ou des femelles matures en atteignant une grande taille a été bien documentée dans la littérature (Berry and Shine, 1980; Bonnet et al., 2010; Tiar-Saadi et al., 2022; Wilbur and Morin, 1988). La sélection naturelle pour une plus grande fécondité favorise les femelles plus grandes ayant une plus grande capacité biotique ; un corps plus grand peut accueillir des pontes plus grandes, des œufs plus gros ou une production annuelle d'œufs plus importante (Gibbons et al., 1982; Janzen and Warner, 2009; Wilbur and Morin, 1988). Dans plusieurs études sur les tortues, la taille du

corps des femelles et les trois dimensions, longueur, largeur et hauteur, ont été corrélées à leur fécondité (Bonnet et al., 2010; Gibbons et al., 1982; Zuffi et al., 1999). De même, dans la présente étude, la taille de la ponte était significativement corrélée à la taille du corps des femelles. Des résultats similaires sur la même espèce ont été validés dans des études précédentes (Eduardo Da Silva, 1995; Naimi et al., 2012b). Nous avons également enregistré une corrélation positive entre la taille du corps des femelles et les dimensions de leurs œufs, en particulier la corrélation entre la largeur de l'œuf et la longueur du corps et avec la hauteur de la carapace des tortues, similaire à certaines études antérieures sur *M. leprosa* (Andreu and Villamor, 1989b; Eduardo Da Silva, 1995; Naimi et al., 2012b). Nos résultats donnent une idée sur l'optimisation de la disposition des œufs dans la cavité corporelle féminine, placés horizontalement et en superposition plutôt que verticalement. Autrement, la non-significativité de certaines corrélations établies au Lac Tonga, ou à peine aux limites lorsqu'elles sont significatives, pourrait se justifier par le faible nombre d'échantillons impliqués dans cet habitat.

De plus, la taille des œufs était limitée par la taille de la ponte, car elles étaient négativement corrélées. Ce résultat est cohérent avec les prédictions de la théorie optimale de la taille des œufs et de la ponte, qui supposent que les tortues de grande taille ont tendance à produire des pontes plus grandes avec de petits œufs (Janzen and Warner, 2009; Jorgewich-Cohen et al., 2022; Packard and Packard, 1988). Cependant, les corrélations dans les populations conspécifiques espagnoles n'étaient pas statistiquement significatives (Andreu and Villamor, 1989b; Eduardo Da Silva, 1995).

La taille des œufs enregistrée dans la présente étude dépasse la mesure précédemment notée en Espagne (Eduardo Da Silva, 1995; J.C. Perez-Quintero, 1989). Il en va de même pour la mesure de la longueur moyenne des œufs, qui était un peu plus longue que la valeur record précédente (Andreu and Villamor, 1989b). Au contraire, la largeur moyenne des œufs obtenue était comparable aux données disponibles (Andreu and Villamor, 1989b; Combescot, 1954b; Eduardo Da Silva, 1995; Díaz-Paniagua et al., 2014b; Naimi et al., 2012b; J.C. Perez-Quintero, 1989).

Les plus grandes dimensions des œufs échantillonnés obtenus dans l'habitat hautement dégradé et pollué ont généré des mesures de poids exceptionnels. Trois traits record ont été observés par rapport aux études publiées précédemment, à savoir : l'œuf le plus lourd pesait 1,8 g de plus que la valeur maximale enregistrée ; la masse moyenne des œufs dépassait le maximum signalé de 0,4 g ; et la masse totale de ponte était de 18,6 g supérieure à la valeur

record encore publiée (Eduardo Da Silva, 1995; Naimi et al., 2012b). Semblable aux mécanismes évolutifs sur la taille de la ponte expliqués ci-dessus, la taille et la masse des œufs constituent un avantage sélectif pour augmenter la condition physique de l'espèce, car les gros œufs produisent de gros nouveau-nés, qui ont généralement des performances et une survie accrue (Gibbons et al., 1982; Janzen and Warner, 2009; Packard and Packard, 1988).

#### **IV.4. Choix du site de ponte**

La prospection des berges de l'estuaire fluviale « Boukhmira » nous a permis de localiser un habitat de nidification pour une population de *M. leprosa*, d'une superficie globale d'environ un hectare. Il s'agit d'une friche, à proximité de quelques habitations, qui a été abandonnée depuis quatre ans. Cet habitat semble bien être un habitat de haute préférence pour l'emplacement des nids, puisque nous avons détecté sur ce petit site 88 nids.

Les friches sont des endroits délaissés peu ou pas touchés par la gestion humaine, là où les plantes ne sont pas choisies, semées ou plantées directement par l'homme et poussent spontanément (Maurer *et al.*, 2000; Muratet *et al.*, 2007). Différentes études y recensent un grand nombre d'espèces de plantes. En effet, le sol du site étudié était recouvert principalement par les Poacées (Graminées, représentée par les phragmites et la pelouse), suivi par Rosacées (représentée par l'arbrisseau Ronce des bois), puis les Scrophulariaceae (représentée par la plante herbacée la molène sinuée). La famille des Poacées regroupe des plantes herbacées, annuelles ou vivaces, appelées chaumes. Elle pousse spontanément et occupe presque tous les types d'habitats ; forêts fraîches ou humides, bords des eaux, friches, prés, pâturages, bords des chemins, digues, des dunes de sable, sur des sols relativement humides et riches (Quezel & Santa, 1962-1963). Les graminées sont dites héliophiles. Elles vont sous toutes les latitudes, avec de variables altitudes. Elles sont parfaitement adaptées aux climats secs, bien qu'il existe d'autres espèces beaucoup plus mésophiles.

L'analyse des abondances par espèces du site étudié a montré la primauté des phragmites qui avaient le taux de recouvrement le plus important. Le roseau commun (*Phragmites australis*) est une graminée qui se propage par graines ou de manière végétative et qui colonise surtout les milieux humides (marais), principalement les berges des cours d'eau. Sa floraison estivale est peu marquée, mais la végétation est visible toute l'année par la persistance des chaumes de graminées (Haslam, 1972). Cette plante vivace peut atteindre une grande taille, plus de 6 m, et former des colonies monospécifiques (Haslam, 1972). C'est une végétation d'extension spatiale qui se trouve en bordure de plan d'eau ou linéaire le long des cours d'eau. Certaines

roselières se développent de façon linéaire le long des fossés, des canaux et de certains plans d'eau. Cette plante s'épanouit sur les sols vaseux, très hydromorphes à inondation prolongée (Meyerson *et al.*, 2000; Meadows & Saltonstall, 2007). Elle s'adapte assez facilement dans des substrats à teneur en nutriments variable, parfois enrichi par des eaux eutrophes et polluées, légèrement acide à légèrement basique (Silliman & Bertness, 2004; Meadows & Saltonstall, 2007). Ses colonies s'observent principalement dans des eaux calmes ou légèrement courantes, plus ou moins profondes, à faible variation de niveau (Silliman & Bertness, 2004; Meadows & Saltonstall, 2007).

La deuxième espèce la plus abondante était la ronce des bois. Cette espèce est très commune dans divers types d'habitats. Elle s'adapte aux régions dont la pluviosité annuelle est plus importante, elle se plaît aussi bien en régime normal qu'en régime sec (Quezel & Santa, 1962-1963). Mathieu (1897) note que la ronce de bois disparaît par le force de compétition quand la terre reste trop longtemps en friche et que la végétation arbustive ou arborescente prend le dessus pour constituer un nouveau couvert. Toutefois, avant que d'autres espèces ligneuses ne soient présentes pour entrer en concurrence avec la Ronce, celle-ci a une préférence très marquée pour les forts éclaircissements (Picard & Timbal, 1980). Le sol n'a pas une influence primordiale sur la ronce de bois, néanmoins Watson (1958) constate qu'elle préfère les sols légèrement acides aux sols calcaires. Les forestiers observent que la ronce est plus vigoureuse sur les limons fertiles et frais (Le Pont, 1960) que sur les sols bruns calcaires où elle est souvent moins abondante (Picard & Timbal, 1980).

La troisième dans la liste des abondances était la molène sinuée, avec 11%. On rencontre cette espèce préférentiellement dans les pâturages secs, ainsi que dans les jeunes friches (Beniston & Beniston, 1985). Se retrouvent aussi dans les vallées, les berges des cours d'eau et les lieux incultes ou laissés à l'abandon. Elle se développe dans les champs et les pelouses, sur les terres en friche, au bord des chemins, dans les jardins et sur les sols arides. Il s'agit d'une végétation pionnière sur les sols très meubles et perméables, composés principalement par des sables grossiers et des graviers (Beniston & Beniston, 1985).

*Mauremys leprosa* habite les zones humides. On la trouve de préférence dans les étangs, mais aussi dans les lacs et les cours d'eau (Da Silva, 2002). Elle affectionne les fonds vaseux où elle hiberne et trouve refuge en cas de danger. Les femelles pour pondre, quittent le milieu aquatique à la recherche d'un terrain propice à la ponte, mais sans prendre le risque d'une distance importante. Elles ne vont jamais trop loin sur la terre ferme (Schleich *et al.*, 1996b). Elles cherchent préférentiellement des milieux ouverts, non inondables de nature sableuse,

argilo-limoneuse, ou présentant un mélange de terre et de sable (prairies, cultures, zones sableuses, etc.) pour pouvoir creuser facilement (Da Silva, 2002). En effet, tous les nids ont été trouvés à moins de quarante mètres des limites d'eau. L'emplacement du site de ponte est toujours surélevé de façon à éviter les risques de noyade des œufs lors de crues. Les nids sont des fosses peu profondes, la plupart du temps creusé au milieu de la végétation (Schleich *et al.*, 1996).

Le recouvrement végétal (cortège floristique) des sites sélectionnés par les femelles varie beaucoup. L'espèce recherche des zones de végétation plus ou moins denses, présentant une bonne épaisseur de vase, pour bénéficier de conditions thermiques stables (Diaz-Paniagua *et al.*, 2014). Son choix de site de ponte s'oriente généralement aux sols à couverture herbacée relativement rase. Les sites préférentiels de ponte sont des pelouses sèches, des prairies de fauche ou de pâture et des digues d'étangs (Schleich *et al.*, 1996). Des surfaces cultivées, des tas de sable abandonnés, des talus de route et même des terrains urbanisés peuvent être également utilisés. Un site de ponte favorable présente généralement une granulométrie fine (Diaz-Paniagua *et al.*, 2014). A l'inverse, la présence de cailloux ou de racines provoque généralement des échecs de ponte et donc l'abandon du lieu (Schleich *et al.*, 1996).

Dans la présente étude, nous avons réussi à cumuler un certain nombre de connaissances sur les caractéristiques d'un site de nidification. Sauf, que les propriétés du site sont fortement dépendantes de l'ampleur de l'activité humaine, dont elles ont fait l'objet. La tortue dans d'autres conditions peut présenter des choix différents. C'est la raison pour laquelle des études dans d'autres types d'habitats sont très recommandées à l'issue de ce travail.

#### **IV.5. Répartition spatiale des nids**

La majorité des nids de cette étude sont concentrés près du site d'alimentation et des zones proches de l'eau. Velo-Antón *et al.* (2008) ont observé que *M. leprosa* choisit des sites de nidification proches des cours d'eau dans les ruisseaux méditerranéens, une stratégie qui pourrait refléter la nécessité de minimiser les déplacements entre l'habitat aquatique et les sites de nidification. La réduction de la distance parcourue entre les zones de nidification et les sites de nourriture contribue à limiter la dépense énergétique et le temps passé à s'éloigner des zones garantissant de meilleure protection contre les prédateurs. Cette proximité permet à la tortue de retourner rapidement à l'eau pour se nourrir après la nidification, ce qui est particulièrement crucial pour les espèces qui ont des régimes alimentaires composés principalement de végétation aquatique ou de petits animaux aquatiques, tout en restant

relativement protégées contre la prédation (Tucker, 2003). Ce comportement de nidification près des zones d'alimentation est également observé chez d'autres espèces de tortues, telles que *Chrysemys picta* ou *Emys orbicularis* (Groombridge, 1984 ; Tucker, 2003). *Trachemys scripta*, une tortue aquatique nord-américaine, choisit des sites de nidification à proximité des zones où elle se nourrit principalement de végétation aquatique et d'invertébrés. Les auteurs qui l'ont suivi ont montré que les femelles de cette espèce privilégient des sites de nidification à moins de 100 mètres des zones de nourriture pour faciliter un accès rapide aux ressources après la nidification (Steen et al., 2006).

Ces comportements montrent que la sélection des sites de nidification chez *M. leprosa* est souvent dictée par une combinaison de facteurs écologiques. La proximité de l'eau facilite l'accès aux ressources alimentaires et offre des conditions plus stables pour les femelles, mais elle implique également la nécessité de minimiser les risques d'inondation et d'autres perturbations environnementales, comme les fluctuations des niveaux d'eau. Cela pourrait justifier la concentration des nids observée dans cette étude dans la fraction la plus élevée du site. Une telle zone, tout en étant proche de l'eau, permet de limiter l'exposition aux crues saisonnières. Chez *E. orbicularis*, des études ont montré que les femelles préfèrent des sites de nidification proches de l'eau, mais suffisamment éloignés pour éviter les risques d'inondation pendant la saison de nidification (Groombridge, 1984). Ce comportement indique que la proximité de l'eau ne se limite pas seulement à l'accès aux ressources alimentaires. En effet, elle joue également un rôle important pour la régulation de la température d'incubation des œufs, un facteur essentiel pour la survie des embryons.

Dans notre étude, nous avons noté une forte concentration des nids dans la troisième bande, caractérisée par une pente faible. Ce type de pente offre des conditions favorables pour la température et l'humidité du sol, qui sont essentielles au bon développement des œufs. En effet, les pentes douces limitent l'érosion du sol, ce qui contribue à la stabilité du nid tout au long de l'incubation. Des recherches sur *M. leprosa*, ainsi que sur d'autres espèces de tortues aquatiques comme *T. scripta*, montrent une préférence similaire pour les zones de faible inclinaison (Steen et al., 2006 ; Velo-Antón et al. 2008). Dans la littérature, il est courant que les tortues aquatiques choisissent des sites de nidification dans des sols sableux ou limoneux légèrement inclinés, car ces conditions favorisent une bonne ventilation et minimisent les risques d'inondation des nids (Groombridge, 1984 ; Steen et al., 2006).

Les sites situés plus loin de l'eau, présentant une pente faible, sont également plus exposés au soleil. Cette exposition solaire influence la température du nid, un paramètre crucial pour la thermorégulation et le développement embryonnaire. Certaines études, notamment celles sur *Chelonia mydas* et *Caretta caretta*, indiquent que les tortues femelles sélectionnent des sites de nidification en fonction de l'exposition au soleil pour obtenir une température optimale pour leurs œufs (Miller et al., 2003). Ce comportement montre l'importance de la thermorégulation dans le choix des sites de nidification pour garantir une incubation réussie.

Par ailleurs, il est pertinent de noter que la proximité des activités humaines influence également le choix des sites de nidification. Des espèces comme *Kinosternon subrubrum* tendent à privilégier des sites de nidification situés plus loin des zones de passage humain, préférant des zones plus naturelles et moins perturbées (Burger et al., 1990). Ce comportement peut également s'expliquer par la sensibilité des tortues aux dérangements et aux prédateurs associés aux habitats modifiés par l'homme.

Le choix des sites de nidification par *M. leprosa*, principalement concentré dans les zones de faible inclinaison et exposées au soleil, semble donc répondre à un ensemble de facteurs écologiques visant à optimiser les conditions d'incubation. Ces choix stratégiques, observés dans d'autres espèces de tortues aquatiques, montrent l'importance de maintenir des habitats naturels avec des zones de nidification adéquates pour assurer la survie des populations de tortues dans des environnements de plus en plus soumis à des pressions anthropiques. Ainsi, la sélection de sites de nidification dans des zones plus élevées, comme celles observées dans cette étude, pourrait refléter une stratégie adaptative visant à maintenir une température stable et éviter les conditions potentiellement défavorables liées aux inondations. Cela permet de renforcer l'idée que les femelles choisissent des sites de nidification en fonction d'un compromis entre plusieurs facteurs écologiques, et que ces choix sont non seulement influencés par la proximité de l'eau pour l'accès aux ressources alimentaires, mais aussi par la nécessité de protéger les œufs des risques environnementaux.

Beaucoup de prédateurs visent les œufs des tortues, et parfois aussi les juvéniles, avant qu'elles ne se retrouvent dans l'eau (Butler & Sowell, 1996 ; Plummer, 2003). Les principaux prédateurs des nids de tortues d'eau sont généralement les petits mammifères tels que les rats (*Rattus rattus*), le renard (*Vulpes vulpes*), le chacal doré (*Canis aureus*), le blaireau (*Meles meles*) et le sanglier (*Sus scrofa*) (Kucharzewski & Brzeziński, 2016). Le loup doré d'Afrique a été identifié en tant que prédateur redoutable des œufs de *M. leprosa* dans le nord de l'Algérie (Bakhouche et al., 2019). Ils peuvent facilement creuser les nids et consommer les

œufs, aussi, certains oiseaux prédateurs, le cas des corbeaux, des goélands et des rapaces, qui peuvent également se nourrir des œufs ou des tortues juvéniles dès leur émergence du nid.

De plus, d'autres reptiles, tels que les serpents, peuvent facilement localiser les nids des tortues et les attaquer afin de se nourrir des œufs ou des jeunes éclos.

Une étude a montré que le taux de prédation est supérieur à 50% (Kucharzewski, C., & Brzeziński, M. 2016). La prédation peut considérablement diminuer le pourcentage de survie des œufs et des petites tortues. Les tortues d'eau adoptent des stratégies afin de maximiser le succès de nidification et réduire les risques de prédation, à savoir par la sélection de sites de nidification spécifiques et une fréquence de ponte stratégiques (Velo-Antón et al, 2008).

La stratégie de nidification pour la *M. Leprosa* se concentre à proximité des cours d'eau, les tortues ont une préférence pour nidifier directement aux abords des cours d'eau. Cette proximité réduit le temps aux jeunes éclos pour atteindre l'eau, réduisant ainsi leur exposition aux prédateurs de la terre. Ces sites se distinguent généralement par une forte couverture végétale, un bénéfice crucial pour le camouflage naturel des nids. L'épaisseur de la plante restreint la visibilité des nids pour les prédateurs, en particulier les oiseaux et les petits mammifères. Ces derniers constituent souvent une menace pour les œufs et les petites tortues. En outre, ce revêtement préserve les nids des conditions climatiques extrêmes en Méditerranée, où la forte température pourrait d'autre part perturber le développement des embryons (Velo-Antón et al, 2008).

Il est essentiel que le sol soit bien drainé et légèrement sablonneux, ce qui facilite l'aération des œufs et prévient la stagnation d'eau, diminuant par conséquent le danger de noyade face aux précipitations inattendues. L'exposition modérée au soleil des lieux de nidification est aussi essentielle : elle maintient la température du nid dans un intervalle optimal pour le développement des embryons, affectant simultanément la période d'incubation et, pour certaines espèces de tortues, détermine le sexe des nourrissons en fonction de la température (Velo-Antón et al, 2008).

Outre ces facteurs, les tortues ont tendance à préférer des lieux éloignés de zones de prédation intense, ce qui permet d'éviter les voies fréquemment suivies par les mammifères ou les lieux de chasse courants pour les oiseaux prédateurs. L'association de ces éléments souligne la nécessité d'assurer le maintien des habitats naturels environnants et des côtes intactes pour assurer la réussite de la reproduction de *M. leprosa*. En préservant l'habitat naturel sur les rivières et les étangs, on appuie les stratégies de nidification de cet animal, cruciales pour

maintenir la stabilité des populations en réponse aux enjeux environnementaux et aux contraintes grandissantes de la pêche (Velo-Antón et al, 2008). (Velo-Antón et al, 2008).



## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

---

Cette étude a permis d'approfondir notre compréhension de l'écologie et de la biologie de la reproduction de la tortue lépreuse *Mauremys leprosa*, une espèce emblématique du bassin méditerranéen, particulièrement présente au Maghreb. Les études sur la reproduction de revêtent une importance cruciale pour la conservation de cette espèce. Comprendre les dynamiques de reproduction, notamment les périodes de ponte, les préférences de sites de nidification, et autres, permet de déterminer les conditions optimales pour la survie et la croissance des populations. Ces données fournissent des indications précieuses sur les habitats prioritaires à préserver et sur les périodes de l'année où des mesures de protection particulières s'avèrent pour éviter les perturbations. De plus, en identifiant les facteurs environnementaux qui influencent le succès reproductif, devrait permettre d'évaluer l'impact des menaces anthropiques et adapter les stratégies de gestion en conséquence. Ainsi, les connaissances acquises à travers les études de reproduction permettent de mettre en place des actions concrètes de conservation, telles que la restauration de zones de nidification dégradées, et l'élaboration de plans de protection qui favorisent la pérennité de cette espèce dans ses habitats naturels.

Les habitats qu'elle occupe varient largement, allant des sites naturels aux milieux perturbés par l'activité humaine. Son adaptation aux environnements anthropisés, notamment aux sites exposés à divers types de polluants, témoigne d'une résilience écologique qui mérite une attention approfondie. *M. leprosa* se distingue par une grande valence écologique, ce qui lui permet de coloniser une large variété d'habitats. La tolérance de cette espèce à différents niveaux de qualité de l'eau, y compris dans des sites pollués, ainsi qu'à des variations de température et de salinité, démontre une flexibilité écologique précieuse pour sa conservation. Cette grande amplitude écologique permet également à l'espèce de jouer un rôle significatif dans divers écosystèmes aquatiques, contribuant à l'équilibre écologique en régulant les populations de proies et en servant de lien trophique important. En prenant en compte cette valence écologique, les stratégies de conservation peuvent être conçues pour protéger un éventail de milieux favorables, y compris ceux qui subissent des perturbations humaines, ce qui maximise les chances de survie et d'expansion de cette espèce dans le contexte de changements environnementaux rapides.

Les résultats de la présente étude montrent que *M. leprosa* possède une capacité remarquable à tolérer des niveaux élevés de pollution, ce qui ne reflète pas seulement une aptitude à

survivre, mais aussi une capacité à s'épanouir dans des conditions environnementales sévèrement dégradées. Cette résilience pousse à se demander dans quelle mesure cette espèce peut supporter des niveaux de pollution sans compromettre sa santé et sa pérennité. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour quantifier les seuils de tolérance à la pollution et identifier les mécanismes biologiques qui sous-tendent cette capacité adaptative.

De plus, nous avons noté une convergence adaptative avec d'autres espèces proches, comme *M. rivulata* et *M. caspica*, qui présentent elles aussi des stratégies de survie dans des milieux pollués. Cette similarité pourrait révéler des mécanismes évolutifs communs permettant une survie dans des habitats stressants, renforçant l'importance de comprendre ces adaptations pour des approches de conservation plus ciblées.

L'Algérie se distingue comme un pays crucial pour la conservation de *M. leprosa*, offrant une diversité d'habitats propices à sa reproduction. Notre étude souligne que certaines populations en Algérie atteignent des records de ponte en termes de nombre et de taille, démontrant la capacité d'accueil du pays et la richesse de ses milieux aquatiques, malgré des pressions anthropiques croissantes. Ces milieux offrent à la tortue lépreuse un environnement favorable qui favorise la pérennité de ses populations et leur capacité de régénération.

Par ailleurs, cette espèce joue un rôle écologique essentiel en régulant les populations de certains insectes nuisibles qui se multiplient dans les eaux stagnantes et en contribuant au nettoyage des écosystèmes aquatiques par la consommation de cadavres et de débris végétaux. Elle participe ainsi activement à l'équilibre écologique de ces milieux, rendant sa protection encore plus cruciale.

Pour assurer la pérennité de cette espèce, il est impératif de mettre en place des actions coordonnées à plusieurs niveaux : scientifique, administratif, associatif, et citoyen. Il est crucial que des efforts soient déployés pour renforcer l'éducation environnementale à travers des programmes de sensibilisation du grand public, y compris des campagnes auprès des industriels pour limiter la dégradation de ses habitats. Une sensibilisation accrue du public pourrait inclure des initiatives dans les établissements scolaires, des campagnes médiatiques locales, ainsi que des projets participatifs pour impliquer les communautés locales dans la surveillance et la préservation des habitats de *M. leprosa*.

La mise en place de programmes de surveillance à long terme permettrait de suivre l'évolution des populations de cette espèce. Des études régulières et approfondies, tant au niveau biologique qu'écologique et comportemental, sont nécessaires pour adapter les efforts de conservation aux besoins spécifiques de *M. leprosa*. Il serait également pertinent d'étendre ces recherches à différentes régions, notamment à l'Ouest et au Sud de l'Algérie, afin de cartographier l'ensemble des populations et de mieux comprendre les variations régionales et les impacts des facteurs environnementaux.

Enfin, les données accumulées sur la reproduction et l'écologie de cette espèce ne devraient pas rester uniquement à des fins de recherche théorique, mais constituer une base solide pour des actions concrètes. En dressant un inventaire national des populations et en évaluant les succès de reproduction dans diverses régions, nous pourrions mieux cerner les défis et élaborer des stratégies de conservation adaptées. La conservation de *M. leprosa* pourrait ainsi servir de modèle pour d'autres actions de préservation, contribuant de manière significative à la protection durable de la biodiversité en Algérie.

En somme, la préservation de la tortue lépreuse *M. leprosa* représente non seulement un engagement envers une espèce vulnérable, mais aussi une contribution essentielle à la santé et à la durabilité des écosystèmes aquatiques du pays.



**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abbaci, H., 1999. Ecologie du Lac Tonga: Cartographie de la végétation, Palynothèque et utilisation de l'espèce lacustre par l'avifaune. Mémoire de Magister Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Alarcos, G., Ortiz-Santaliestra, M.E., Fernández-Beneítez, M.J., Lizana, M., Madrigal-González, J., 2008. Preliminary data on the structure of freshwater turtle populations (*Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa*) in a stream in the Natural Park of Los Arribes del Duero (Zamora, Spain). *Rev. Esp. Herpetol.* 22, 33–43.
- Allout, I., 2014. Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem–El Bouni-Annaba (PhD Thesis). Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Anadón, J.D., Giménez, A., Pérez, I., Martínez, M., Esteve, M.A., 2006. Habitat Selection by the Spur-thighed Tortoise *Testudo graeca* in a Multisuccessional Landscape: Implications for Habitat Management. *Biodivers. Conserv.* 15, 2287–2299. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-8226-4>.
- Andreu, A.C., Villamor, C., 1989a. Calendario reproductivo y tamaño de puesta en el galápagu leproso, *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) en Doñana, Huelva. Doñana. *Acta Vertebr* 16, 167–172.
- Andreu, A.C., Villamor, C., 1989b. Calendario reproductivo y tamaño de puesta en el galápagu leproso, *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) en Doñana, Huelva. Doñana. *Acta Vertebr* 16, 167–172.
- Angel, F., 1946. Reptiles et amphibiens. Lechevalier.
- Aoun Sebaiti, B., 2010. Gestion optimisée des ressources en eau d'une nappe côtière: application à la plaine d'Annaba (Nord-est Algérien) (PhD Thesis). Lille 1.
- Arnold. et Oviden, 2004. Le guide herpeto. Edition Delachaux et Niestlé, Paris.
- Arnold, N., Oviden, D., 1978. A field guide to the reptiles and amphibians of Britain and Europe.
- Bakhouch, B., Tiar, G., Escoriza, D., Imed, D., 2019. Phenology and population structure of the Mediterranean stripe-necked terrapin *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) in the Reghaia a Lake (northern Algeria). *Basic Appl. Herpetol.* 33, 43–51. <https://doi.org/10.11160/bah.170>.
- Balázs, E., Györffy, 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.
- Barbault, R., 2004. Le recul des espèces. In: Panorama 2004 du développement durable, L'environnement harcelé. 149/164.

- Bayly, I.A.E., 1978. Variation in sexual dimorphism in nonmarine calanoid copepods and its ecological significance. *Limnol. Oceanogr.* 23, 1224–1228. <https://doi.org/10.4319/lo.1978.23.6.1224>.
- Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba ahmed, R., BENHOUHOU, S., BOULAHBAL, R., 1998. Plan Directeur de Gestion du Parc National d'El-Kala et du Complexe de Zones Humides (Wilaya d'El Tarf).
- Benyacoub, S., Chabi, Y., 2000. Diagnostique écologique de l'avifaune du Parc national d'El Kala. *Rev. Synthèse Publ. L'Université D'Annaba-Algér.* 7, 10–12.
- Bergeron, J.M., Crews, D., McLachlan, J.A., 1994. PCBs as environmental estrogens: turtle sex determination as a biomarker of environmental contamination. *Environ. Health Perspect.* 102, 780–781. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102780>.
- Berry, J.F., Shine, R., 1980. Sexual size dimorphism and sexual selection in turtles (Order Testudines). *Oecologia* 44, 185–191. <https://doi.org/10.1007/BF00572678>.
- Bishop, C.A., Brown, G.P., Brooks, R.J., Lean, D.R.S., Carey, J.H., 1994. Organochlorine contaminant concentrations in eggs and their relationship to body size, and clutch characteristics of the female common snapping turtle (*Chelydra serpentina serpentina*) in Lake Ontario, Canada. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27, 82–87. <https://doi.org/10.1007/BF00203891>.
- Bishop, C.A., Ng, P., Pettit, K.E., Kennedy, S.W., Stegeman, J.J., Norstrom, R.J., Brooks, R.J., 1998. Environmental contamination and developmental abnormalities in eggs and hatchlings of the common snapping turtle (*Chelydra serpentina serpentina*) from the Great Lakes—St Lawrence River basin (1989–1991). *Environ. Pollut.* 101, 143–156. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)00005-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00005-0).
- Blondel, J., 1975. L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique I. la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (EFP). *Rev. DÉcologie* 533–589.
- Bodie, J.R., 2001. Stream and riparian management for freshwater turtles. *J. Environ. Manage.* 62, 443–455.
- Bonin, J., DesGranges, J.-L., Bishop, C.A., Rodrigue, J., Gendron, A., Elliott, J.E., 1995. Comparative study of contaminants in the mudpuppy (Amphibia) and the common snapping turtle (Reptilia), St. Lawrence River, Canada. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 28, 184–194. <https://doi.org/10.1007/BF00217615>.
- Bonin, F., Devaux, B., Dupré, A., Giraud, M., 2006. Toutes les tortues du monde.

- Bonnet, X., Delmas, V., El-Mouden, H., Slimani, T., Sterijovski, B., Kuchling, G., 2010. Is sexual body shape dimorphism consistent in aquatic and terrestrial chelonians? *Zoology* 113, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2010.03.001>.
- Boudjemaa, S., 2010. Carthographie des relations sol-eau-végétation dans un milieu salé (lac fetzara). (PhD Thesis). Université de Annaba-Badji Mokhtar.
- Boumezbeur, A., 1993. Ecologie et biologie de reproduction de l'erismature a tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et de fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) sur le lac tonga et le lac oiseaux (est-algérien).(mesures de protection et de gestion du lac Tonga) (PhD Thesis). Paris, EPHE.
- Britton, R.H., Crivelli, A.J., 1993. Wetlands of southern Europe and North Africa: Mediterranean wetlands, in: Whigham, D.F., Dykyjová, D., Hejný, S. (Eds.), *Wetlands of the World: Inventory, Ecology and Management Volume I*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 129–194. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-8212-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-015-8212-4_6)
- Buhlmann, K.A., Vaughan, M.R., 1991. Ecology of the turtle *Pseudemys concinna* in the New River, West Virginia. *J. Herpetol.* 72–78.
- Cantarino, A.G., Lizana, M., 2000. Distribución y uso del habitat de los galapagos (*Mauremys leprosa*, *Emys orbicularis*) en la provincia de Salamanca. *Boletin Asoc. Herpetológica Esp.* 11, 4–7.
- Chaumeton, H, 2001. Reptiles, Edition proxima.
- Claude, J., Paradis, E., Tong, H., Auffray, J.-C., 2003. A geometric morphometric assessment of the effects of environment and cladogenesis on the evolution of the turtle shell. *Biol. J. Linn. Soc.* 79, 485–501.
- Combescot, C.H., 1954. Sexualité et cycle génital de la Tortue d'eau algérienne, *Emys leprosa* Schw. *Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord*.
- Couturier, T., Cheylan, M., Guérette, E., Besnard, A., 2011. Impacts of a wildfire on the mortality rate and small-scale movements of a Hermann's tortoise *Testudo hermanni hermanni* population in southeastern France. *Amphib.-Reptil.* 32, 541–545.
- Cox, N.A., Temple, H.J., 2009. *European Red List of Reptiles*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Cury, P., Morand, S., 2004. Biodiversité marine et changements globaux: une dynamique d'interactions où l'humain est partie prenante. *Biodiversité Chang. Globaux Enjeux Société Défis Pour Rech.* Paris Éditions ADPF.

- Da Silva, E., 1995. Contribución al Atlas Herpetológico de Badajoz II: Reptiles. Rev. Esp. Herpetol. 9, 49–56.
- Da Silva, Eduardo, 1995. Notes on clutch size and egg size of *Mauremys leprosa* from Spain. J. Herpetol. 29, 484–485. <https://doi.org/10.2307/1565008>.
- De Belair, G., 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux: El Kala, Est algérien (PhD Thesis).
- de Belair, G., Samraoui, B., 1994. Death of a Lake: Lac Noir\* in Northeastern Algeria. Environ. Conserv. 21, 169–172.
- de Broin, F.L., 2000. African chelonians from the Jurassic to the present: phases of development and preliminary catalogue of the fossil record. Palaeontol. Afr. 36, 82.
- DE LAPPARENT DE BROIN, F., 2001. The European turtle fauna from the Triassic to the Present. Dumerilia Paris 4, 155–217.
- Díaz-Paniagua, C., Andreu, A.C., Marco, A., Nuez, M., Hidalgo-Vila, J., Perez-Santigosa, N., 2014. Data on nesting, incubation, and hatchling emergence in the two native aquatic turtle species (*Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa*) from Doñana National Park. Basic Appl. Herpetol. 28, 147–151.
- Díaz-Paniagua, C., Andreu, A.C., Marco, A., Nuez, M., Hidalgo-Vila, J., Perez-Santigosa, N., 2014b. Data on nesting, incubation, and hatchling emergence in the two native aquatic turtle species (*Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa*) from Doñana National Park. Basic Appl. Herpetol. 28, 147–151.
- Díaz-Paniagua, C., Pérez-Santigosa, N., Hidalgo-Vila, J., Florencio, M., 2011. Does the exotic invader turtle, *Trachemys scripta elegans*, compete for food with coexisting native turtles? Amphib.-Reptil. 32, 167–175. <https://doi.org/10.1163/017353710X552795>.
- Doumergue, F., 1901. Essai sur la faune herpétologique 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. L. Fouque.
- Durou, C., Poirier, L., Amiard, J.-C., Budzinski, H., Gnassia-Barelli, M., Lemenach, K., Peluhet, L., Mouneyrac, C., Roméo, M., Amiard-Triquet, C., 2007. Biomonitoring in a clean and a multi-contaminated estuary based on biomarkers and chemical analyses in the endobenthic worm *Nereis diversicolor*. Environ. Pollut. 148, 445–458.
- Durou, C., Smith, B.D., Roméo, M., Rainbow, P.S., Mouneyrac, C., Mouloud, M., Gnassia-Barelli, M., Gillet, P., Deutsch, B., Amiard-Triquet, C., 2007. From biomarkers to population

responses in *Nereis diversicolor*: assessment of stress in estuarine ecosystems. *Ecotoxicology and environmental safety* 66, 402–411.

Durou, C., Mouneyrac, C., Amiard-Triquet, C., 2008. Environmental quality assessment in estuarine ecosystems: Use of biometric measurements and fecundity of the ragworm *Nereis diversicolor* (Polychaeta, Nereididae). *Water Research* 42, 2157–2165.

El Hassani, M.S., El Mouden, E.H., Slimani, T., Bonnet, X., 2019. Morphological and physiological assessments reveal that freshwater turtle (*Mauremys leprosa*) can flourish under extremely degraded-polluted conditions. *Chemosphere* 220, 432–441.

Ernst, Altenburg and Barbour, 2000. . Turtles of the world. World Biodiversity CD-ROM Series, Windows Version 1.2. Expert Center for Taxonomic Identification, University of Amsterdam.

Ernst, C., Altenburg, R., Barbour, R., 2000. Turtles of the world. World Biodiversity CD-ROM Series, Windows Version 1.2. Expert .

Ernst, C.H., Barbour, R.W., Altenburg, R.G.M., 1989. Turtles of the World. Springer.

Ernst, C.H., Barbour, R.W., Altenburg, R.G.M., 1989. Turtles of the World. Springer.

Escoriza, D., Bakhouch, B., Ghoulam, T., Imed, D., 2019. Phenology and population structure of the Mediterranean stripe-necked terrapin *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) in the Reghaïa Lake (northern Algeria). *Basic Appl. Herpetol.* 33, 43–51.

Franck Bonin, Bernard Devaux, Alain Dupré, 1996. Toutes les tortues du monde 1996, Delachaux et Niestlé. 254 pp.

Frederick, P., Jayasena, N., 2011. Altered pairing behaviour and reproductive success in white ibises exposed to environmentally relevant concentrations of methylmercury. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 278, 1851–1857. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.2189>

Fretey J. 1985, 2002. Guide des Reptiles de France. Hatier. 254p. In: Olivier A. 2002. Ecologie, Traits d’histoire de vie et conservation d’une population de Cistude d’Europe, *Emys orbicularis* en Camargue. Mémoire.

Fritz, U., Auer, M., Bertolero, A., Cheylan, M., Fattizzo, T., Hundsdörfer, A.K., Martín Sampayo, M., Pretus, J.L., Široký, P., Wink, M., 2006a. A rangewide phylogeography of Hermann’s tortoise, *Testudo hermanni* (Reptilia: Testudines: Testudinidae): implications for taxonomy. *Zool. Scr.* 35, 531–543. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2006.00242.x>

Fritz, U., Barata, M., Busack, S.D., Fritsch, G., Castilho, R., 2006b. Impact of mountain chains, sea straits and peripheral populations on genetic and taxonomic structure of a

- freshwater turtle, *Mauremys leprosa* (Reptilia, Testudines, Geoemydidae). Zool. Scr. 35, 97–108. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2005.00218.x>
- 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* (Reptilia, Testudines, Emydidae). Zool. Scr. 34, 351–371. <https://doi.org/10.1111/j.1463-6409.2005.00188.x>
- Fritz, U., Havaš, P., 2007. Checklist of chelonians of the world. Vertebr. Zool.
- 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.
- Gasith, A., Sidis, I., 1984a. Polluted water bodies, the main habitat of the Caspian terrapin (*Mauremys caspica rivulata*) in Israel. Copeia 216–219.
- Gasith, A., Sidis, I., 1984b. Polluted water bodies, the main habitat of the Caspian terrapin (*Mauremys caspica rivulata*) in Israel. Copeia 1984, 216–219. <https://doi.org/10.2307/1445059>.
- Germano, D.J., 2010. Ecology of western pond turtles (*Actinemys marmorata*) at sewage-treatment facilities in the San Joaquin Valley, California. Southwest. Nat. 55, 89–97.
- Ghalmi, R., 1997. Etude préliminaire du régime alimentaire de la loutre (*lutra lutra*) dans le nord-est algérien (Parc National d’El-Kala). Mémoire DES. Univ. Liège 57p.
- Gibbons, J.W., 1970. Reproductive dynamics of a turtle (*Pseudemys scripta*) population in a reservoir receiving heated effluent from a nuclear reactor. Can. J. Zool. 48, 881–885.
- Gibbons, J.W., Greene, J.L., Patterson, K.K., 1982. Variation in reproductive characteristics of aquatic turtles. Copeia 1982, 776–784. <https://doi.org/10.2307/1444086>.
- 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., 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, 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).
- Gillet, P., Mouloud, M., Durou, C., Deutsch, B., 2008. Response of *Nereis diversicolor* population (Polychaeta, Nereididae) to the pollution impact–Authie and Seine estuaries (France). Estuar. Coast. Shelf Sci. 76, 201–210.

- Gray, E.M., 1995. DNA fingerprinting reveals a lack of genetic variation in northern populations of the western pond turtle (*Clemmys marmorata*). *Conserv. Biol.* 1244–1254.
- Guillette Jr, L.J., Crain, D.A., 1996. Endocrine-disrupting contaminants and reproductive abnormalities in reptiles. *Comments Toxicol.* 5, 381–398.
- Hao, Y., Zheng, S., Wang, P., Sun, H., Matsiko, J., Li, W., Li, Y., Zhang, Q., Jiang, G., 2021. Ecotoxicology of persistent organic pollutants in birds. *Environ. Sci. Process. Impacts* 23, 400–416.
- Hassani, M.S.E., Slimani, T., Bonnet, X., 2019. Morphological and physiological assessments reveal that freshwater turtle (*Mauremys leprosa*) can flourish under extremely degraded-polluted conditions. *Chemosphere* 220, 432–441.
- Holliday, D.K., Roosenburg, W.M., Elskus, A.A., 2008. Spatial variation in polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in eggs of diamondback terrapins, *Malaclemys terrapin*, from the Patuxent River, Maryland. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 80, 119–122. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9328-y>.
- Hothem, R.L., Crayon, J.J., Law, M.A., 2006. Effects of Contaminants on Reproductive Success of Aquatic Birds Nesting at Edwards Air Force Base, California. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 51, 711–719. <https://doi.org/10.1007/s00244-005-0226-1>.
- Jaffe, A.L., Slater, G.J., Alfaro, M.E., 2011. The evolution of island gigantism and body size variation in tortoises and turtles. *Biol. Lett.* 7, 558–561. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.1084>.
- Janzen, F.J., 1994. Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91, 7487–7490. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.16.7487>
- Janzen, F.J., Warner, D.A., 2009. Parent-offspring conflict and selection on egg size in turtles. *J. Evol. Biol.* 22, 2222–2230. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2009.01838.x>.
- Jiguet, F., Gadot, A., Julliard, R., Newson, S.E., Couvet, D., 2007. Climate envelope, life history traits and the resilience of birds facing global change. *Glob. Change Biol.* 13, 1672–1684. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01386.x>.
- Joleaud, L., 1936. Étude géologique de la région de Bône et de Lacalle... Imp. La Typo-litho & J. Carbonel.
- Jorgewich-Cohen, G., Henrique, R.S., Dias, P.H., Sánchez-Villagra, M.R., 2022. The evolution of reproductive strategies in turtles. *PeerJ* 10, e13014. <https://doi.org/10.7717/peerj.13014>.

- Kaddour, K.B., Mouden, E.H.E., Slimani, T., Bonnet, X., Lagarde, F., 2008. Sexual dimorphism in the Greek tortoise: a test of the body shape hypothesis. *Chelonian Conserv. Biol.* 7, 21–27.
- Kaddour, K.B., Slimani, T., Lagarde, F., Bonnet, X., 2005. Dimorphisme sexuel et cinétique de croissance et de maturation chez *Testudo g. graeca*, dans les Jbilettes Centrales, Maroc. *Rev. Décologie* 60, 265–278.
- Kadid, Y., 1989a. A contribution to the aquatic vegetation study of the Tonga lake [National Park of El Kala].
- Kadid, Y., 1989b. Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga-Parc national d'El Kala. Mém. D'ingénieur INA El Harrach Alger.
- Keller, C., 1997a. Ecología de poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* en el Parque Nacional de Doñana (1997).
- Keller, C., 1998. Assessment of reproductive state in the turtle *Mauremys leprosa*: a comparison between inguinal palpation and radiography. *Wildl. Res.* 25, 527–531. <https://doi.org/10.1071/wr97013>.
- Keller, C., 1997a. Ecología de poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* en el Parque Nacional de Doñana (1997).
- Keller, C., 1997b. Ecología de poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* en el Parque Nacional de Doñana (1997).
- Keller, C., Díaz-Paniagua, C., Andreu, A., Bravo, M.A., 1995. Distribution pattern of freshwater turtles in the Doñana National Park (SW Spain), in: Proceedings of International Congress of Chelonian Conservation (SOPTOM, Ed.). Gonfaron: Editions SOPTOM. pp. 192–195.
- Kuchling G. 1999, n.d. . The reproductive biology of the chelonians. Springer-Verlag.Berlin.
- Kwet A. 2009. European reptile and amphibian guide - New Holland publishers. London. 252pp.
- Lamb, T., Bickham, J.W., Lyne, T.B., Gibbons, J.W., 1995. The slider turtle as an environmental sentinel: multiple tissue assays using flow cytometric analysis. *Ecotoxicology* 4, 5–13.
- Le Berre, M., 1989. La faune du Sahara: I, Poissons, Amphibiens. Raym Ond Chanbaud Cheval. Ed Coll Terre Afr. Paris.
- Lindeman, P.V., 1996. Comparative life history of painted turtles (*Chrysemys picta*) in two habitats in the inland Pacific Northwest. *Copeia* 1, 114–130.

- Loehr, V.J., 2008. The ecology of the world's smallest tortoise, *Homopus signatus signatus*: effects of rainfall.
- Loulida, S., Naimi, M., Znari, M., 2018a. Stress environnemental et instabilité du développement de l'émyde lépreuse *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) dans des environnements contrastés en termes de pollution dans le bassin du Tensift, Centre Ouest du Maroc. J. Int. Sci. Tech. L'Eau L'Environnement Vol. III-Numéro.
- Loulida, S., Naimi, M., Znari, M., 2018b. Stress environnemental et instabilité du développement de l'émyde lépreuse *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) dans des environnements contrastés en termes de pollution dans le bassin du Tensift, Centre Ouest du Maroc. J. Int. Sci. Tech. L'Eau L'Environnement 3, 104–108.
- Loulida, S., Znari, M., Naimi, M., Bendami, S., 2019. Tolerance to salinity and dehydration in the Sahara Desert blue-eyed turtle, *Mauremys leprosa saharica* (Testudines: Geoemydidae) from a brackish pond in the Lower Draa basin, southern Morocco. Afr. J. Herpetol. 68, 58–76. <https://doi.org/10.1080/21564574.2019.1645746>.
- Lyson, T.R., Bever, G.S., Scheyer, T.M., Hsiang, A.Y., Gauthier, J.A., 2013. Evolutionary origin of the turtle shell. Curr. Biol. 23, 1113–1119.
- Maccolini, E., 2010. Etude comparative des aliments industriels pour cheloniens disponibles en France (PhD Thesis).
- Maran, 1996. L'Émyde lépreuse, *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812). CITS Bulletin, 7: 16–43.
- Maran, J., 2010. Observations sur la distribution des tortues du Maroc (Chelonii: Emydidae, Geoemydidae et Testudinidae). Chéloniens 19, 16–34.
- Martínez-López, E., Gómez-Ramírez, P., Espín, S., Aldeguer, M.P., García-Fernández, A.J., 2017. Influence of a former mining area in the heavy metals concentrations in blood of free-living Mediterranean pond turtles (*Mauremys leprosa*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 99, 167–172. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2122-6>
- Matson, C.W., Palatnikov, G., Islamzadeh, A., McDonald, T.J., Autenrieth, R.L., Donnelly, K.C., Bickham, J.W., 2005. Chromosomal Damage in Two Species of Aquatic Turtles (*Emys orbicularis* and *Mauremys caspica*) Inhabiting Contaminated Sites in Azerbaijan. Ecotoxicology 14, 513–525. <https://doi.org/10.1007/s10646-005-0001-0>
- Mejelekh, D., El Ganaoui, M., 2012. Evaluation climatique préliminaire à la position des problèmes de transferts de chaleur et de masse rencontrés dans le bâtiment. XXXe Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry Savoie 6 Au 8 Juin 2012.

- Modassir, Y., Ansari, A., 2000. Effect of petroleum hydrocarbon on physiological and biochemical parameters in an estuarine clam, *Paphia malabarica*.
- Naimi, M., Znari, M., Lovich, J.E., Feddadi, Y., Baamrane, M.A.A., 2012a. Clutch and egg allometry of the turtle *Mauremys leprosa* (Chelonia: Geoemydidae) from a polluted peri-urban river in west-central Morocco. *Herpetol. J.* 22, 43–49.
- Naimi, M., Znari, M., Lovich, J.E., Feddadi, Y., Baamrane, M.A.A., 2012b. Clutch and egg allometry of the turtle *Mauremys leprosa* (Chelonia: Geoemydidae) from a polluted peri-urban river in west-central Morocco. *Herpetol. J.* 22, 43–49.
- naturels, C.R.-A. des espaces, Cadi, A., Faverot, P., 2004. La cistude d'Europe: gestion et restauration des populations et de leur habitat. Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels.
- Owens, I.P.F., Bennett, P.M., 2000. Ecological basis of extinction risk in birds: Habitat loss versus human persecution and introduced predators. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97, 12144–12148. <https://doi.org/10.1073/pnas.200223397>.
- Packard, G.C., Packard, M.J., 1988. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos In Gans C., editor;, & Huey RB, editor.(Eds.), *Biology of the Reptilia* (Vol. 16, pp. 523–605). N. Y. NY Alan R LissGoogle Sch.
- Pérez, I., Giménez, A., Anadón, J.D., Martínez, M., Selma, M.Á.E., 2002. Patrones de actividad estacional y diaria de la tortuga mora (*Testudo graeca* L. 1758 ssp. *graeca*) en el sureste de la Península Ibérica, in: *Anales de Biología. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia*, pp. 65–75.
- Pérez, M., Collado, E., Ramo, C., 1979. Crecimiento de *Mauremys caspica leprosa* (Schweigger, 1812)(Reptilia, Testudines) en la reserva biológica de Doñana. *Doñana Acta Vertebr.* 6, 161–178.
- Perez-Quintero, J. C., 1989. Primeros datos sobre oología de Reptiles de la provincia de Huelva, in: *Proceedings of the Comunic. IV Congreso Nacional de Herpetología*, Madrid, Spain. pp. 6–9.
- Perez-Quintero, J.C., 1989. Primeros datos sobre oología de Reptiles de la provincia de Huelva., in: *Comunic. IV Congreso Nacional de Herpetología*. Madrid.
- Peteiro, L.G., Babarro, J.M., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., 2006. Growth of *Mytilus galloprovincialis* after the Prestige oil spill. *ICES J. Mar. Sci.* 63, 1005–1013.
- Pleguezuelos, J.M., Márquez, R., Lizana, M., 2002. Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España. Dirección General de Conservación de la naturaleza Madrid.

- Pluto, T.G., Bellis, E.D., 1986. Habitat utilization by the turtle, *Graptemys geographica*, along a river. *J. Herpetol.* 22–31.
- Polo-Cavia, N., Engstrom, T., López, P., Martín, J., 2010. Body condition does not predict immunocompetence of western pond turtles in altered versus natural habitats. *Anim. Conserv.* 13, 256–264. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00329.x>
- Pritchard, P.C.H., 1979. *Encyclopedia of Turtles*. TFH Publication. Inc Ltd Neptune NJ USA.
- Raachi, M.L., 2007. Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au Nord-Est Algérien (PhD Thesis). Université du Québec à Montréal.
- Reese, D.A., Welsh Jr, H.H., 1998. Habitat use by western pond turtles in the Trinity River, California. *J. Wildl. Manag.* 842–853.
- Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H.B., van Dijk, P.P., [Turtle Taxonomy Working Group], 2021. *Turtles of the World: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status (9th Ed.)*. In: Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., van Dijk, P.P., Stanford, C.B., Goode, E.V., Buhlmann, K.A., and Mittermeier, R.A. (Eds.). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. *Chelonian Res. Monogr.* 8, 1–472. <https://iucn-tftsg.org/checklist/>.
- Rivera, A.C., Fernández, C.A., 2004. A management plan for the European pond turtle (*Emys orbicularis*) populations of the Louro river basin (Northwest Spain). *Biologia (Bratisl.)* 59, 161–171.
- Rouag, R., 1999. *Caractérisation du Peuplement Herpetofaune du Parc National d ‘El Kala*. These Magistere Univ. Badji Mokhtar Annaba Algeria.
- Samraoui, B., De Belair, G., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale: bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse* 4, 1–90.
- Sanz-Aguilar, A., Anadón, J.D., Giménez, A., Ballestar, R., Graciá, E., Oro, D., 2011. Coexisting with fire: the case of the terrestrial tortoise *Testudo graeca* in mediterranean shrublands. *Biol. Conserv.* 144, 1040–1049.
- Saouche I. 1993., n.d. Étude de la reproduction et du développement larvaire des odonates du lac Tonga. Thèse de magister. Université de Annaba. 150 pp.
- Schleich, H.H., 1996. Beitrag zur Systematik des Formenkreises von *Mauremys leprosa* (Schweigger) in Marokko. Teil I. *Spix. Suppl.* 22, 29–59.

- Schleich, H.-H., Kästle, W., Kabisch, K., 1996a. Amphibians and reptiles of North Africa. Koeltz scientific books, Koenigstein Germany.
- Schleich, H.-H., Kästle, W., Kabisch, K., 1996b. Amphibians and reptiles of North Africa. Koeltz scientific books, Koenigstein Germany.
- Schulze, A., Fritz, U., 2003. Morphological variation in Tyrrhenian *Emys orbicularis* revisited. Amphib.-Reptil. 24, 230–234.
- Segurado, P., Ayres, C., Cordero, A.L., 2005. 'Emyde Lépreuse *Mauremys leprosa* Dans La Péninsule Ibérique. Manouria 8, 26–27.
- Servan, J., 1986. La Cistude dans l'étang à roselière en Brenne. Paris Mus. Natl. D'Histoire Nat. Lab. D'Evolution Syst. Nat. Modif. Minist. l'Environnement SRETIE.
- Sidis, I., Gasith, A., 1985. Food habits of the Caspian terrapin (*Mauremys caspica rivulata*) in unpolluted and polluted habitats in Israel. J. Herpetol. 19, 108–115.
- Sletten, S., Bourgeon, S., Bårdsen, B.-J., Herzke, D., Criscuolo, F., Massemin, S., Zahn, S., Johnsen, T.V., Bustnes, J.O., 2016. Organohalogenated contaminants in white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) nestlings: an assessment of relationships to immunoglobulin levels, telomeres and oxidative stress. Sci. Total Environ. 539, 337–349.
- Souza, F.L., Abe, A.S., 2000. Feeding ecology, density and biomass of the freshwater turtle, *Phrynops geoffroanus*, inhabiting a polluted urban river in south-eastern Brazil. J. Zool. 252, 437–446.
- Thomson, S.A., 2021. Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. Phyllomedusa J. Herpetol. 20, 225–228.
- Tiar-Saadi, M., 2018. Bioécologie des tortues d'eau en Algérie. Thèse de doctorat en Biologie Animale. Département de Biologie. Badji Mokhtar Annaba.
- 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, 1330. <https://doi.org/10.3390/ani12101330>
- Touati L. and Samraoui B., 2006. Diversité et écologie des oiseaux d'eau de l'Oued Boukhmira.
- Uetz, P., 2000. How many reptile species? Herpetol. Rev. 31, 13.
- Veríssimo, J., Znari, M., Stuckas, H., Fritz, U., Pereira, P., Teixeira, J., Arculeo, M., Marrone, F., Sacco, F., Naimi, M., 2016. Pleistocene diversification in Morocco and recent

- demographic expansion in the Mediterranean pond turtle *Mauremys leprosa*. Biol. J. Linn. Soc. 119, 943–959. <https://doi.org/10.1111/bij.12849>
- Vila, J.-M., 1980. La chaîne alpine de l'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. These Dr.-Es-Sci. Univ. Pierre Marie Curie.
- Wilbur, H.M., Morin, P.J., 1988. Life history evolution in turtles. Biol. Reptil. 16, 387–439.
- Willemsen, R.E., Hailey, A., 2003. Sexual dimorphism of body size and shell shape in European tortoises. J. Zool. 260, 353–365.
- Willemsen, R.E., Hailey, A., 2001. Variation in adult survival rate of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: implications for evolution of body size. J. Zool. 255, 43–53.
- Willemsen, R.E., Hailey, A., 1999. Variation of adult body size of the tortoise *Testudo hermanni* in Greece: proximate and ultimate causes. J. Zool. 248, 379–396. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1999.tb01037.x>.
- Yang, Y., Zhang, H., Wang, S., Yang, W., Ding, J., Zhang, Y., 2020. Variation in sperm morphology and performance in tree sparrow (*Passer montanus*) under long-term environmental heavy metal pollution. Ecotoxicol. Environ. Saf. 197, 110622.
- Zuffi, M.A.L., Odetti, F., Meozzi, P., 1999. Body size and clutch size in the European pond turtle (*Emys orbicularis*) from central Italy. J. Zool. 247, 139–143. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1999.tb00977.x>