



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITE D'EL-TARF

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Option : Toxicologie industrielle et environnement

Résilience de la tortue d'eau *Mauremys leprosa* dans des habitats pollués

Déposé le : 12/06/2025

Présenté par : M^{me} Ghai Zahrat El Oula

Le jury est composé de :

Nom	Grade	Rôle	Institution
CHETTIBI Ahlem	Maître de conférences B	Présidente	Université Chadli Bendjedid – El Tarf
RIZI Hadia	Maître de conférences A	Examinatrice	Université Chadli Bendjedid – El Tarf
SAADI Manel	Maître de conférences A	Encadrant	Université Chadli Bendjedid – El Tarf

Année Universitaire : 2024/2025

RESUME

Le présent travail, mené durant les mois d'avril et mai 2025 dans la région d'Annaba, a pour objectif d'évaluer la capacité de résilience de la tortue d'eau douce *Mauremys leprosa* dans des milieux aquatiques fortement dégradés. L'étude cherche à vérifier la résilience de cette espèce autochtone, et sa capacité de persister, voire de se maintenir activement, dans des contextes marqués par la pollution et l'anthropisation. Les observations ont été réalisées sur six sites contrastés de la région (Sidi Salem, Boukhmira, Garaet El Chatt, Ben Amar, Boussedra et Bidari), exposés à différents niveaux de perturbation.

L'approche méthodologique s'est appuyée sur des observations visuelles et contextuelles d'indicateurs de pollution (qualité de l'eau, pollution olfactive, déchets solides, rejets liquides, dégradation biologique, anthropisation), associées à des observations comportementales et morphologiques de *M. leprosa* (abondance, présence de juvéniles, comportements). Une évaluation qualitative des habitats a été couplée à des analyses statistiques de type Spearman, afin de rechercher des corrélations entre les indicateurs de dégradation et la résilience apparente de l'espèce.

Les résultats montrent que *M. leprosa* est présente sur l'ensemble des sites, y compris dans les milieux les plus dégradés, comme Boukhmira ou Bidari. Aucun des indicateurs environnementaux testés n'a montré de corrélation significative avec la résilience moyenne de l'espèce, bien que certaines tendances modérées aient été observées pour les effluents et la modification physique des lits d'eau. Ces observations confirment la remarquable tolérance écologique de *M. leprosa*, capable de persister, voire de se reproduire, dans des milieux aquatiques fortement anthropisés et altérés.

Mots-clés : *Mauremys leprosa*, résilience écologique, pollution aquatique, zones humides, dégradation anthropique, indicateurs qualitatifs, nord-est algérien

ABSTRACT

This study, conducted during April and May 2025 in the Annaba region (Algeria), aimed to assess the resilience capacity of the freshwater turtle *Mauremys leprosa* in highly degraded aquatic environments. The objective was to determine whether this native species is able to persist — and even maintain stable populations — in contexts marked by significant pollution and anthropogenic pressures. Observations were carried out at six contrasting sites in the region (Sidi Salem, Boukhmira, Garaet El Chatt, Ben Amar, Boussedra, and Bidari), each subject to varying degrees of environmental degradation.

The methodological approach was based on visual and contextual assessments of pollution indicators (water quality, olfactory nuisances, solid waste, liquid discharges, biological degradation, and anthropisation), combined with morphological and behavioral observations of *M. leprosa* (abundance, presence of juveniles, and behavior). A qualitative evaluation of the sites was supplemented by Spearman correlation analyses to examine potential relationships between environmental indicators and the species' resilience.

The results show that *M. leprosa* is present across all surveyed sites, including those most degraded such as Boukhmira and Bidari. None of the tested environmental indicators revealed a statistically significant correlation with the species' average resilience, although moderate trends were observed for effluents and modifications of the waterbed. These findings confirm the remarkable ecological tolerance of *M. leprosa*, capable of surviving and reproducing in highly disturbed aquatic habitats.

Keywords : *Mauremys leprosa*, ecological resilience, aquatic pollution, wetlands, anthropogenic degradation, qualitative indicators, northeastern Algeria.

الملخص

يهدف هذا العمل، الذي تم إنجازه خلال شهري أبريل وماي 2025 في منطقة عنابة، إلى تقييم قدرة السلحفاة المائية *Mauremys leprosa* على التحمل في بيئات مائية متدهورة بشدة. يهدف البحث إلى التحقق من مدى قدرة هذه السلحفاة المحلية على البقاء، بل وحتى الاستمرارية النشطة، في ظروف تتسم بالتلوث والضغوط البشرية. وقد تمت الملاحظات على ستة مواقع مختلفة في المنطقة (سيدي سالم، بوخميرة، قرية الشط، بن عمار، بوسدره وباداري) تعرضت جميعها لمستويات متفاوتة من التدهور البيئي.

اعتمد المنهج على ملاحظات بصرية وسياقية لمؤشرات التلوث (نوعية المياه، الروائح، النفايات الصلبة، المصبات السائلة، التدهور البيولوجي، والعوامل البشرية)، إلى جانب تسجيل سلوكيات ومظاهر شكلية للسلحفاة *M. leprosa* (الوفرة، وجود الصغار، السلوك). وقد تم دعم هذا التقييم النوعي بتحليل إحصائي باستعمال معامل سبيرمان لاختبار العلاقة بين مؤشرات التدهور البيئي ومظاهر المقاومة لدى النوع.

أظهرت النتائج أن هذه السلحفاة كانت حاضرة في جميع المواقع، بما في ذلك تلك الأكثر تدهوراً مثل بوخميرة وباداري. لم تُظهر أي من المؤشرات البيئية المدروسة علاقة ذات دلالة إحصائية مع مقاومة النوع، رغم وجود بعض الاتجاهات المتوسطة بالنسبة للمصبات وتعديلات مجرى المياه. وتؤكد هذه النتائج قدرة *M. leprosa* الاستثنائية على التحمل والتكاثر في بيئات مائية متدهورة بشدة.

الكلمات المفتاحية: *Mauremys leprosa* ، المقاومة البيئية، التلوث المائي، المناطق الرطبة، التدهور البشري، مؤشرات نوعية، شمال شرق الجزائر.

LISTE DE FIGURES

Figure 1. Situation géographique de la wilaya d'Annaba.	4
Figure 2. Carte de localisation du site d'étude Oued Boukhmira	5
Figure 3. Carte de localisation du site Garaet El Chatt.	6
Figure 4. Carte de localisation du site de Sidi Salem.	7
Figure 5. Carte de localisation su site Bidari.	9
Figure 6. Carte de localisation du site Boussedra.	11
Figure 7. Aire de répartition de <i>Mauremys leprosa</i>	13
Figure 8. Indicateurs de la qualité d'eau entre les six sites étudiés.	24
Figure 9. Corrélation entre les indicateurs de la qualité de l'eau et les indicateurs de la résilience de <i>M. leprosa</i>	25
Figure 10. Les valeurs des indicateurs olfactifs enregistrées dans les six sites d'études.	26
Figure 11. Corrélation entre les indicateurs olfactifs et les indicateurs de résilience de <i>M. leprosa</i>	26
Figure 12. Présence de déchets solides et matières flottantes par site.	27
Figure 13. Corrélation entre les indicateurs de présence de déchets et les indicateurs de résilience de <i>M. leprosa</i>	28
Figure 14. Indicateurs de dégradation biologique enregistrés dans les six sites d'étude.	29
Figure 15. Corrélation entre la charge en déchets solides et l'abondance de <i>M. leprosa</i>	30
Figure 16. Les indicateurs de présence de rejets humains évalués dans les différents sites d'étude.	31
Figure 17. Corrélation entre la résilience moyenne de <i>M. leprosa</i> et les indicateurs de rejets et effluents.	31
Figure 18. Les indicateurs de présence d'indicateurs d'anthropisation évalués pas site.	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Tableau comparative des indicateurs de pollution visuelle, chimique et biologiques des six sites étudiés	23
--	----

TABLE DE MATIERES

Résumé	I
Abstract	I
الملخص	II
Liste de Figures	III
Liste des tableaux	III
Table de matières	IV
<i>Remerciement</i>	VI
DEDICACES	VII
Introduction	1
Matériel et méthodes	4
I.1. Présentation de la région d'étude « plaine d'Annaba »	4
I.1.1. Description générale et localisation	4
I.1.1.1 Présentation du premier site d'étude Oued Boukhmira	4
I.1.1.2 Présentation du deuxième site d'étude Garaet El Chatt	5
I.1.1.3. Présentation du troisième site d'étude Etang de sidi Salem	6
I.1.1.4. Présentation du quatrième site d'étude Ben Amar	7
I.1.1.5. Présentation du quatrième site d'étude Bidari	8
I.1.1.6. Présentation du sixième site Bousedra	9
I.2. Description du modèle biologique <i>Mauremys leprosa</i>	11
I.2.1. Systématique	11
I.2.2. Morphologie	12
1.2.3. Taille du corps	12
1.2.4. Dimorphisme sexuel	12
1.2.5. Distribution géographique	13
1.2.6. Bioécologie de l'espèce	13
I.3. Méthodologie	16
I.3.1. Choix des sites d'étude	17
I.3.2. Description des sites étudiés	17
I.3.3. Période et conditions des prospections	20
I.3.4. Matériels utilisés	20
I.3.5. Méthode d'observation	20
I.3.6. Évaluation de l'état des habitats	21

I.4. Analyse statistique :	21
Résultat	22
II.1. Évaluation des sites selon les indicateurs de pollution	22
II.2.1 Indicateurs de la qualité de l'eau	24
II.2.2. Indicateurs olfactifs	25
II.2.3. Indicateurs de charge en déchets solides	27
II.2.4. Indicateurs de dégradation biologique	28
II.2.5. Indicateurs de rejets anthropiques	30
II.2.6. Indicateur d'anthropisation	32
Discussion	34
Conclusion	38
Références bibliographiques	39

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme SAADI Manel, je la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury, Mme Rizí Hadía et Mme Chetíbi Ahlem, pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Leur présence, leurs remarques pertinentes et leurs conseils enrichiront sans doute ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- 
- *A l'être le plus cher de ma vie, ma mère.*
 - *A mon père Je te remercie pour tout ce que tu as fait pour moi .*
 - *A mes chers sœurs et frère .*
 - *A mon cher mari, merci de m'avoir soutenu.*
 - *A tous mes amis de la promotion 2 année Master TIE et à toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*

Zahrat El Oula

•

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La biodiversité aquatique englobe l'ensemble des organismes vivant dans les écosystèmes d'eau douce, saumâtres et marins. Elle joue un rôle crucial dans le maintien des fonctions écologiques essentielles, telles que la purification de l'eau, la régulation des cycles nutritifs, et le soutien des réseaux trophiques (Giller & Malmqvist, 1998). Parmi les espèces aquatiques, les reptiles, notamment les tortues, sont des acteurs clés de ces écosystèmes. Elles régulent les populations de leurs proies et servent de bioindicateurs de la qualité environnementale. En raison de leur position dans la chaîne alimentaire et de leur longévité, les tortues sont particulièrement sensibles aux variations de leur habitat, reflétant ainsi l'état de santé des milieux aquatiques.

La pollution des milieux aquatiques, conséquence des activités humaines telles que les rejets industriels, agricoles et domestiques, entraîne l'introduction de substances toxiques telles que les métaux lourds, les pesticides et les hydrocarbures (Vörösmarty et al., 2010). Ces contaminants perturbent la physiologie, le comportement et la reproduction des espèces exposées (Sparling et al., 2000). Les reptiles aquatiques, en raison de leur capacité à bioaccumuler ces substances, sont particulièrement vulnérables aux effets toxiques de ces polluants (Guillot, 2017).

Le bassin méditerranéen, reconnu pour ses niveaux élevés de biodiversité, est classé parmi les 25 "Hot spots" de la planète (Myers et al., 2000). Cette région abrite une grande diversité d'espèces, incluant des plantes, des mammifères, des oiseaux, des poissons, des amphibiens et des reptiles. Parmi ces derniers, les tortues, en particulier les tortues d'eau douce, jouent un rôle écologique essentiel en régulant les populations de leurs proies et en servant de bioindicateurs de la qualité de leur environnement (Do Santos et al., 2021 ; Lindsay et al., 2013 ; De Sola et al., 2007). La classe des reptiles regroupe plus de 9000 espèces réparties en quatre ordres : les crocodyliens, les Squamata, les Rhynchocephalia, et les Chelonia, ce dernier incluant les tortues terrestres, aquatiques et marines (Uetz, 2000).

Dans le contexte algérien, les tortues d'eau douce sont représentées par deux espèces principales : l'émyde lépreuse *Mauremys leprosa* et la cistude d'Europe *Emys orbicularis*. L'espèce *M. leprosa*, présente à travers toute la région nord du pays, depuis l'étage bioclimatique humide jusqu'à l'aride, se distingue par sa tolérance aux habitats variés, incluant les zones humides naturelles et artificielles, les marais, les lacs, et même les étangs d'eaux polluées ou eutrophes (Da Silva, 1995, 2002; Keller, 1997). Cette tortue est largement distribuée en Afrique du Nord, du Maroc occidental à la Libye, et se rencontre également en Europe, notamment dans la péninsule Ibérique et le sud-ouest de la France (Bonin et al., 1996).

L'importance écologique de *M. leprosa* réside dans sa capacité à prospérer dans des conditions de pollution et de dégradation, des environnements où d'autres espèces auraient du mal à survivre. Cette tortue peut tolérer des niveaux élevés de polluants, tels que les métaux lourds et les produits chimiques, qui perturbent la physiologie et la dynamique des populations d'autres espèces aquatiques. Des études récentes ont montré que *M. leprosa* peut maintenir des caractéristiques reproductives favorables même dans des environnements fortement pollués (Gahmous et al., 2022). Cette résilience permet à cette espèce de jouer un rôle crucial en tant que bioindicateur de la santé des écosystèmes aquatiques.

Une espèce et évaluer ses mécanismes d'adaptation face aux diverses perturbations d'origine anthropique, y compris la pollution. *M. leprosa* constitue un modèle pertinent à cet égard. Elle est fréquemment observée dans des eaux polluées et tolère les fonds vaseux ainsi que les habitats eutrophes, qui offrent une nourriture abondante et une faible concurrence, principalement de la part des poissons (Tiar Saadi, 2018, Bakhouche et al., 2019, Slimani et al., 2018). Des densités élevées ont été rapportées dans des habitats fortement dégradés et pollués, où les individus se regroupent dans des zones restreintes à faible mobilité, profitant d'un approvisionnement alimentaire important constitué de déchets organiques, de limons et de macroinvertébrés [El Hili et al., 2020 , Bakhouche et al., 2019, Slimani et al., 2018).

Cependant, malgré sa capacité d'adaptation, l'impact des polluants sur cette espèce reste un domaine de recherche important, notamment pour comprendre les mécanismes physiopathologiques sous-jacents. Des recherches sur les biomarqueurs de stress oxydatif chez *M. leprosa* ont révélé des réponses physiologiques complexes à la pollution, suggérant une interaction entre la toxicité environnementale et les stratégies d'adaptation de l'espèce (Héritier et al., 2017).

L'espèce *M. leprosa* est classée comme « Vulnérable » dans la Liste Rouge européenne et espagnole des reptiles (Cox & Temple, 2009; UICN France, 2015), bien qu'elle ne soit pas menacée dans son habitat naturel, notamment en Afrique du Nord. Cette situation met en lumière la nécessité de développer des stratégies de conservation adaptées pour préserver cette tortue face aux menaces anthropiques croissantes.

L'étude de *M. leprosa* offre ainsi une opportunité précieuse pour évaluer les impacts de la pollution sur les écosystèmes aquatiques. Sa présence et son état de santé peuvent servir d'indicateurs fiables de la qualité de l'eau et de l'intégrité écologique des habitats. Comprendre les mécanismes d'adaptation et de résilience de cette espèce face aux pressions anthropiques est essentiel pour élaborer des stratégies de conservation efficaces et préserver la biodiversité des milieux aquatiques.

L'évaluation de la pollution des milieux aquatiques continentaux est donc essentielle pour comprendre les dynamiques écologiques et la résilience des espèces. Dans de nombreux cas, notamment dans des contextes locaux ou à faibles ressources, l'accès à des outils d'analyse physico-chimique ou biologique de haute précision

est limité. Il devient alors pertinent de recourir à des approches d'observation directe, qualitatives, mais suffisamment structurées pour permettre une évaluation comparative des degrés de pollution (Fenoglio & Doretto, 2021 ; Striner, & Preece, 2018 (a,b) ; Stoll & Boger, 2025).

Cette étude propose une méthodologie fondée sur l'observation visuelle, olfactive et contextuelle de plusieurs sites aquatiques, avec pour objectif d'analyser les conditions environnementales en lien avec la présence et la résilience de *M. leprosa*, une tortue d'eau douce endémique de la région méditerranéenne. Cette espèce, utilisée ici comme bioindicateur, est connue pour sa tolérance relative à des environnements dégradés (El Hassani et al., 2019).

Les objectifs de ce travail sont :

- Évaluer la capacité de résilience écologique de *M. leprosa* dans des milieux aquatiques fortement dégradés.
- Vérifier si cette espèce peut persister (et éventuellement se reproduire) dans des contextes marqués par la pollution et l'anthropisation (pollution organique, effluents, déchets solides, modification des berges, bruit, etc.).
- Analyser les variations d'abondance, de présence de juvéniles et de comportements chez *M. leprosa* en fonction du degré de dégradation des sites.
- Utiliser des observations visuelles, olfactives et contextuelles pour caractériser les pressions environnementales de manière qualitative.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL ET METHODES

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

I.1.1. Description générale et localisation

La plaine de Annaba est située au Nord-est de l'Algérie, entre les latitudes 36°30'nord et 37°03'et les longitudes 7°20'est et 8°40'. Elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par la wilaya de Guelma, à l'est par la wilaya d'El Tarf et à l'ouest par la wilaya de Skikda (Fig. 2). La plaine d'Annaba, correspondant à la Basse Seybouse entre la chaîne Numidienne et le massif de l'Edough.



Figure 1. Situation géographique de la wilaya d'Annaba (in Allout, 2013).

I.1.1.1 Présentation du premier site d'étude Oued Boukhmira

La zone humide d'oued Boukhmira 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. Le site d'étude est un estuaire. La section à échantillonner de l'estuaire Boukhmira se prolonge sur environ 3 km de long à partir de l'embouchure, la partie amont, précisément les sections intermédiaire et fluviale (Fig. 2). La superficie globale à échantillonner est donc de 4,5 hectares, à raison d'une largeur moyenne de 15 m du cours d'eau. Le 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 2. Carte de localisation du site d'étude Oued Boukhmira (in Tiar-Saadi, 2018).

Oued Boukhmira draine principalement les terres agricoles et s'étend en marécage à proximité de son embouchure. A ses rives se trouve une immense décharge sauvage d'ordures ménagères de la commune de Sidi Salem. La flore de la zone humide de Boukhmira englobe plusieurs espèces de plantes spontanées, semi-aquatiques et des sols hydro morphes. 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*, les *Fabaceae*, les *Plantaginaceae*, les *Euphorbiaceae* et les *Brassicaceae*, les *Geraniaceae*, les *Poaceae*, les *Rubiaceae* et enfin les *Rosaceae* (Allouat, 2013). L'avifaune aquatique d'Oued Boukhmira est composée de 33 espèces, appartenant à 12 familles. Leur statut diffère entre sédentaire, hivernant et de passage. Des poules d'eau, des foulques et des canards en grand nombre, ainsi que des hérons, des sarcelles d'été et marbrés y séjournent. On trouve dans cet estuaire à la fois des poissons de mer et d'eau douce tel que les dorades, marbrés loupes et des mullets. C'est la raison pour laquelle on trouve un grand nombre de oiseaux larvo-limicoles et des échassiers.

I.1.1.2 Présentation du deuxième site d'étude Garaet El Chatt

Le second site d'échantillonnage est situé à Garaet El Chatt, une petite zone humide localisée entre les villages de Chatt et Sidi M'barek, dans la wilaya d'El Tarf (Nord-Est de l'Algérie). Il est précisément situé aux coordonnées géographiques 36°49,81' N et 07°54,68' E, avec une superficie d'environ 2 hectares. Cette garaet se trouve en bordure immédiate de la route W 109, à proximité directe des habitations, ce qui la rend particulièrement exposée aux activités humaines.

Garaet El Chatt se distingue par un niveau d'eutrophisation très élevé, considéré parmi les plus importants de la région. Cette dégradation de la qualité de l'eau est principalement due au déversement direct et non traité d'eaux usées domestiques et agricoles dans la zone. L'environnement aquatique et riverain est dominé

par une végétation typique des milieux humides dégradés, composée principalement de *Phragmites australis* (roseau commun), *Typha angustifolia* (massette à feuilles étroites) et *Iris pseudoacorus* (iris des marais), des espèces souvent associées à des eaux stagnantes et polluées.



Figure 3. Carte de localisation du site Garaet El Chatt.

I.1.1.3. Présentation du troisième site d'étude Etang de sidi Salem

Sidi Salem est une commune située dans la commune d'El Bouni, à environ 6 km au sud du centre-ville d'Annaba. La zone côtière de Sidi Salem est caractérisée par une plaine littorale, des dunes, des zones humides et l'embouchure de l'oued Seybouse. Ces caractéristiques géographiques créent un environnement propice à une biodiversité riche.

La région de Sidi Salem abrite plusieurs zones humides, dont le marécage de Sidi Salem et la zone humide de Boukhmira. Ces écosystèmes sont essentiels pour la conservation de la biodiversité, offrant des habitats à de nombreuses espèces végétales et animales.

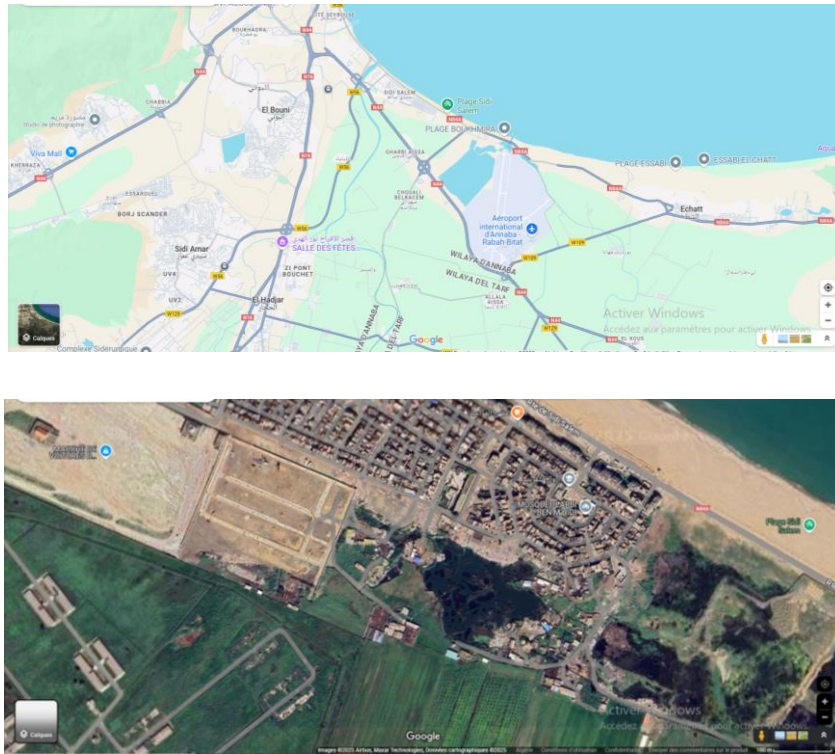


Figure 4. Carte de localisation du site de Sidi Salem.

I.1.1.4. Présentation du quatrième site d'étude Ben Amar

Le site étudié est un petit cours d'eau situé dans la commune de Ben Amar, wilaya d'El Tarf, au nord-est de l'Algérie. Il est précisément localisé à proximité immédiate de la route W129, à $36^{\circ}47'32.1''$ N et $7^{\circ}48'55.8''$ E. Ce cours d'eau temporaire ou semi-permanent prend place dans une petite vallée sublittorale, à faible altitude, dans une zone de transition entre plaine agricole et versants boisés.

Le site est soumis à un climat méditerranéen tempéré de type Csa (Köppen-Geiger), caractérisé par des hivers doux et humides et des étés chauds et secs. La température annuelle moyenne est d'environ $18,3^{\circ}\text{C}$, avec des maxima autour de $25,7^{\circ}\text{C}$ en août et des minima proches de $11,2^{\circ}\text{C}$ en janvier. Les précipitations annuelles varient entre 618 mm et 690 mm, concentrées entre octobre et avril, ce qui conditionne le régime hydrologique saisonnier du cours d'eau (Weatherspark, 2025; La Chaîne Météo, 2025).

Le cours d'eau de Ben Amar présente un écoulement intermittent, avec des périodes de débit actif en hiver et au printemps, et un étiage ou un assèchement partiel en été. Son lit est peu profond, aux berges faiblement inclinées, parfois élargies localement par des mares résiduelles en saison sèche. Le substrat est essentiellement limoneux à sablo-argileux, parfois mêlé de graviers fins. L'environnement immédiat est marqué par une végétation rivulaire discontinue, et l'emprise de la route W129 offre un accès aisé au site mais implique également une exposition aux perturbations anthropiques (rejets, déchets, piétinement, etc.).

La ripisylve est constituée d'espèces hélophytes et de végétation herbacée hydrophile : *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Juncus spp.*, ainsi que diverses graminées. Des mousses aquatiques ou des hydrophytes peuvent être observées selon le niveau d'eau. En bordure, la végétation ligneuse est très clairsemée, parfois limitée à quelques arbustes (*Tamarix gallica*, *Nerium oleander*).

Le site a permis l'observation de plusieurs espèces caractéristiques des petits cours d'eau méditerranéens : amphibiens (notamment *Pelophylax saharicus*), reptiles semi-aquatiques (comme la tortue d'eau douce *Mauremys leprosa*), et une diversité d'invertébrés aquatiques (odonates, larves d'éphémères et coléoptères aquatiques). La qualité écologique du site, bien que soumise à des fluctuations saisonnières, en fait un habitat favorable aux espèces bioindicatrices sensibles à la pollution ou à la modification de l'hydrodynamisme.

Le site de Ben Amar, en tant que petit cours d'eau temporaire en contexte rural, est exposé à plusieurs types de pressions : déversements agricoles, érosion des berges, déchets solides en bordure routière. Toutefois, son caractère semi-naturel, son accessibilité et sa fréquentation relativement faible en font un terrain d'étude pertinent pour l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau et pour l'observation d'espèces sensibles, notamment les tortues d'eau douce. Ce type d'habitat joue un rôle non négligeable dans la connectivité écologique entre zones humides plus vastes de la région d'El Tarf.

1.1.1.5. Présentation du quatrième site d'étude Bidari

Ce site correspond à une portion aménagée de l'oued Meboudja, localisée à proximité de la route nationale N44, entre les quartiers de Bidari et de Boukhadra, dans la wilaya d'Annaba (coordonnées : 36°51'59" N, 7°43'08" E). Le tronçon étudié longe une zone de transition entre milieu périurbain et installations industrielles, avec une morphologie rectiligne et des berges artificialisées par des travaux d'aménagement hydraulique.

L'oued Meboudja est un cours d'eau de régime irrégulier, fonctionnant principalement en période hivernale et printanière. Dans ce secteur, son lit a été canalisé sur plusieurs centaines de mètres pour prévenir les inondations dans la plaine ouest d'Annaba. La profondeur de l'eau est variable (20 à 80 cm selon les périodes), avec un substrat vaseux à sablo-limoneux, parfois colmaté par des dépôts de matières organiques.

La zone étudiée reçoit directement ou indirectement des effluents domestiques et industriels, en provenance des quartiers riverains (Boukhadra, El Bouni) et d'ateliers métallurgiques et agroalimentaires à proximité. Plusieurs études antérieures ont mis en évidence une pollution chronique de l'oued Meboudja, notamment par des métaux lourds (Fe, Cu, Zn, Cr, Ni), des hydrocarbures et des matières organiques biodégradables (Benslama et al., 2013). Les analyses ont également montré une forte dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau, rendant ce cours d'eau inapte à l'irrigation agricole ou à un usage domestique non traité (Benslama et al., 2013).

Malgré cette dégradation, le site reste habité par une faune aquatique opportuniste et tolérante à la pollution. Lors de nos campagnes de terrain, la présence de la tortue *M. leprosa* a été confirmée. Cette espèce est connue pour sa capacité à survivre dans des milieux anthropisés fortement altérés (El Hassani et al., 2018 ; Gahmous et al., 2022). La ripisylve y est pauvre, dominée par quelques formations de *Phragmites australis* et des herbacées nitrophiles résistantes à la contamination.



Figure 5. Carte de localisation su site Bidari.

I.1.1.6. Présentation du sixième site Bussedra

Le marais de Bussedra ($36^{\circ}50'45''$ N, $7^{\circ}43'47''$ E) est une zone humide continentale située dans la wilaya d'Annaba, dans la région de la Numidie occidentale, à environ 600 km à l'est d'Alger. Ce site, d'une superficie variable estimée à environ 55 hectares selon la pluviométrie annuelle, constitue un vestige d'un ancien complexe de zones humides entourant la ville d'Annaba.

La profondeur de l'eau y atteint jusqu'à 2 m pendant la saison humide, et descend à environ 1,5 m en période sèche, avec des variations marquées de la surface d'eau libre selon les saisons (Chettibi, 2013). Le marais bénéficie d'un climat méditerranéen à hiver doux et humide et été chaud et sec, influençant fortement son hydrologie saisonnière. La pluviométrie annuelle conditionne directement la superficie en eau libre et la profondeur du marais.

Cette zone humide est un exemple typique de fragment des zones humides méditerranéennes (Battisti et al., 2008 ; Paracuellos, 2008). Elle est désormais intégrée dans un paysage urbain dense. Elle est limitée à l'est par des bidonvilles, au sud par des usines agroalimentaires et une voie ferrée, et au nord-ouest par des agglomérations

urbaines proches. Ce contexte rend le site particulièrement exposé à diverses pressions : pollution, artificialisation des berges, dérangements anthropiques.

La végétation palustre y est abondante et bien structurée, avec une dominance de *Scirpus maritimus*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* et *Scirpus lacustris*, ainsi qu'une bande méridionale importante de *Tamarix gallica*. Cette dernière constitue un site de nidification pour une colonie mixte de hérons (Ardéidés), comprenant notamment *Bubulcus ibis*, *Nycticorax nycticorax*, *Egretta garzetta* et *Ardea purpurea* (Samraoui & Samraoui, 2008 ; Samraoui et al., 2012).

La richesse faunistique du site est également remarquable. On y observe une diversité élevée d'odonates (libellules et demoiselles), d'orthoptères (sauterelles, criquets) et de lépidoptères, dont plusieurs espèces sont d'intérêt patrimonial (Chettibi, 2013).

Les observations menées entre 2010 et 2022 ont permis de confirmer la présence de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau, nicheuses ou migratrices : Anatidés, Rallidés, Charadriidés, Threskiornithidés, Podicipédidés, Ciconiidés, entre autres. La présence régulière de l'érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), une espèce mondialement menacée (EN, UICN), confère une valeur internationale au site (BirdLife International, 2021). L'étude de Draïdi et al. (2023) a documenté en détail la reproduction de cette espèce sur le site, renforçant ainsi son intérêt pour la conservation avifaunistique au niveau méditerranéen.

En effet, grâce aux travaux récents, notamment ceux de Draïdi et al. (2023), le marais de Boussedra est désormais perçu comme un site prioritaire pour la conservation de la biodiversité en zone urbaine littorale. Il s'inscrit dans la dynamique des zones humides méditerranéennes à protéger, en cohérence avec les engagements de la Convention de Ramsar.

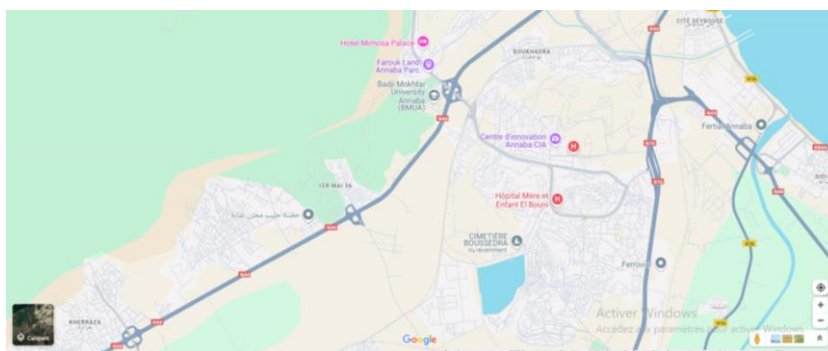




Figure 6. Carte de localisation du site Bouschedra.

I.2. Description du modèle biologique *Mauremys leprosa*

M. leprosa a été décrite pour la première fois en 1812 par A. F. Schweigger dans un ouvrage intitulé « *Prodromus Monographiae Cheloniorum* ». Le nom d'espèce, *leprosa*, fait bien évidemment allusion à la lèpre. Le tableau clinique de cette maladie humaine indique, entre autres signes, la présence de nodules plus ou moins volumineux sur la peau et les muqueuses. Maran 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. En fait, le nom a pour origine des saillies bossues présentes sur certaines écailles de la carapace du spécimen observé par Schweigger. Ces « verrues », similaires aux nodules causés par la lèpre chez l'Homme, sont des vestiges de carènes, et seraient pathologiques (Frayesse, 2002).

I.2.1. Systématique

Selon Fritz et Havas (2007), *Mauremys leprosa*, appelée aussi la tortue méditerranéenne, appartient à :

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.

-

Les sous espèces de *Mauremys leprosa*:

- *Mauremys leprosa vanmerhaeghei* (Bour & Jérôme 1999)

- *Mauremys leprosa leprosa* (Schweigger, 1812)

- *Mauremys leprosa atlantica* (Schleich 1996)
- *Mauremys leprosa erhardi* (Schleich 1996)
- *Mauremys leprosa marokkensis* (Schleich 1996)
- *Mauremys leprosa saharica* (Schleich 1996)
- *Mauremys leprosa vanderhaeghei* (Schleich 1996)
- *Mauremys leprosawernerkaestlei* (Schleich 1996)
- *Mauremys leprosa zizi* (Schleich 1996)

1.2.2. Morphologie

La tortue lépreuse est caractérisée par sa carapace aplatie et son cou orné de lignes longitudinales jaune pâle sur fond verdâtre (Chaumeton et *al.*, 2001). Les plaques supra-caudales sont doubles. Le plastron est solidement uni au bouclier dorsal. Les membres postérieures sont plus longs et plus puissants que les antérieurs et sont tous terminés par des palmures digitales. La carapace des mâles est plus étroite que celle des femelles (Schleich et *al.*, 1996; Arnold et Oviden, 2004). Le plastron du mâle est concave, dans le sens de la longueur, tandis que celui de la femelle est plat. Le plastron du mâle porte une grande tache noire centrale comparablement aux femelles. La face dorsale est colorée en brun olive (Combescot, 1954). La coloration du plastron varie du vert jaunâtre brillant uniforme au noir avec des taches marginales brillantes, ou avec des séries de taches symétriques noires (Schleich et *al.*, 1996).

1.2.3. Taille du corps

L'*Emyde lépreuse* est une tortue aquatique de taille moyenne adulte comprise entre 12 et 20 cm de longueur en France (Maran, 2010). La longueur de la carapace atteint 160 mm chez les mâles et 170 mm chez les femelles au Maroc (Schleich, 1996). La taille maximale observée est de 250 mm (taille de la dossière) au Maghreb. Les femelles sont supérieures en taille aux mâles. Elle présente une carapace de forme relativement quadrangulaire à l'état adulte, plate, pourvue d'une carène continue. La dossière et le plastron sont liés par un pont osseux. Le plastron présente une échancrure anale nette et profonde (Maran, 1996)

1.2.4. Dimorphisme sexuel

Les femelles de l'émyde lépreuse sont plus grosses que les mâles (Kuchling, 1989; Guyot et Kuchling, 1998; Munoz et Nicolau, 2006). Les adultes mâles ont généralement une queue plus longue et plus épaisse, avec localisation locale plus distale que chez les femelles (Kuchling, 1999). 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 les mâles, elle les dépasse. Le dimorphisme sexuel est déterminable chez les jeunes tortues mesurant entre 50 et 60 mm, ce qui correspond à un poids de 40g et un âge de 3ans (Maran, 1996).

1.2.5. Distribution géographique

L'Emyde lépreuse est d'origine nord-africaine (Schleich et *al.*, 1996; Keller et Busack, 2001; Fritz et *al.*, 2006). Correspond l'une des sept espèces de tortues d'eau douce indigènes du Paléarctique occidental (Fritz et *al.*, 2005). Elle est largement répandue au pays du Maghreb. Elle s'engage même vers les tropiques, bénéficiant de la plupart des points d'eaux disponibles (Fahd, 1993). En Europe, elle peuple presque la totalité de la Péninsule Ibérique (sauf certaines parties du nord) et le sud-ouest de la France (Arnold et Oviden, 2004).

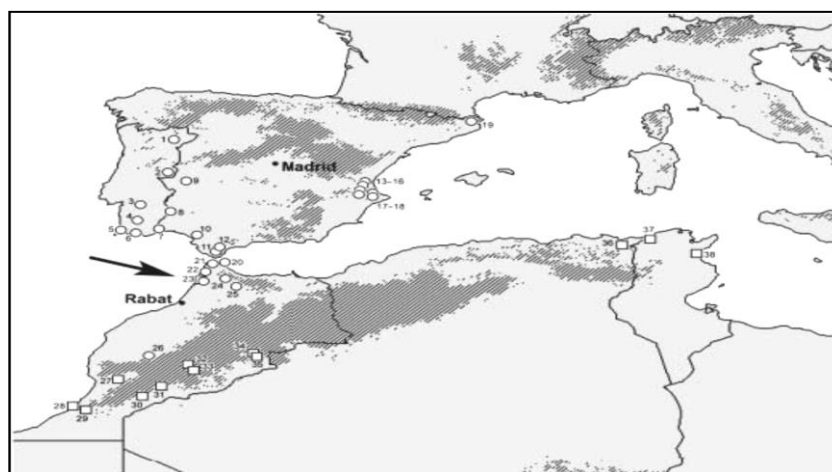


Figure 7. Aire de répartition de *Mauremys leprosa* (Fritz et *al.*, 2005).

1.2.6. Bioécologie de l'espèce

1.2.6.1. Activité

Comme les autres reptiles, l'activité de *M. leprosa* est tributaires des conditions climatiques. Cette espèce a une activité diurne, elle peut toutefois être crépusculaire par les grandes chaleurs d'été. Si la température est très faible, elle préfère des postes ensoleillés pour pouvoir atteindre une température corporelle qui lui permet de trouver sa nourriture. A l'inverse, durant la période estivale, elle va chercher l'ombre sous la végétation de la ripisylve (combescot, 1954).

Le caractère torrentiel des fleuves doit l'amener à hiverner plutôt à terre.

1.2.6.2. Hibernation

Selon la climatologie locale, les périodes d'activité/inactivité peuvent largement varier. Généralement, l'espèce diminue son activité lorsque la température est inférieure à 10°C. Comme toutes les tortues d'eau, l'Emyde

lépreuse hiberne hors de l'eau, enfouie sous 10 à 15 cm de terre meuble. Ces refuges se trouvent en général à 1-1,5 m des berges. La durée d'hibernation est variable selon les latitudes. 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, c'est vers le mois de mai que les tortues reprennent une vie réellement active. Dans une étude réalisée en Algérie, (Combescot, 1954) rapporte que c'est à ce moment-là de l'année qu'elles s'alimentent abondamment et que l'on trouve dans leur tube digestif de la nourriture (Maran, 1996; Combescot, 1954).

Lorsque les milieux s'assèchent totalement, l'émyde peut également estiver. D'après Maran (2012), lorsque les dayas au Maroc s'assèchent, la *M. leprosa* sort de mares temporaires ou elle y réside, et effectue des déplacements terrestres en suivant le lit de la rivière afin de parvenir à de nouveaux points d'eau plus sûrs.

1.2.6.3. Comportement

L'Émyde lépreuse est une tortue craintive, et elle se jette dans l'eau au moindre danger. Son activité dépend des conditions climatiques, de même que la plupart des autres reptiles, (Bonin et *al.*, 1996; Maran, 1996). Elle peut toutefois être crépusculaire par les grandes chaleurs d'été. Si la température est trop faible, elle va chercher des postes ensoleillés pour pouvoir atteindre une température corporelle qui lui permet de trouver sa nourriture. C'est sur ces postes d'insolation qu'on peut observer des regroupements d'individus, bien que l'espèce ne semble pas particulièrement grégaire (Bonin et *al.*, 2006).

Cependant, il arrive qu'elle adopte d'autres comportements face à une menace. Ainsi, 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 (Bonin et *al.*, 1996; Maran, 1996).

Les œufs cachés dans le nid ne sont pas épargnés de l'action des prédateurs surtout pendant les 3 premiers jours après la ponte (Minckley, 1966). Ces prédateurs sont des renards, des chiens et des corbeaux. Chez les nouveau-nés, on enregistre une mortalité élevée puisqu'un grand nombre de sujets sont infectés par des helminthes (Bozhansky, 1998). Les nouveau-nés, qui survivent et émergent à la surface, sont de nouveau affrontés à des prédateurs pas moins dangereux que les précédents (Bozhansky, 1998 ; Jablonsky et *al.*, 1998).

Mis à part sa carapace, véritable bouclier protecteur, l'unique moyen de défense dont dispose l'Émyde lépreuse se situe au niveau de petites glandes qui, lorsque l'animal est inquiet, déversent un liquide nauséabond. L'odeur forte qui s'en dégage peut décourager d'éventuels prédateurs. Elle est aussi experte dans l'art de la dissimulation aquatique ou terrestre. L'Émyde lépreuse est consommée par des corvidés, des ardéidés (Cigogne blanche), le Hibou grandduc, le Vautour percnoptère (Knoepffler, 1979 ; Cheylan et Vacher, 2010), la loutre (Clavero et *al.*, 2005 ; Barrio, 1997). Knoepffler (1979) signale des cas de prédateurs d'émydes adultes sur des juvéniles.

Par contre, en cas de sécheresse, il semble que les mâles fuient les zones humides (et sont alors plus exposés à la prédation) alors que les femelles auraient tendance à s'enterrer (Keller, 1997).

1.2.6.4. Régime alimentaire

L'émyde cherche sa nourriture aussi bien dans l'eau que sur la terre, de jour comme de nuit (Maran, 2006). C'est un omnivore à tendance nettement carnivore. Elle capture quasiment tout ce qui se trouve à sa portée : insectes, vers, mollusques, batraciens, reptiles aquatiques et poissons affaiblis. Maran décrit aussi des comportements où les animaux vont brouter sous l'eau les algues vertes qui couvrent le fond des cours d'eau. Selon Maran (1996), l'Émyde semble montrer une nette préférence pour les charognes. Les juvéniles auraient un régime alimentaire principalement carnivore d'après Keller (1997).

M. leprosa est un animal très vorace.

Globalement, comme pour les autres espèces de tortues autochtones, l'alimentation est un facteur peu contraignant pour la conservation de l'espèce, en raison de ses capacités à jeuner et s'adapter aux ressources disponibles (Cheylan & Poitevin, 1998).

1.2.6.5. Reproduction

L'Émyde lépreuse est une espèce ovipare. Les mâles deviennent pubères pour une taille donnée, et non pas à un âge donné, mais avec une différence significative de taille en faveur des femelles (Colladi et Ramo, 1979 ; Combescot et Pérez, 1954 ; Maran, 1996).

L'accouplement n'aura pas lieu avant que la température ambiante atteigne 13 à 14 °C (Combescot, 1954 ; Maran, 1996). Les premiers accouplements surviennent au mois de mars. En avril et mai, l'accouplement se déroule dans l'eau ou à terre (Servan, 1998). Vers la fin du mois de mai, la femelle choisit un endroit bien exposé au soleil, si possible un sol meuble pour pouvoir creuser facilement et y déposer ses œufs (Rollinat, 1934; Servan, 1998).

Elle ne va jamais trop loin sur la terre ferme, les nids sont distants de 15 à 20 m du milieu aquatique. L'emplacement de la ponte n'est pas au niveau de l'eau, mais est toujours surélevé de façon à éviter les risques de noyade des œufs lors de crues. La ponte s'effectue en général à la tombée de la nuit, plus rarement le matin. Elle dure près de 2 heures et 30 minutes. L'incubation demande normalement de 60 à 90 jours. Selon la latitude, il peut y avoir d'une à trois pontes par an, de 6 à 9 œufs chacune (Bozhansky, 1998 ; Chaumeton et al., 2001). Maran (1996) annonce des pontes en une seule fois de 1 à 14 œufs. De même en Catalogne, les pontes sont en moyenne de 8-9 œufs et jusqu'à 14 œufs (Franch, 2005).

La maturité sexuelle de *L'Émyde lépreuse* est précoce, apparaissant vers 4-5 ans chez le mâle (longueur de la dossière : environ 90 mm) et vers 7-8 ans chez la femelle (longueur de la carapace : 110 mm).

La carapace des nouveau-éclos est longue de 22 à 28 mm, de même que leur queue ; les petites tortues pèsent de 5 à 8 g. Dans les premières années, la croissance est rapide, de 15 mm par an (Maran, 1996). Par la suite, elle est de 20 mm par an. En captivité, la croissance semble être plus importante (30 à 40 mm par an les premières années) (Maran, 1996 ; Pérez, Collado et Ramo 1979 ; Rouault et Blanc, 1978).

1.2.6.6. La longévité

La longévité de *Mauremys 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 estimer une fois qu'ils ont dépassé 12 ans (Maran, 1996 et Pérez, Collado et Ramo, 1979).

1.2.6.7. Habitat

Mauremys leprosa colonise surtout les oueds (Fahd, 1993). Elle se rencontre parfois sur des points d'eau plus grands et plus ouverts, tels que les lacs et les grandes rivières. Elle vit aussi dans les marres, les petits ruisseaux peu profonds et les cours d'eau temporaires, parfois dépourvus de végétation. Elle s'enfouit dans la vase pour estiver lorsque ceux-ci s'assèchent (Arnold et Ovenden, 2004). Elle se plait donc dans des milieux très différents, y compris dans des eaux saumâtres ou très polluées (Fretey, 1986).

1.2.6.8. 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). L'Emyde est considérée comme non menacée (Least Concern LC) dans la liste rouge des reptiles et amphibiens du bassin méditerranéen (2006).

Au niveau européen, 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 ». Elle est considérée comme Vulnérable (VU) dans « the European Red List » of Reptiles (2009).

Sur l'échelle nationale, *M. leprosa* est une espèce protégée par le décret N°83 du 20 Août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées en Algérie.

I.3. Méthodologie

L'ensemble des études réalisées se sont déroulées pendant le mois d'Avril et le mois de Mai, ce qui coïncide avec la période d'activité des tortues.

Les sites ont été prospecté aux heures favorables à l'exposition au soleil des tortues pendant la saison d'activité.

I.3.1. Choix des sites d'étude

Dans le cadre de cette étude sur la résilience écologique de la tortue d'eau douce *Mauremys leprosa*, une espèce réputée pour sa tolérance aux environnements dégradés (El Hassani et al., 2019 ; Gahmous et al., 2022), six sites ont été sélectionnés dans la région nord-est de l'Algérie : Sidi Salem, Boukhmira, Chatt, Ben Amar, Bousserdra et Bidari. Le choix de ces sites repose sur des observations de terrain, des connaissances locales et des études antérieures ayant confirmé la présence de cette espèce dans ces milieux.

Tous les sites choisis sont exposés à des pressions anthropiques significatives : pollution domestique ou industrielle, altération physique des habitats, dépôts de déchets, assèchements saisonniers ou fragmentation écologique.

Cette sélection volontairement orientée vers des milieux perturbés permet de mieux explorer la capacité d'adaptation de *Mauremys leprosa* face aux multiples stress environnementaux. L'espèce, déjà reconnue pour sa tolérance à la dégradation des habitats, constitue ici un modèle bioindicateur pertinent pour étudier les mécanismes de résilience dans des écosystèmes dégradés. L'étude vise ainsi à documenter, à travers des paramètres écologiques et morphométriques, dans quelle mesure cette espèce parvient à survivre, voire se maintenir durablement, dans des contextes fortement anthropisés.

I.3.2. Description des sites étudiés

1. Bidari

Le tronçon étudié longe une zone de transition entre milieu périurbain et installations industrielles, avec une morphologie rectiligne et des berges artificialisées par des travaux d'aménagement hydraulique. Ce site est donc fortement perturbé par des rejets industriels et domestiques continus, issus notamment de la zone industrielle voisine. L'eau y est foncée, visqueuse, avec une odeur nauséabonde permanente. La turbidité est très élevée, la végétation aquatique quasi absente et la faune fortement appauvrie.



Photo 1. Site Bidari (Photo Saadi, 2025).

2. Sidi Salem

Situé à proximité de zones d'habitation, ce site est exposé à une pollution organique importante, issue des eaux usées non traitées. L'environnement est marqué par la présence de déchets solides, de végétation flottante dense et d'une odeur persistante.



Photo 2. Sidi Salem (Photo Saadi, 2025).

3. Boukhmira

Ce marais permanent, envahi par une végétation aquatique dense, présente une forte eutrophisation. Il reçoit des rejets agricoles et domestiques et est bordé de déchets plastiques. L'eau y est verte ou brunâtre, riche en algues, avec des bulles et mousses visibles.



Photo 3. Site Boukhmira (Photo Saadi, 2025).

4. Garaet El Chatt

Plan d'eau fortement anthropisé, situé à proximité de zones urbaines et agricoles. Le site présente des rejets directs visibles. Les berges sont très dégradées, la turbidité importante. Le site conserve néanmoins une végétation aquatique naturelle et une certaine diversité biologique



Photo 4. Site Garaet El Chatt (Photo Saadi, 2025).

5. Ben Amar

Ce petit cours présente une dégradation intermédiaire. Il est affecté par une eutrophisation importante, des déversements directs et une fréquentation humaine visible. Le lit d'eau est modifié se situant dans une zone urbaine.



Photo 5. Site Garaet El Chatt (Photo Saadi, 2025).

6. Bousserdra

Site fortement impacté, accumulant de nombreux rejets liquides, effluents, déchets organiques et plastiques mais surtout solides. L'eau est trouble, malodorante, parfois recouverte de mousse ou d'hydrocarbures. La faune aquatique est assez diversifiée.



Photo 6. Site Garaet El Chatt (Photo Saadi, 2025).

I.3.3. Période et conditions des prospections

Les prospections ont été réalisées durant les mois d'avril et mai 2025, période correspondant à l'activité maximale de *M. leprosa* au printemps (Maran, 1996 ; Keller, 1997). Les observations ont été effectuées à raison d'une visite tous les 15 jours, tôt le matin, moment favorable à la détection des individus actifs (basking, alimentation, déplacements), tout en garantissant une bonne visibilité pour la collecte d'informations visuelles.

I.3.4. Matériels utilisés

Afin d'assurer des observations fiables et non intrusives, plusieurs outils ont été mobilisés sur le terrain. Un objectif Tamron SP 150–600 mm, F/5-6.3, Di VC USD G2, associé à un appareil photo professionnel Canon pour la photographie animalière (EOS 7D Mark II) ont été utilisés pour observer visuellement les individus et leur habitat. Il ont permis de capturer des détails morphologiques utiles à l'identification ainsi que des éléments caractéristiques des milieux étudiés. Une paire de jumelles Soligor (15 × 45) a été utilisée pour repérer les tortues à distance, en limitant les perturbations comportementales.

Enfin, des fiches de terrain standardisées ont permis de noter systématiquement les informations relatives aux observations : nombre d'individus, taille estimée, comportement observé (basking, alimentation, déplacement), type de substrat, couverture végétale, état apparent de l'eau, présence de déchets, etc.



Photo 7. Matériels utilisés.

I.3.5. Méthode d'observation

Les observations ont été menées de manière visuelle et à distance, sans capture ni manipulation des individus, afin de préserver leur comportement naturel. Ce type de méthode non invasive est couramment utilisé dans les études herpétologiques de terrain, notamment chez les chéloniens, afin de minimiser le stress et les biais comportementaux (Bonin et al., 1996 ; Maran, 1996). L'identification morphologique des tortues a été réalisée dès que possible à l'aide des photographies et de l'observation directe, en se basant sur des critères externes comme la taille, la forme et la coloration de la carapace.

Les conditions météorologiques (ensoleillement, température, vent) ont été systématiquement relevées, celles-ci influençant fortement l'activité diurne des tortues aquatiques (Maran, 1996 ; Keller, 1997). L'approche adoptée s'inscrit dans le cadre de l'évaluation écologique in situ de la résilience d'espèces aquatiques comme *Mauremys leprosa*, connues pour leur tolérance à des milieux dégradés (El Hassani et al., 2019 ; Gahmous et al., 2022).

I.3.6. Évaluation de l'état des habitats

Parallèlement aux observations sur les tortues elles-mêmes, une attention particulière a été portée à l'état écologique de leur habitat. Une évaluation qualitative a été menée pour noter la présence de déchets solides, de signes visibles de pollution (eaux troubles ou colorées, odeurs anormales) et la structure de la végétation riveraine. Ce type d'observation, bien que simple, est reconnu comme un indicateur fiable dans des contextes où les moyens analytiques sont limités (Barbour et al., 1999 ; Danielsen et al., 2005). Ces données ont permis de mettre en relation les caractéristiques du milieu et la présence continue de *Mauremys leprosa*, renforçant l'hypothèse de sa résilience écologique dans des habitats fortement dégradés (El Hassani et al., 2019 ; Gahmous et al., 2022).

I.4. Analyse statistique :

Pour évaluer les relations entre la qualité des habitats aquatiques et la résilience de *M. leprosa*, une analyse descriptive a été d'abord réalisée à partir des données d'observation. Les scores des indicateurs visuels de qualité de l'eau et ceux relatifs à la biologie de l'espèce ont été synthétisés sous forme de moyennes par site. Une analyse de corrélation a ensuite été effectuée en utilisant le test de **Pearson** et de Spearman, afin de mesurer la corrélation entre le niveau de dégradation de l'eau et la réponse biologique de l'espèce. Les résultats ont été interprétés en considérant un seuil de signification fixé à $P < 0,05$. Tous les tests statistiques ont été réalisés sous Minitab15.

RESULTATS

RESULTAT

II.1. Évaluation des sites selon les indicateurs de pollution

Le tableau ci-dessous présente l'évaluation comparative de six sites selon une grille d'indicateurs de pollution visuelle, chimique et biologique.

Notation : + = 1 (faible), ++ = 2 (modéré), +++ = 3 (impact fort / pollution élevée)

Tableau 1. Tableau comparative des indicateurs de pollution visuelle, chimique et biologiques des six sites étudiés

Site	Qualité de l'eau					Indicateur olfactif		Présence de déchets			Dégradation biologique			Indicateurs de résistance de la tortue			Indicateurs d'anthropisation			Rejets humains		
	Turbidité	Couleur	Écume / mousse	Hydrocarbures visibles	Eutrophisation	O. desagréables/O. fermentation	O. hydrocarbures/O. chimique	Débris végétaux	plastique	Organique ou meager	Larves d'insectes/ moustique	Algues ou lentilles	Absence ou raréfaction s especes aquatiques	Abondance	presence de jeune ind	Comportements anormaux	Frequentation humaine	Construction ou modification de lit d' eau	Presence de bruits	Nbr de rejets visibles	Deversements directs	Effluents
Boukhadra	3	3	1	2	0	3	3	1	1	3	3	1	1	3	3	1	3	3	3			
Boukhmira	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	1	2	1	1	4	3	3
Sidi Salem	3	2	3	1	3	3	1	3	3	3	3	2	3	3	1	3	2	3	3	3	3	3
Garaet El Chatt	2	2	3	1	3	3	1	1	1	3	3	3	2	3	1	3	3	1	1	1	1	2
Ben Amar	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3
Boussedra	3	2	3	1	3	3	1	3	3	3	3	2	3	3	1	3	2	3	3	3	3	3

Pour chaque groupe d'indicateurs environnementaux, des corrélations de **Pearson** et Spearman ont été calculées entre les scores d'impact et la résilience moyenne de *M. leprosa*, mesurée à partir de trois paramètres : abondance, présence de jeunes, et comportements anormaux.

II.2.1 Indicateurs de la qualité de l'eau

L'analyse des scores montre une hétérogénéité marquée entre les six sites étudiés en matière de qualité de l'eau. Les paramètres pris en compte incluent la turbidité, la couleur, la présence d'écume ou de mousse, les traces d'hydrocarbures, ainsi que les signes d'eutrophisation.

Les sites de Bidari et Boukhmira présentent des niveaux élevés de turbidité et de coloration (score 3). Ces deux sites sont cependant les moins affectés par l'eutrophisation (score 1), avec une absence quasi totale d'écume ou de mousse visible (score 1). À Bidari, des traces modérées d'hydrocarbures sont observées (score 2), tandis que Boukhmira atteint un score maximal (3) pour ce paramètre.

À l'opposé, les sites de Sidi Salem, Ben Amar, Boussedra et Garaet El Chatt montrent des signes clairs d'eutrophisation (score 3), ainsi qu'une abondante présence d'écume ou de mousse (score 3). Ben Amar cumule à la fois une coloration intense, des hydrocarbures visibles (score 3) et une forte eutrophisation. Garaet El Chatt et Boussedra présentent des turbidités et colorations modérées (score 2), mais une forte activité biologique dégradée.

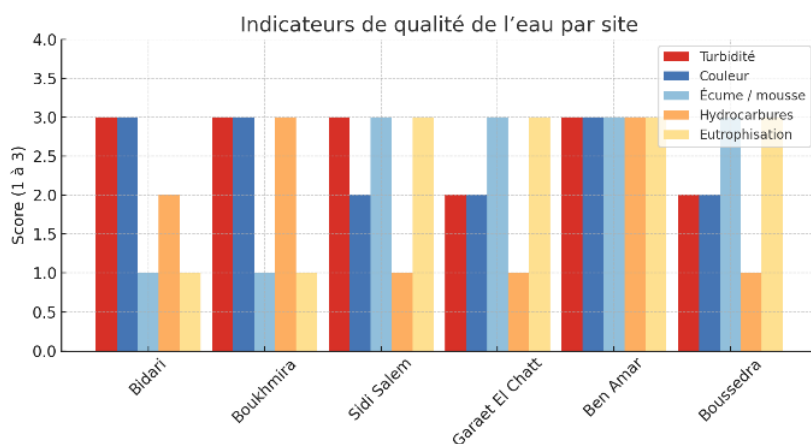


Figure 8. Indicateurs de la qualité d'eau entre les six sites étudiés.

Cinq indicateurs visuels et physico-chimiques de la qualité de l'eau ont été évalués pour déterminer leur influence potentielle sur la résilience de *M. leprosa*. La résilience a été calculée comme la moyenne de trois composantes : l'abondance, la présence de jeunes individus et l'observation de comportements anormaux. Les indicateurs testés incluent la turbidité, la couleur de l'eau, la présence d'écume ou de mousse, la visibilité d'hydrocarbures, et les signes d'eutrophisation.

Les résultats n'ont montré aucune corrélation significative entre les indicateurs de qualité de l'eau et la résilience moyenne de l'espèce. Les coefficients de corrélation (ρ) observés sont les suivants : turbidité ($\rho = 0,25$; $p = 0,63$), couleur ($\rho = 0,00$; $p = 1,00$), écume/mousse ($\rho = 0,25$; $p = 0,63$), hydrocarbures visibles ($\rho = 0,22$; $p = 0,67$) et eutrophisation ($\rho = 0,25$; $p = 0,63$).

Bien que les corrélations soient toutes positives, leur intensité est faible et les valeurs de p bien supérieures au seuil de signification ($p > 0,05$), ce qui exclut tout lien statistiquement significatif.



Figure 9. Corrélation entre les indicateurs de la qualité de l'eau et les indicateurs de la résilience de *M. leprosa*.

II.2.2. Indicateurs olfactifs

Deux paramètres ont été considérés dans ce groupe : (1) la perception d'odeurs désagréables ou de fermentation, et (2) la présence d'odeurs chimiques ou d'hydrocarbures.

Les scores les plus élevés sont observés à Bidari, Boukhmira et Ben Amar, où les deux types d'odeurs sont fortement perceptibles. Les sites de Sidi Salem et Bousedra affichent des valeurs intermédiaires, tandis que Garaet El Chatt présente les scores les plus faibles pour les deux indicateurs, traduisant une moindre intensité olfactive apparente.

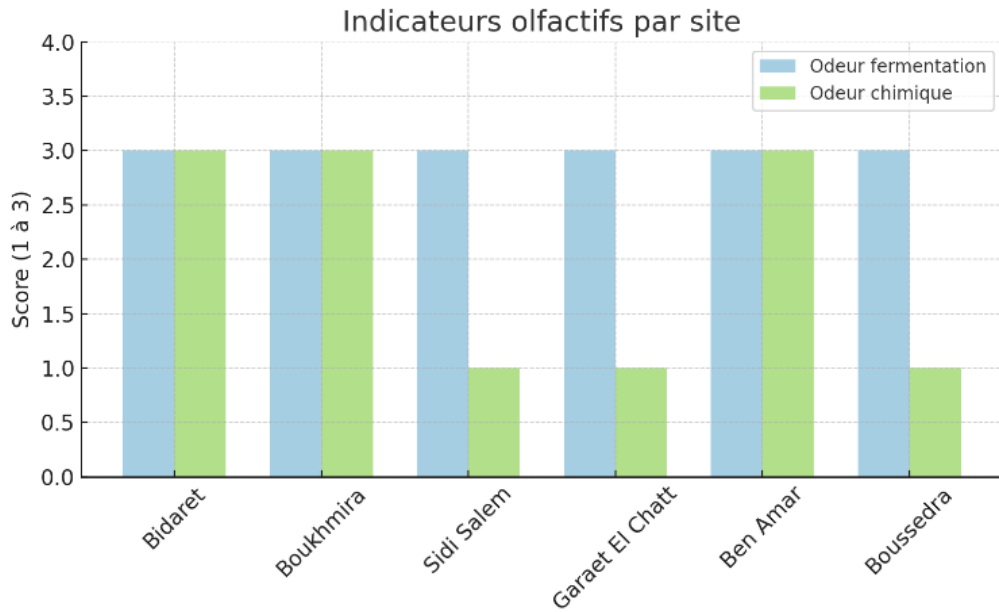


Figure 10. Les valeurs des indicateurs olfactifs enregistrées dans les six sites d'études.

L'analyse statistique a été réalisée entre les indicateurs olfactives et les indicateurs de la résilience moyenne de *M. leprosa* (scores d'abondance, de présence de jeunes individus et de comportements). Les résultats montrent que l'indicateur « odeur de fermentation » présente un score constant (3/3) sur tous les sites, empêchant tout calcul de corrélation (absence totale de variabilité). Quant à l'« odeur chimique », bien que variable d'un site à l'autre, elle n'a montré aucune relation avec la résilience de l'espèce ($\rho = 0,00$; $p = 1,00$).

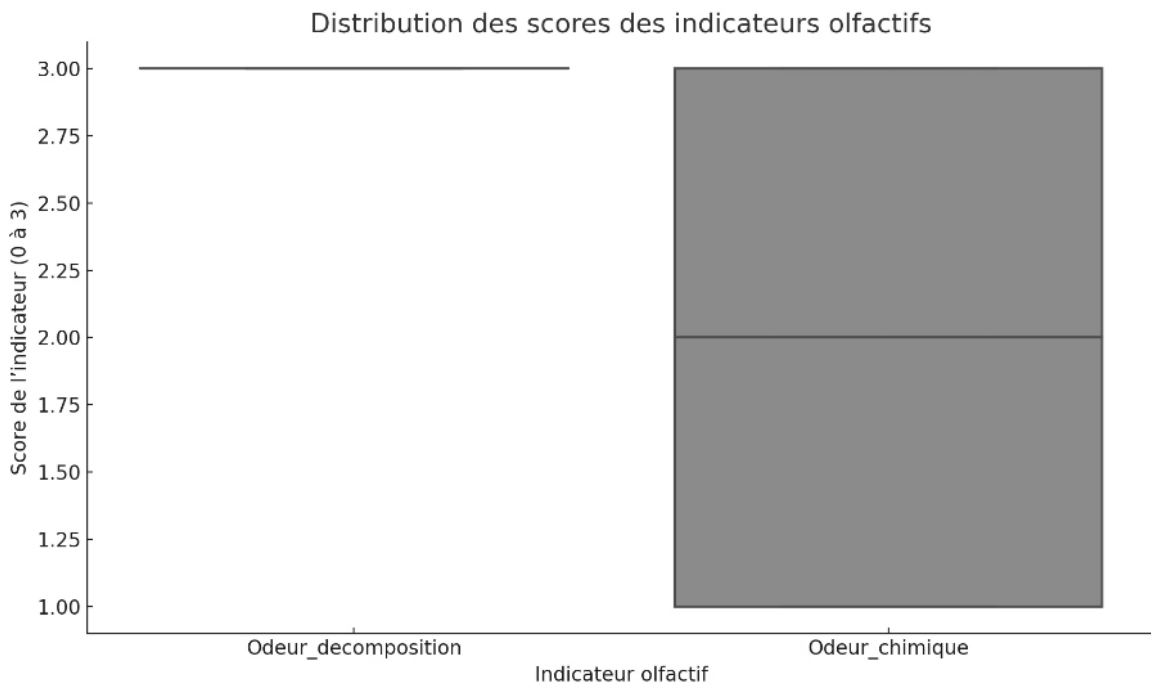


Figure 11. Corrélation entre les indicateurs olfactifs et les indicateurs de résilience de *M. leprosa*.

II.2.3. Indicateurs de charge en déchets solides

Ce groupe d'indicateurs comprend la présence de débris végétaux, de déchets plastiques, de déchets solides (gravats, matériaux de construction) et de déchets organiques ou ménagers. Ces éléments traduisent l'anthropisation directe des milieux aquatiques par les activités humaines locales.

Les résultats montrent une variabilité importante selon les sites et les types de déchets. À Bidari, les scores observés sont les suivants : débris végétaux (3), plastiques (1), déchets solides (1), et déchets organiques ou ménagers (3). Boukhmira présente une charge élevée pour tous les types, avec des scores de 3 pour les débris végétaux, les plastiques et les déchets organiques, mais un score plus faible (1) pour les déchets solides. À Sidi Salem, la situation est également préoccupante, avec un score de 2 pour les débris végétaux, mais des scores maximaux (3) pour les plastiques, les déchets solides et les déchets organiques. Le site de Garaet El Chatt se distingue par des niveaux globalement faibles, avec des scores de 1 pour les débris végétaux, les plastiques et les déchets organiques, et un score de 2 pour les déchets solides. À Ben Amar, on observe une configuration similaire à Boukhmira, avec des scores de 3 pour tous les indicateurs, sauf les déchets solides (score de 1). Enfin, à Bousseadra, les scores atteignent 2 pour les débris végétaux, 1 pour les plastiques, et 3 pour les déchets solides et organiques. Ces résultats mettent en évidence des niveaux de pollution particulièrement élevés à Boukhmira, Ben Amar et Sidi Salem, tandis que Garaet El Chatt apparaît comme le site le moins affecté par la charge en déchets solides.

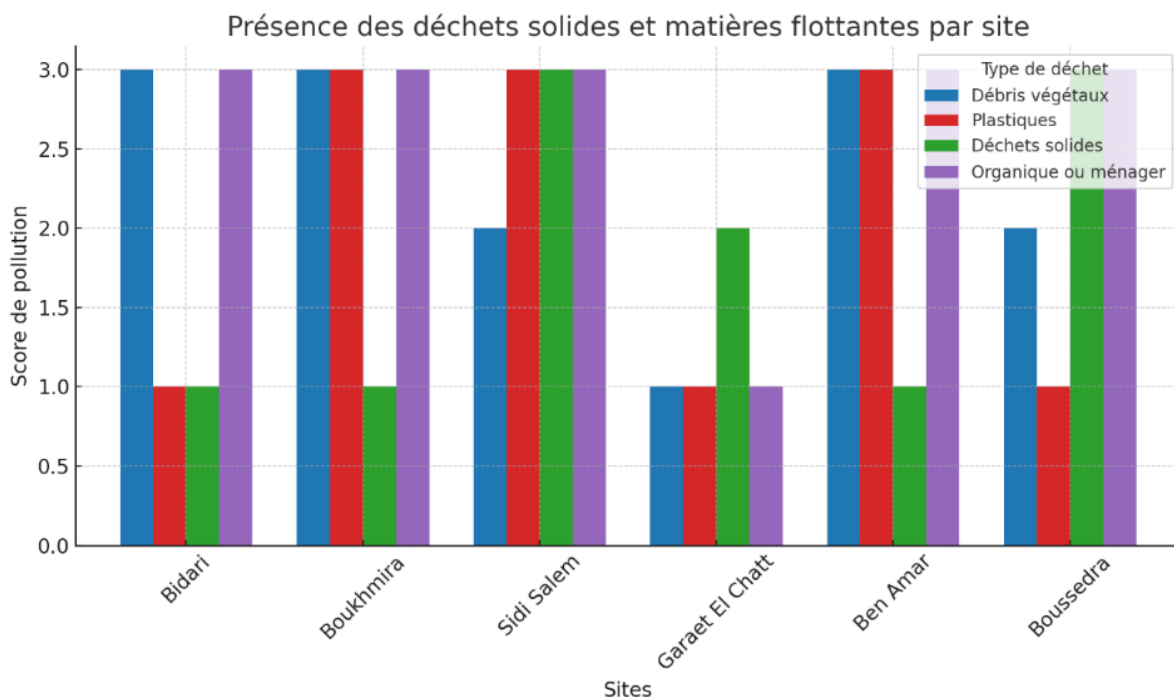


Figure 12. Présence de déchets solides et matières flottantes par site.

Le test de Spearman a montré une corrélation très faible et non significative entre la résilience moyenne de *M. leprosa* et la présence visible de déchets ($\rho = 0,22$; $p = 0,67$). Ainsi, la quantité de débris plastiques, organiques ou ménagers n'a pas influencé significativement la présence ou l'activité de l'espèce sur les sites étudiés. Ce résultat confirme la tolérance apparente de *M. leprosa* aux milieux visuellement dégradés.

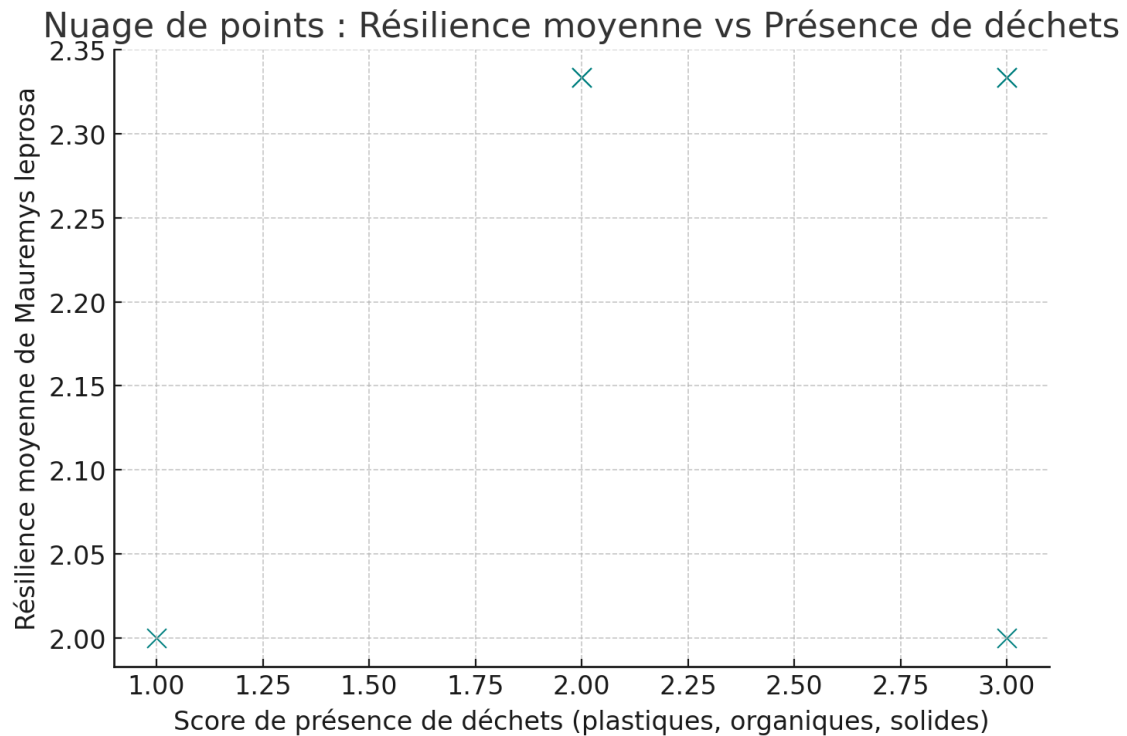


Figure 13. Corrélation entre les indicateurs de présence de déchets et les indicateurs de résilience de *M. leprosa*.

II.2.4. Indicateurs de dégradation biologique

Ce groupe comprend la présence de larves d'insectes (notamment moustiques), d'algues ou lentilles d'eau, et l'absence ou raréfaction d'espèces aquatiques. Ces éléments permettent de diagnostiquer des perturbations biologiques souvent associées à des déséquilibres écologiques (stagnation, eutrophisation, pollution organique...).

Les résultats montrent une variabilité limitée de ces indicateurs entre les sites. Les scores les plus marqués sont relevés à Boukhmira et Boussédra pour la raréfaction des espèces, tandis que l'indicateur « larves d'insectes » est identique sur l'ensemble des sites.

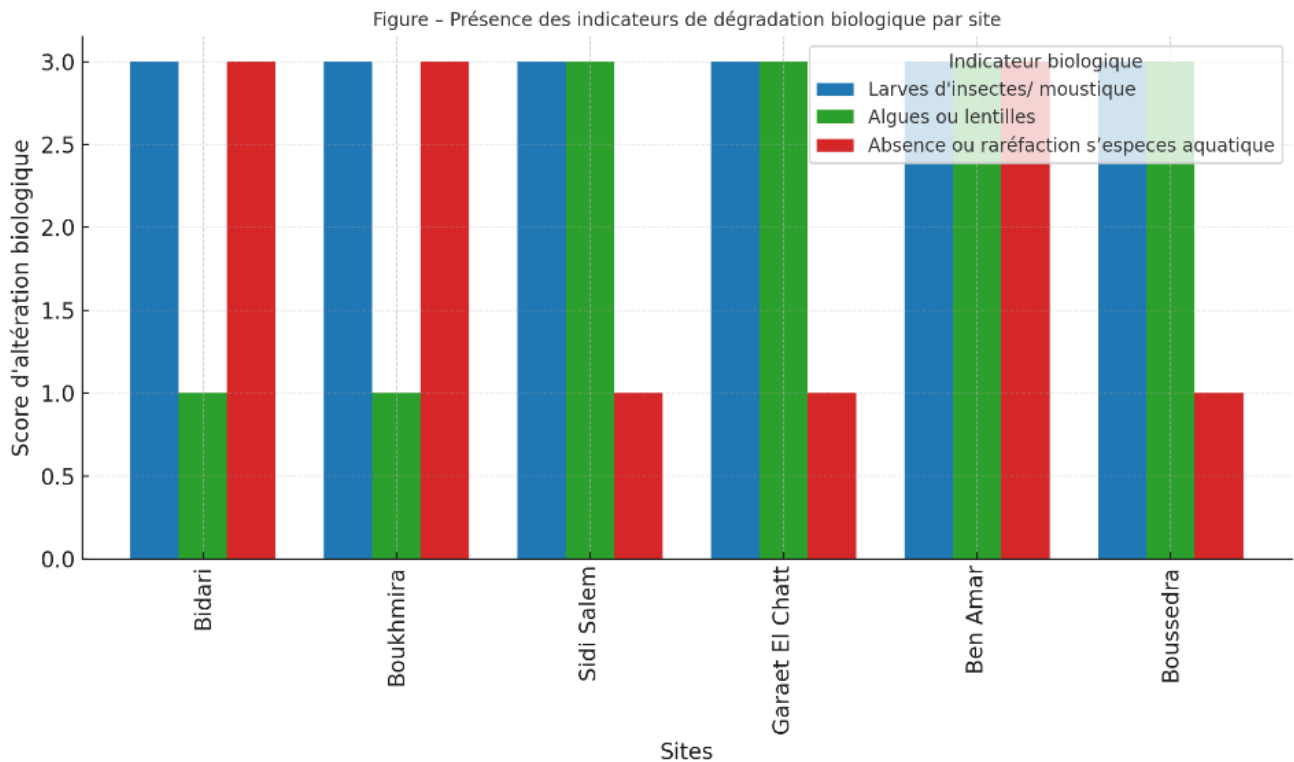


Figure 14. Indicateurs de dégradation biologique enregistrés dans les six sites d'étude.

Le test de Spearman révèle l'absence de corrélation significative pour l'ensemble de ces indicateurs. La présence d'algues ou lentilles montre une corrélation faible et non significative avec la résilience ($\rho = 0,25$; $p = 0,63$), tandis que la rareté d'espèces aquatiques n'affiche aucune corrélation ($\rho = 0,00$; $p = 1,00$). Quant à l'indicateur des larves d'insectes/moustiques, les données étant constantes dans tous les sites, aucune analyse statistique ne pouvait être réalisée.

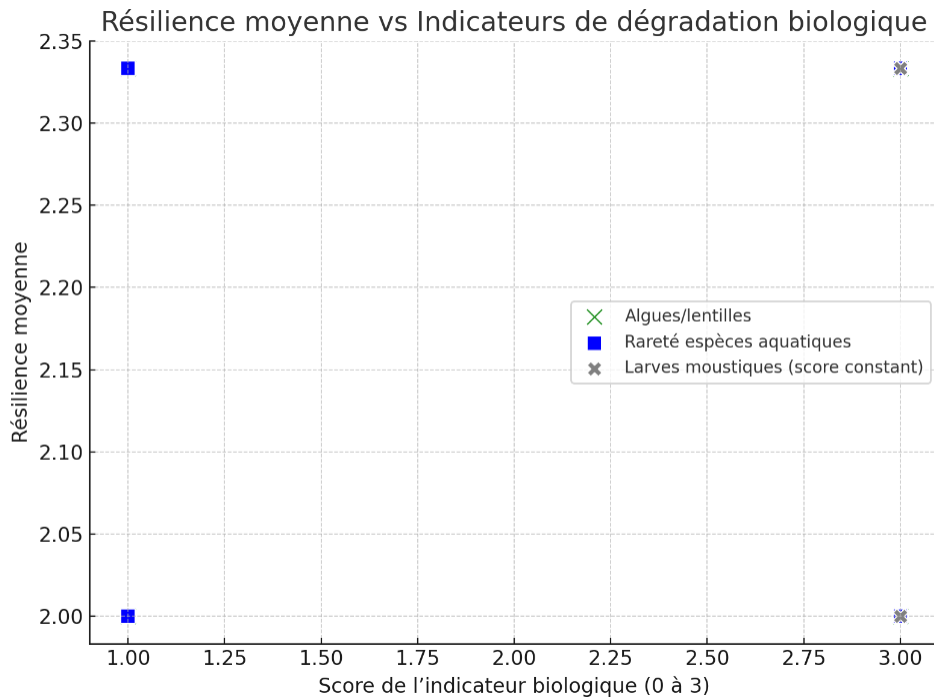


Figure 15. Corrélation entre la charge en déchets solides et l'abondance de *M. leprosa*.

II.2.5. Indicateurs de rejets anthropiques

Les observations de terrain ont permis de quantifier deux types de rejets : les rejets domestiques (eaux usées, égouts) et les rejets liquides d'origine agricole ou industrielle. Les scores des indicateurs de rejets humains montrent une intensité marquée sur la majorité des sites. À Bidari, les scores observés sont les suivants : nombre de rejets visibles (3), déversements directs (3), et effluents (3). La même configuration est retrouvée à Boukhmira et à Sidi Salem, où tous les scores atteignent le maximum. À Garaet El Chatt, les scores sont légèrement plus faibles : 2 pour les rejets visibles, 1 pour les déversements directs et 2 pour les effluents. À Ben Amar, le nombre de rejets visibles est de 2, mais les déversements directs et les effluents atteignent un score de 3. Enfin, à Bousedra, les trois indicateurs sont à nouveau à leur maximum.

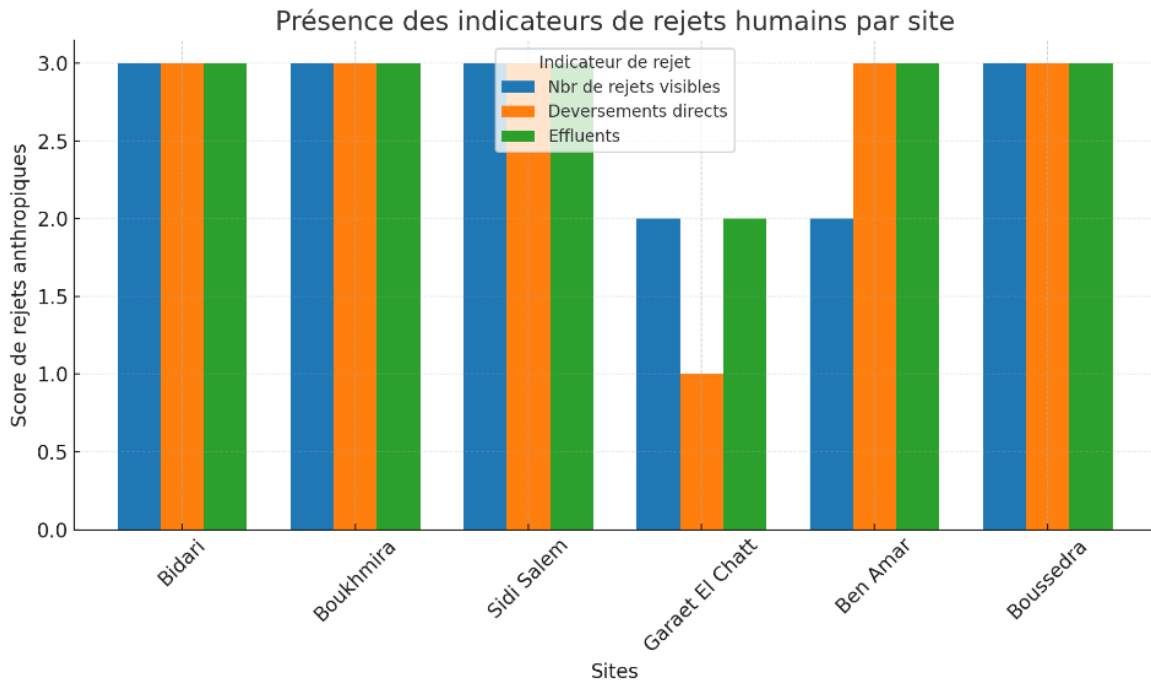


Figure 16. Les indicateurs de présence de rejets humains évalués dans les différents sites d'étude.

L'analyse des relations entre la résilience moyenne de *M. leprosa* et les indicateurs de rejets aquatiques (rejets visibles, déversements directs et effluents) montre des corrélations positives allant de faibles à modérées, sans atteindre le seuil de significativité statistique. Le score de rejet visible présente une corrélation très faible avec la résilience ($\rho = 0,224$; $p = 0,67$). Les déversements directs et les effluents affichent respectivement des corrélations modérées ($\rho = 0,632$; $p = 0,178$) et relativement fortes ($\rho = 0,707$; $p = 0,116$), mais ces valeurs restent non significatives, probablement en raison de la taille limitée de l'échantillon.

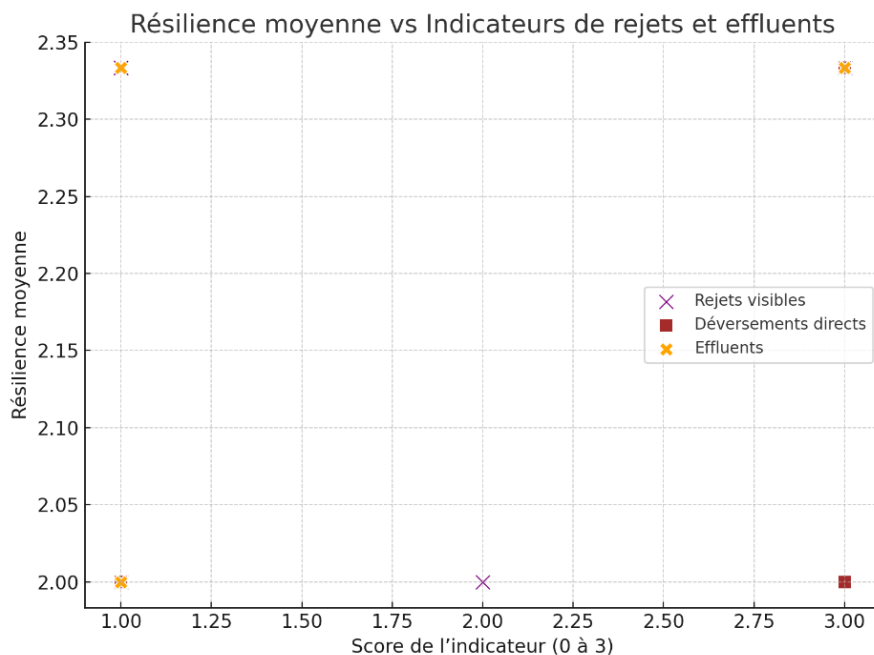


Figure 17. Corrélation entre la résilience moyenne de *M. leprosa* et les indicateurs de rejets et effluents.

II.2.6. Indicateur d'anthropisation

Trois composantes ont été évaluées pour estimer le niveau d'anthropisation des sites : la fréquentation humaine, la modification physique du lit du cours d'eau, et la présence de nuisances sonores. Les scores des indicateurs d'anthropisation varient selon les sites. À Bidari, la fréquentation humaine, la modification du lit d'eau et la présence de bruits atteignent tous un score de 3. À Boukhmira, ces mêmes indicateurs sont plus faibles, avec des scores respectifs de 2, 1 et 1. Sidi Salem présente des valeurs relativement élevées, avec 3 pour la fréquentation humaine et les bruits, et 2 pour la modification du lit. À Garaet El Chatt, la fréquentation humaine et la modification du lit atteignent un score de 3, tandis que la présence de bruits reste limitée (score de 1). À Ben Amar, les trois indicateurs sont à leur maximum (score de 3). Enfin, à Boussedra, les niveaux sont également élevés : 3 pour la fréquentation et les bruits, et 2 pour la modification du lit.

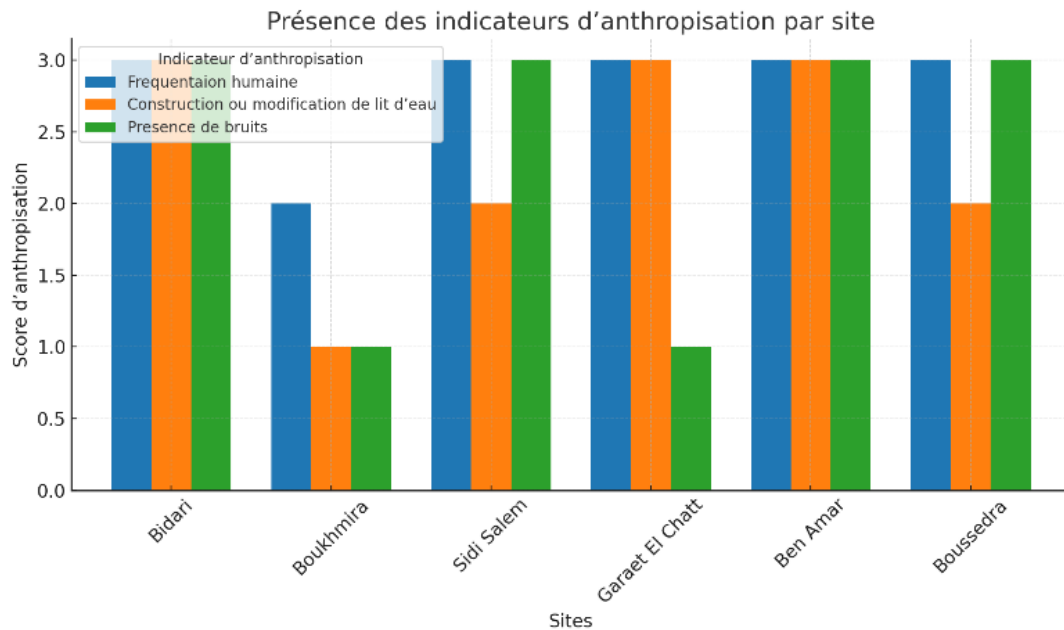


Figure 18. Les indicateurs de présence d'indicateurs d'anthropisation évalués pas site.

L'analyse de la corrélation entre la résilience moyenne de *M. leprosa* et les indicateurs d'anthropisation (fréquentation humaine, modification du lit d'eau et présence de bruit) n'a révélé aucun lien statistiquement significatif. La fréquentation humaine et la modification du lit d'eau présentent des corrélations négatives, suggérant une possible influence défavorable, bien que non significative ($\rho = -0,316$ et $-0,671$ respectivement). À l'inverse, la présence de bruit montre une corrélation positive très faible ($\rho = 0,250$), également non significative. Ces résultats indiquent que, dans les conditions observées, ces facteurs d'anthropisation n'expliquent pas de manière claire les variations de résilience de l'espèce.

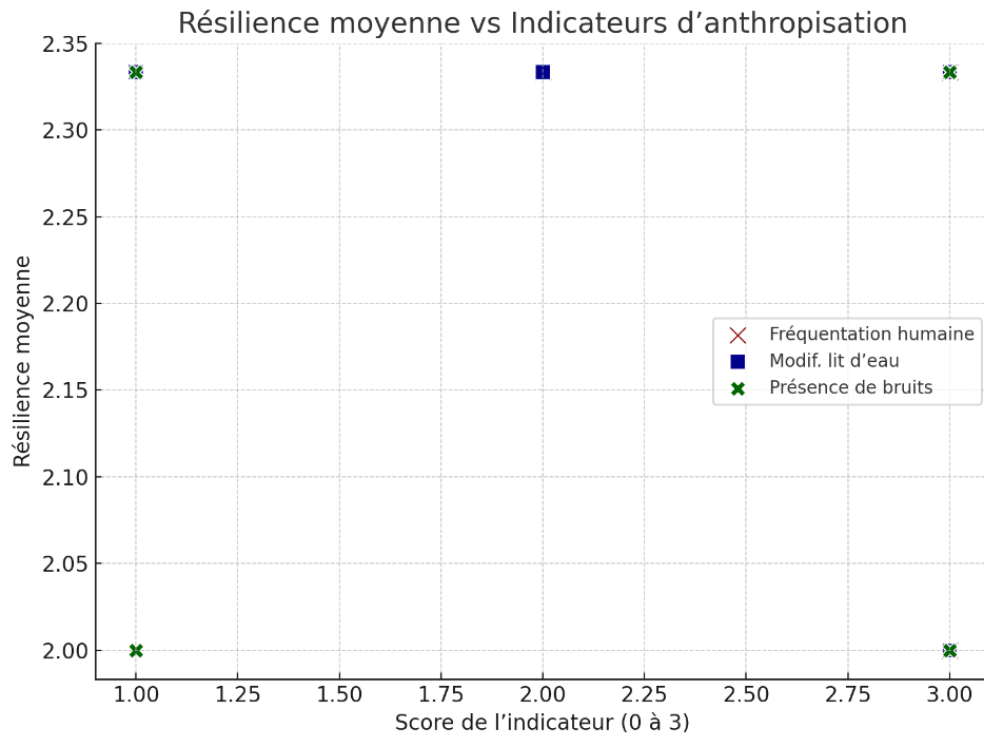


Figure 19. Corrélation entre les indicateurs d'anthropisation et les indicateurs de résilience de *M. leprosa*.

DISCUSSION

DISCUSSION

L'étude de terrain menée sur *M. leprosa* a porté sur six sites contrastés dans la région nord-est de l'Algérie : Bidari, Boukhmira, Sidi Salem, Garaet El Chatt, Bousedra et Ben Amar. Ces sites ont été choisis en raison de leurs niveaux variés de pollution, d'anthropisation et de dégradation des écosystèmes aquatiques.

L'évaluation sur le terrain de la qualité écologique des milieux aquatiques a reposé sur plusieurs indicateurs visuels simples mais pertinents, notamment la turbidité de l'eau, la présence d'écume ou de mousse en surface, la couleur anormale des eaux (brunâtre, verdâtre ou noirâtre), la visibilité d'hydrocarbures, ainsi que les signes d'eutrophisation (développement excessif d'algues). Ces indicateurs, bien que qualitatifs, permettent d'identifier rapidement les pressions environnementales exercées sur les sites.

Les résultats montrent que *M. leprosa* était présente, souvent en abondance, dans des sites cumulant plusieurs de ces indicateurs de dégradation, comme Bidari ou Boukhmira. Dans ces localités, la turbidité élevée, l'eau trouble, les mousses en surface et les rejets anthropiques étaient bien visibles. Pourtant, des individus adultes et juvéniles de la tortue ont été observés en bon état, avec des comportements normaux. Cela indique que ces indicateurs de pollution n'entravent pas significativement, du moins à court terme, la présence ni l'activité de *M. leprosa*.

Cette tolérance apparente contraste avec ce qui est attendu pour de nombreuses autres espèces de tortues aquatiques, pour lesquelles la turbidité excessive ou la désoxygénation associée aux effluents organiques entraîne généralement un retrait ou une raréfaction des populations. L'observation d'une résilience comportementale et reproductive de *M. leprosa* dans des milieux visuellement altérés suggère que ces indicateurs de pollution ne reflètent pas nécessairement une pression insurmontable pour cette espèce, et renforce son statut d'espèce tolérante aux pressions anthropiques diffuses.

De manière générale, *M. leprosa* a été observée dans l'ensemble des sites, y compris dans ceux présentant des niveaux importants de perturbation environnementale. À Bidari et Boukhmira, les conditions sont fortement altérées : eaux troubles, présence d'écume ou d'hydrocarbures, fortes odeurs, déchets solides en grande quantité, rejets visibles, etc. Pourtant, la tortue y est bien représentée, avec des individus juvéniles observés et des comportements globalement normaux, traduisant une résilience écologique manifeste.

Les sites de Sidi Salem et Ben Amar présentent des niveaux intermédiaires de dégradation, marqués par la présence de rejets, de bruit ou de fréquentation humaine, mais dans des proportions plus modérées. Dans ces milieux, *M. leprosa* reste bien présente, souvent en densité moyenne, avec une activité régulière.

Les sites de Bousedra et de Garaet El Chatt, quant à eux, se distinguent par une apparence plus naturelle. Malgré quelques perturbations ponctuelles (déchets en bordure, présence humaine occasionnelle), ces milieux

conservent une certaine qualité écologique : végétation riveraine intacte, moins d'odeurs, eau relativement claire. La présence de la tortue y est confirmée, avec des juvéniles et une activité normale. Ces deux sites pourraient représenter des habitats refuges ou de reproduction préférentiels pour l'espèce.

Les résultats montrent ainsi que les facteurs tels que la pollution de l'eau, les déchets solides, les odeurs, les rejets et les nuisances humaines ne compromettent pas directement la présence ni la reproduction de *M. leprosa*. L'espèce semble capable de persister dans des environnements très perturbés, tout en bénéficiant de milieux plus équilibrés comme Bousedra ou Garaet El Chatt.

Résilience écologique de *M. leprosa* : Comparaison avec leurs conspécifiques.

Les résultats obtenus dans les six sites algériens étudiés confirment la remarquable plasticité écologique de *M. leprosa* face à la dégradation des milieux aquatiques. Cette résilience apparente, observée à travers la présence régulière d'individus, y compris de juvéniles, dans des habitats présentant une forte pollution organique, chimique et visuelle, est en accord avec les données publiées dans d'autres régions de son aire de répartition (El Hassani, 2019. Gahmous et al, 2022. Le Gal et al, 2023).

En Algérie, Gahmous et al. (2022) ont mis en évidence une performance reproductive supérieure chez les femelles de *M. leprosa* vivant dans des habitats pollués, avec des pontes plus fréquentes et des œufs de plus grande taille. Ces observations suggèrent que certaines conditions des milieux dégradés (disponibilité alimentaire, température élevée, faible prédation) peuvent paradoxalement favoriser certains aspects de la biologie de l'espèce.

En France, Le Gal et al. (2023) ont révélé que des populations vivant à proximité de stations d'épuration présentaient une condition corporelle équivalente, voire supérieure, à celle d'individus vivant dans des habitats plus naturels, particulièrement chez les femelles, renforçant l'idée que certaines ressources issues de l'activité humaine (ex : apports organiques, chaleur) peuvent soutenir temporairement les populations.

Enfin, le rapport de l'U.S. Fish & Wildlife Service (2023) mentionne explicitement la capacité de *Mauremys leprosa* à occuper des écosystèmes d'eau douce fortement perturbés à travers toute la Méditerranée occidentale, tout en soulignant que les effets à long terme de la pollution chronique (accumulation de métaux lourds, perturbateurs endocriniens) restent encore mal connus.

Ainsi, nos observations dans les sites algériens (Bidari, Boukhmira, Sidi Salem, Ben Amar, Bousedra et Garaet El Chatt) s'inscrivent pleinement dans cette tendance écologique régionale, et contribuent à renforcer l'idée que *M. leprosa* constitue un modèle biologique pertinent pour étudier la résilience faunique en contexte anthropisé.

La comparaison avec d'autres espèces de tortues d'eau douce, qu'elles soient indigènes ou exotiques, met en évidence le caractère exceptionnel de la résilience écologique de *M. leprosa*. Tandis que des espèces telles que

Emys orbicularis ou *Mauremys rivulata* montrent une sensibilité marquée aux perturbations environnementales, notamment en matière de qualité de l'eau, de dérangement anthropique ou de fragmentation des habitats, *M. leprosa* s'adapte non seulement à ces conditions, mais semble parfois s'y épanouir (Gahmous et al., 2022 ; Le Gal et al., 2023). À l'inverse, les espèces exotiques comme *Trachemys scripta*, présentent également une forte plasticité. Cela renforce l'intérêt écologique de *M. leprosa* comme espèce autochtone emblématique, capable de persister dans des environnements modifiés tout en conservant sa dynamique reproductive et sa stabilité comportementale. Cette comparaison souligne la valeur de l'espèce comme bioindicateur « inversé » : non pas d'un bon état écologique, mais d'une résilience remarquable face à sa dégradation.

La tortue cistude méditerranéenne, *M. leprosa*, se distingue par sa résilience exceptionnelle dans des habitats aquatiques dégradés, surpassant celle d'autres espèces connues pour leur tolérance aux environnements perturbés.

Parmi les amphibiens, la grenouille du Sahara (*Pelophylax saharicus*) est présente dans divers plans d'eau, y compris des canaux d'irrigation et des réservoirs artificiels (Bensakhri et al, 2022). Des études ont montré que ses têtards présentent une plasticité adaptative le long de gradients environnementaux, suggérant une certaine tolérance aux variations de qualité de l'eau. Cependant, cette espèce reste sensible aux pollutions chimiques persistantes, ce qui limite sa présence dans les habitats fortement dégradés.

Chez les invertébrés aquatiques, l'escargot d'eau douce *Physella acuta* est reconnu pour sa tolérance aux environnements pollués, notamment aux métaux lourds (Spyra et al, 2019). Des recherches ont démontré sa capacité à survivre et se reproduire dans des habitats fortement contaminés, grâce à des mécanismes de bioaccumulation et de détoxification.

Chez les poissons, l'espèce invasive *Gambusia holbrooki*, introduite dans de nombreuses régions du bassin méditerranéen, est bien connue pour sa plasticité écologique (Riesch et al . 2020). Elle tolère des conditions extrêmes telles que la faible oxygénation, des températures élevées et une pollution organique marquée, et elle est capable de maintenir une reproduction rapide même dans des eaux de qualité médiocre (Staub et al, 2004 ; Stoffels et al, 2017). Cependant, bien qu'elle illustre une forte résilience, cette espèce n'est pas indigène et peut avoir des effets écologiquement négatifs sur la faune locale.

Chez les mammifères, le rat brun *Rattus norvegicus* est une espèce urbaine cosmopolite qui prospère dans des environnements très dégradés, comme les égouts, les décharges ou les zones industrielles. Il supporte une forte charge en polluants et présente une plasticité comportementale remarquable (Panty-May et al, 2016). Son succès écologique est toutefois directement lié à sa proximité avec les activités humaines et aux ressources urbaines disponibles (Panty-May, 2016).

En comparaison, *M. leprosa* maintient des populations viables et reproductrices dans des milieux aquatiques fortement pollués. Cette capacité à prospérer dans des conditions extrêmes, tout en conservant son rôle écologique, souligne sa résilience remarquable parmi les vertébrés aquatiques méditerranéens.

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce travail a pour objectif principal d'évaluer la résilience écologique de la tortue *Mauremys leprosa* face à divers degrés de pollution dans plusieurs sites humides du nord-est algérien. À travers l'analyse d'indicateurs visuels, olfactifs et d'autres marqueurs environnementaux simples, nous avons pu dresser un état qualitatif de la dégradation des habitats. En parallèle, l'observation de l'abondance des individus, de la présence de juvéniles et des comportements nous a permis d'estimer la capacité de l'espèce à persister et à se reproduire dans ces contextes. Les résultats confirment une grande tolérance de *M. leprosa*, avec une résilience marquée, y compris dans les sites les plus dégradés.

Ce travail apporte une contribution originale à la compréhension du comportement écologique de *M. leprosa* dans des milieux perturbés. Il met en lumière le paradoxe de cette espèce : bien qu'originaires des zones méditerranéennes naturelles, elle semble non seulement tolérer, mais parfois s'épanouir dans des milieux anthropisés fortement altérés. Cette observation renforce les résultats de précédentes études en Algérie, en France et au Maroc, et confirme le statut de *M. leprosa* comme espèce sentinelle atypique, représentative d'une faune opportuniste mais indigène.

Comme tout travail de terrain, cette étude comporte certaines limites. Le nombre de sites, bien que représentatif, reste restreint. Les indicateurs utilisés sont majoritairement qualitatifs ou semi-quantitatifs, et certaines données sensibles (ex. : contaminants chimiques, données histologiques ou génétiques) n'ont pas pu être intégrées. De plus, l'étude a été menée sur une période courte, ne permettant pas d'observer les dynamiques saisonnières ni les effets cumulatifs à long terme. Ces limites n'enlèvent rien à la valeur des résultats, mais invitent à une interprétation prudente.

À la lumière de ces résultats, plusieurs pistes peuvent être envisagées. L'étude de la reproduction chez *M. leprosa* a déjà été approfondie sur le site de Boukhmira, dans le cadre de travaux antérieurs (Gahmous et al., 2022), mettant en évidence des performances reproductives élevées en milieu fortement dégradé. Ces acquis renforcent les observations de ce mémoire et ouvrent la voie à un élargissement du suivi à d'autres sites aux caractéristiques contrastées. Il serait désormais pertinent d'élargir ce type de suivi à d'autres sites, notamment ceux présentant des conditions plus contrastées. En complément, des analyses toxicologiques (bioaccumulation de métaux lourds, perturbateurs endocriniens) pourraient permettre de mieux comprendre les mécanismes physiologiques de tolérance. Enfin, la valorisation écologique de *M. leprosa*, souvent négligée car « trop commune », pourrait contribuer à une prise de conscience plus large de l'importance de conserver même les écosystèmes dégradés, en tant que refuges de biodiversité résiliente.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Allouat 2013.** Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem-El Bouni-Annaba. Université Badji Mokhtar. Annaba Mémoire de Magister. 168 p.
- **Arnold & Ovenden (2004).** Le guide herpéto. Delachaux et Niestlé. 288 p.
- **Attia El Hili, R.; Verneau, O.; Jrijer, J.; Achouri, M. 2020.** Reassessment of Distribution and Conservation Status of Freshwater Turtles (Testudines) in Tunisia. *Salamandra*. 56, 362–372.
- **Bakhouche, 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.
- **Battisti, C., Luiselli, L., Pantano, D., & Teofili, C. 2008.** On threats analysis approach applied to a Mediterranean remnant wetland: Is the assessment of human-induced threats related to different levels of expertise of respondents? *Biodiversity and Conservation*, 17, 1529–1542.
- **Bensakhri, Z., Bensouilah, S., Zebsa, R., Youcef, A., Amari, H., Zouaimia, A., Lazli, A., Houhamdi, M., & Khelifa, R. 2022.** Trends to adaptation of the Sahara frog (*Pelophylax saharicus*) larvae across an environmental gradient. *Biologia*. <https://doi.org/10.1007/s11756-022-01151-2>
- **Benslama, A. 1993.** « Couverture écopédologique et rôle de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier : Cas du bassin versant du lac Tonga ». Thèse de magister, Alger, INA, 183 p
- **Bonin F., Devaux B. and Dupre A. 1996.** Toutes les Tortues du Monde. Lausanne : Delachaux et Niestlé. 254.
- **Bozhansky A.T and Orlova V.F. 1998.** Conservation status of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), in European Russia. 41-46. In: Fritz U., Joger U., Podloucky R. and Servan J. (eds) Proceedings of the *EMYS* Symposium Dresden 96. *Mertensiella* 10.
- **Chaumeton H. 2001.** Reptiles. Edition Proxima, Losange. 319.
- **Cheyran M. & Poitevin F. 1998.** Impact of fire on a population of European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the south-eastern France. In Fritz, U. et al. (Eds.). Proceedings of *EMYS* Symposium, Dresden 96, *Mertensiella*, Rheinbach. 10: 67-82.
- **Clavero M. and Garcia-Berthou E. 2005.** Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends Ecol. Evol.*, Vol. 20 No. 3.
- **Chettibi, F., Khelifa, R., Aberkane, M., Bouslama, Z., & Houhamdi, M. 2013.** Diurnal activity budget and breeding ecology of the White-Headed Duck *Oxyura leucocephala* at Lac Tonga (North-east Algeria). *Zoology and Ecology*, 23(3), 183-190.

- **Combescot C. 1954.** Sexualité et cycle génital de la Tortue d'eau algérienne, *Mauremys leprosa* Schw. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 45 : 7-8, 366-377.
- **Cox N.A. and Temple H.J. 2009.** European red list of reptiles. Office for official publications of the European communities. Luxembourg.32 pp.
- **Da Silva E. 1995.** Contribucion al Atlas Herpetologico de la provincia de Badajoz, II (Reptiles). Rev. Esp. Herpetol. 9: 49-56 p.
- **Da Silva E. 2002.** *Mauremys leprosa*. In: Pleguezelos J.M., Marquez R., Lizana M. (Eds.), Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de Espana. Direcciao General de la Conservacion de la Naturaleza. Madrid. 143-146.
- **Dos Santos R.L., Correia J.M.S, Ednilza Maranhão Dos Santos E.M. 2021.** Freshwater aquatic reptiles (Testudines and Crocodylia) as biomonitor models in assessing environmental contamination by inorganic elements and the main analytical techniques used: a review. Environmental Monitoring and Assessment. Volume 193, article number 498.
- **Draidi, K., Djemadi, I., Bakhouche, B., Narsis, S., Bouslama, Z., Moussouni, A., & Tiar, G. 2023.** A multi-year survey on aquatic avifauna consolidates the eligibility of a small significant peri-urban wetland in northeast Algeria (Boussedra marsh) to be included on the Important Bird Areas network. Wetlands Ecology and Management, 31(5), 629–648.
- **El Hassani M.S., El Hassan. E., Slimani. T. and Bonnet. X. 2019.** Morphological and physiological assessments reveal that freshwater turtle (*Mauremys leprosa*) can flourish under extremely degraded polluted conditions .Faculty of Sciences Semlalia. Laboratory Biodiversity and Ecosystem Dynamics, P.O. Box 2390. Marrakesh 40000, Morocco.432-441 p.
- **Fahd S. 1993.**Atlas préliminaire des reptiles du Rif (Nord du Maroc). Thèse de Doctorat. Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan. 166p.
- **Fenoglio, S., & Doretto, A. (2021).** Monitoring of neotropical streams using macroinvertebrate communities: Evidence from Honduras. Environments, 8(4), 27.
- **Frayse N.P. 2002.**Contribution à l'étude de l'émyde lépreuse (*Mauremys leprosa* Schweigger, 1812). Thèse Doct. Université Paul Sabatier de Toulouse. Toulouse (Haute-Garonne).
- **Fritz U., Fattizzo T., Guicking D., Tripepi S., Pennisi M.G., Lenk P., Joger U. and Wink M. 2005a.** A new cryptic species of pond turtle from southern Italy, the hottest spot in the range of the genus Emys. Zoologica Scripta 34: 351-371.
- **Fritz U., Barata M., Busack S.D., Fritzsich G. and Castilho R. 2006.** Impact of mountain chains, sea straits and peripheral populations on genetic and taxonomic structure of a freshwater turtle, *Mauremys leprosa*. Zoologica Scripta 35: 97-108.
- **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.

- **Giller, P. S., & Malmqvist, B. 1998.** The biology of streams and rivers. Oxford University Press. (Oxford Series in Ecology and Evolution).
- **Guillot, 2017.** L'herpetofaune, sentinelle de l'accumulation et des effets des contaminants environnementaux?. Ph.D Thesis. Université De La Rochelle. École Doctorale : Sciences Pour L'environnement Gay Lussac. 161 p.
- **Guyot G. and Kuchling, G. 1998.** Some ecological aspects of populations of Oblong turtles *Chelodina oblonga* in the suburbs of Perth (Western Australia). In: Miaud C., GuyétantR. (Eds.), Current Studies in Herpetology: Proceedings of the 9th Ordinary General Meeting of the SocietasEuropaeaHerpetologica. Le Bourget du Lac, France, SEH, 25–29 August. 173–181.
- **Héritier L., Valdeon A., Sadaoui A., Gendre T. Ficheux S. Bouamer S. Kechemir-Issad N., Du Preez L., Palacios C. and Verneau O. 2017b.** Introduction and invasion of the red-eared slider and its parasites in freshwater ecosystems of Southern Europe: risk assessment for the European pond turtle in wild environments Biodivers. Conserv. 26: 1817-1843.
- **Jablonski A. and Jablonska S. 1998.** Egg-laying of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (L.). In: Leczynsko-Wlodawskie Lake District (Eastern Poland). Mertensiella10. 141-146.
- **Keller C. 1997.** Ecología de Poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* en el Parque Nacional de Doñana. PhD. Thesis, Universidad de Sevilla, Sevilla.
- **Kuchling G. 1999.**The Reproductive Biology of the Chelonia, vol. 38. Zoophysiology, Berlin/Heidelberg/New York.
- **La Chaîne Météo. (2025).** Climat et données météo pour la région d'El Tarf. Consulté en mai 2025, sur <https://www.lachainemeteo.com>.
- **Le Gal, A.-S., Tremblay, Y., Verneau, O., & Georges, J.-Y. 2023.** Population structure and dynamics of the Mediterranean pond turtle *Mauremys leprosa* in contrasted polluted aquatic environments. Environmental Pollution, Article 121746.
- **Lindsay M.K., Zhang Y., Forstner M,R,J, Hahn D. 2013.** Effects of the freshwater turtle *Trachemys scripta elegans* on ecosystem functioning: an approach in experimental ponds
- **Maran J. 2010.** Observations sur la distribution des tortues du Maroc (Chelonii: Emydidae, Geoemydidae et Testudinidae). Chéloniens 19. 16 34.
- **Maran J. 1996 b.** *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812) CITS bulletin. 7. P : 16-43.
- **Minckley W. L. 1966.** Coyote predation on aquatic turtles. J.Mammalog. 47 : 137.
- **Munoz A. and Nicolau B. 2006.**Sexual dimorphism and allometry in the stripe-necked terrapin, *Mauremys leprosa*, in Spain. Chelonian Conservation and Biology. 5:87–92.
- **Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Da Fonseca G.A.B. and Kent J.N.D. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature. 403:853-858.
- **Panti-May, J. A., Carvalho-Pereira, T. S. A., Serrano, S., Pedra, G. G., Taylor, J., Pertile, A. C., ... Costa, F. 2016.** A two-year ecological study of Norway rats (*Rattus norvegicus*) in a Brazilian urban slum. PLOS ONE, 11(3), e0152511. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152511>

- **Paracuellos M. 2008.** Effects of long-term habitat fragmentation on a wetland bird community. *Revue d'écologie*, 63, 1–12.
- **Riesch, J., Baier, J., Grote, M., Hornung, S., Jüngling, H., & Plath, M. 2020.** A century later: Adaptive plasticity and rapid evolution contribute to geographic variation in invasive mosquitofish (*Gambusia holbrooki*).
- **Samraoui, B., & Samraoui, F. 2008.** An ornithological survey of the wetlands of Algeria: important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58, 71–98.
- **Samraoui, F., Nedjah, R., Bouchecker, A., Alfarhan, A. H., & Samraoui, B. 2012.** Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study*, 59(4), 496–503.
- **Schleich H.H. 1996.** Beitrag zur Systematik des Formenkreises von *Mauremys leprosa* (Schweigger) in Moroko. *Teil. I Spixi. suppl.22* : 29-59.
- **Slimani, T.; El Hassani, M.S.; El Mouden, E.H.; Bonnet, M.; Bustamante, P.; Brischoux, F.; Brault-Favrou, M.; Bonnet, X. 2018.** Large Scale Geographic Patterns of Mercury Contamination in Morocco Revealed by Freshwater Turtles. *Environ. Sci. Pollut. Res.*25, 2350–2360.
- **de Solla S. R., Fernie K. J., Letcher R. J., Chu S.G., Drouillard K.G., Shahmiri. 2007.** Snapping Turtles (*Chelydra serpentina*) as Bioindicators in Canadian Areas of Concern in the Great Lakes Basin. Polybrominated Diphenyl Ethers, Polychlorinated Biphenyls, and Organochlorine Pesticides in Eggs. *Environmental Science & Technology*. Vol 41/Issue 21
- **Sparling, D. W., Linder, G., & Bishop, C. A. (Eds.). 2000.** Ecotoxicology of amphibians and reptiles. Pensacola, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- **Spyra, A., Cieplik, A., Strzelec, M., & Babczyńska, A. (2019).** Freshwater alien species *Physella acuta* (Draparnaud, 1805) — A possible model for bioaccumulation of heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 185, 109703.
- **Staub, B. P., Hopkins, W. A., Novak, J., & Congdon, J. D. (2004).** Respiratory and reproductive characteristics of eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) inhabiting a coal ash settling basin. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 46, 96–101
- **Striner, A., & Preece, J. (2018 a).** Appraising human impact on watersheds: The feasibility of training citizen scientists to make qualitative judgments.
- **Striner, A., & Preece, J. (2018 b).** StreamBED: Training citizen scientists to make qualitative judgments using embodied virtual reality training.
- **Stoffels, R. J., Weatherman, K. E., & Allen-Ankins, S. 2017.** Heat and hypoxia give a global invader, *Gambusia holbrooki*, the edge over a threatened endemic fish on Australian floodplains. *Biological Invasions*, 19(8), 2477–2489. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1457-6>
- **Stoll, S. J., & Boger, C. (2025).** Assessing chemical pollution with biomonitoring approaches in streams and rivers: A critical review. *Environmental Sciences Europe*.

- **Tiar-Saadi, M. 2018.** Bioécologie des Tortues d'eau en Algérie. Ph.D. Thesis, Département de biologie, Université Badji Mokhtar: Annaba, Algeria.
- **Uetz P. 2000.** How many reptile species ?, Herpetological review, Vol.31:13-15.
- **U.S. Fish and Wildlife Service. (2023).** Annual Report 2023: Conservation and recovery of endangered species. U.S. Department of the Interior. <https://www.fws.gov/>
- **UICN France, MNHN and SHF. 2015.** La liste rouge des espèces menacées en France. Reptiles et Amphibiens de France métropolitaine. Paris. France. Accès le 16 Mai 2025.
- **Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy Liermann, C., & Davies, P. M. 2010.** Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467(7315), 555–561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>.
- **Weatherspark. (2025).** *Données climatiques historiques pour Mai (Algérie)*. Consulté en juin 2025, sur <https://www.weatherspark.com>