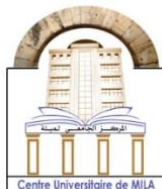


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Ecologie et d'Environnement

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

**Contribution à l'étude de la biodiversité des
gastéropodes terrestres dans deux sites (Redjas et
Ahmed Rachedi) de la région de Mila.**

Présenté par :

➤ **Chaima ZOUIED**

Devant le jury :

A. SAHRAOUI

MCB

Président

H. BRAHMIA

MCA

Examineur

L. DOUAFER

MCA

Promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

*Tout d'abord, je tiens à remercier **Allah tout-puissant** et miséricordieux de m'avoir donnée la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier les membres du jury, **Dr. A. Sahraoui** et **Dr. H. Brahmia**, qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'examiner mon travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude et respectueuse reconnaissance à mon encadrante, **Dr Louiza DOUAFER** pour son encadrement, ses conseils et ses sacrifices afin de me permettre de donner le meilleur de moi-même, ainsi que pour son suivi durant la période de préparation de mon mémoire de fin d'étude.*

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à tous les enseignants qui, par leurs efforts durant toutes ces années, m'ont permis d'arriver ici. Un grand merci à eux.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde : Ma chère mère **Saliha** et Mon chère père **Abd Errazak** pour leur amour, leur tendresse, et pour leur soutien durant toutes les étapes de ma vie. J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête tout le bonheur.*

*A mes chères sœurs Aida et Ahlem et mes chers frères **Aymen** et **Iyad** qui n'ont pas cessé de me conseiller, encouragé et soutenir tout au long de mes études.*

Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

Et à tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

Résumé

La présente étude a pour objectif de dresser un inventaire des gastéropodes terrestres et d'évaluer la biodiversité dans les communes de Redjas et Ahmed Rachedi, situées dans la wilaya de Mila. Les recherches ont été menées entre Février et Mai 2025. Les résultats obtenus ont permis d'identifier cinq (5) espèces réparties en deux (2) familles malacologiques, Helicidae : *Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Dupotetia alabastra zonata* et *Otala lactea*; Subulinidae : *Rumina decollata*.

Les indices écologiques varient selon les sites étudiés. Les résultats de l'inventaire mettent en évidence la biodiversité de gastéropodes pulmonés terrestres, avec une dominance marquée de l'espèce *Cantareus aspersus* (*Helix aspersa*) et de *Rumina decollata* dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) suivies par *Otala lactea* et *Dupotetia alabastra zonata*.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (0.20) dans le site de Redjas et (0.31) dans le site Ahmed Rachedi ainsi que de l'équitabilité (0.22) au niveau de Redjas et (0.31) à Ahmed Rachedi traduisent une diversité spécifique faible et une répartition relativement déséquilibrée des populations de gastéropodes. Ces indices semblent étroitement liés aux caractéristiques physico-chimiques des sols, et conditions climatiques.

L'analyse physico-chimiques des sols dans les deux sites révèle : un pH alcalin dans les deux sites, une texture limino-argileuse à Redjas et argileuse au niveau du site Ahmed Rachedi, des sols non salés, et une porosité relativement assez faible dans les deux sites.

La diversité et la répartition des gastéropodes sont influencées par plusieurs facteurs, principalement la saison, la disponibilité de la végétation, ainsi que les caractéristiques physico-chimiques du sol et sa qualité. Les résultats de cette étude permettent de considérer l'espèce la plus abondante, *Cantareus aspersus*, comme une bioindicatrice de la qualité des sols et l'évaluation de la pollution des sols.

Mots-clés : Inventaire, Gastéropodes pulmonés terrestres, Biodiversité, Bioindicateur, Indices écologiques, Paramètres physico-chimiques du sol, Mila.

تهدف الدراسة الحالية إلى إجراء جرد للقواقع الأرضية وتقييم التنوع البيولوجي في بلديتي رجااص وأحمد راشدي، الواقعتين في ولاية ميلة. تم إجراء الأبحاث بين فيفري وماي 2025. وقد سمحت النتائج المحققة بتحديد خمس (5) أنواع موزعة على عائلتين:

Helicidae : *Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Dupotetia alabastra zonata* et *Otala lactea*;

Subulinidae : *Rumina decollata*

تختلف المؤشرات البيئية حسب المواقع المدروسة والفصول. تسلط نتائج الجرد الضوء على تنوع القواقع الرئوية الأرضية، مع هيمنة واضحة للنوع *Cantareus aspersus (Helix aspersa)* و *Rumina decollata* في الموقعين المدروسين (رجااص وأحمد راشدي)، تليهما *Otala lactea* و *Dupotetia alabastra zon*

يشير مؤشر تنوع شانون-ويفر (0.20) في موقع رجااص و (0.31) في موقع أحمد راشدي، بالإضافة إلى مؤشر التوزيع المتساوي (0.22) في رجااص و (0.31) في أحمد راشدي، إلى تنوع نوعي منخفض وتوزيع غير متوازن نسبيًا لتجمعات القواقع. يبدو أن هذه المؤشرات مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، وظروف المناخ. يكشف التحليل الفيزيائي والكيميائي للتربة في الموقعين عن pH قلوي في الموقعين، نسيج طيني-طمي في موقع رجااص وطيني في موقع أحمد راشدي، ملوحة منخفضة (تربة غير مالحة) في الموقعين، ومسامية منخفضة نسبيًا في كلا الموقعين. يتأثر تنوع وتوزيع القواقع بعدة عوامل، أبرزها الموسم، توفر الغطاء النباتي، بالإضافة إلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية وجود التربة. تسمح نتائج هذه الدراسة بالنظر في الأنواع الأكثر وفرة، مثل *Cantareus aspersus*، كمؤشرات حيوية محتملة لتقييم تلوث التربة".

الكلمات المفتاحية: الجرد، القواقع الرئوية الأرضية، التنوع البيولوجي، المؤشرات الحيوية، المؤشرات البيئية، المعايير الفيزيائية والكيميائية للتربة، ميلة.

Abstract

The present study aims to create an inventory of terrestrial gastropods and assess biodiversity in the communes of Redjas and Ahmed Rachedi, located in the Mila province. The research was conducted between February and May 2025. The results allowed the identification of five (5) species distributed in two (2) malacological families: Helicidae (*Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Dupotetia alabastra zonata*, and *Otala lactea*) and Subulinidae (*Rumina decollata*).

Ecological indices vary according to the studied sites and seasons. The inventory results highlight the biodiversity of terrestrial pulmonate gastropods, with a marked dominance of the species *Cantareus aspersus* (*Helix aspersa*) and *Rumina decollata* in both study sites (Redjas and Ahmed Rachedi), followed by *Otala lactea* and *Dupotetia alabastra zonata*.

The Shannon-Weaver diversity index (0.20) at the Redjas site and (0.31) at the Ahmed Rachedi site, as well as the evenness index (0.22) at Redjas and (0.31) at Ahmed Rachedi, indicate low species diversity and a relatively uneven distribution of gastropod populations. These indices seem closely linked to the physico-chemical characteristics of the soils and climatic conditions.

The physico-chemical analysis of the soils at both sites reveals an alkaline pH at both sites, a loam-clay texture at the Redjas site, and a clayey texture at the Ahmed Rachedi site, with low salinity (non-saline soils) at both study sites, and relatively low porosity at both sites.

The diversity and distribution of gastropods are influenced by several factors, primarily season, vegetation availability, as well as the physico-chemical characteristics and soil quality. The results of this study suggest that the most abundant species, particularly *Cantareus aspersus*, could serve as potential bioindicators for soil pollution assessment.

Keywords: Inventory, Terrestrial Pulmonate Gastropods, Biodiversity, Bioindicators, Ecological Indices, Soil Physico-Chemical Parameters, Mila.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

1. Introduction	1
2. Synthèse bibliographique :	5
2.1. Généralités sur les gastéropodes terrestres :	5
2.2. Classification des gastéropodes terrestres	5
2.2.1. Pulmonés	5
2.2.2. Prosobranches :	6
2.2.3. Opisthobranches :	6
2.3. Taxonomie :	6
2.4. Anatomie externe :	6
2.4.1. Tête	7
2.4.2. Pied	7
2.4.3. Masse viscérale	7
2.4.4. Manteau	8
2.4.5. Coquille	8
2.5. Anatomie interne :	9
2.5.1. Tégument	10
2.5.2. Appareil digestif	10
2.5.3. Système circulatoire	11
2.5.4. Appareil sensorial	11
2.5.5. Appareil génital	11

2.5.6. Système nerveux	12
2.5.7. Appareil respiratoire	12
2.5.8. Appareil excréteur	13
2.6. Biologie et écologie des gastéropodes terrestres	13
2.6.1. L’habitat des gastéropodes terrestres	13
2.6.2. Reproduction chez les gastéropodes terrestres.....	14
2.7. Développement embryonnaire, flexion et torsion	16
2.7.1. Flexion	16
2.7.2. Enroulement	16
2.7.3. Torsion	17
2.7.4. Croissance	17
2.8. Longévité et mortalité des escargots.....	18
2.9. Rythme d’activité des escargots	18
2.9.1. Activité journalière	18
2.9.2. Activité saisonnières	19
2.10. Alimentation des gastéropodes	19
2.11. Influence des paramètres externes sur les gastéropodes terrestres	20
2.11.1. Température	20
2.11.2. Humidité.....	21
2.11.3. La lumière et énergie solaire	21
2.11.4. Le vent.....	21
2.11.5. Nature du sol	21
2.12. Dégâts des escargots	22
2.12.1. Ravageur	22
2.12.2. Parasitisme	23
2.12.3. Prédation	23
2.13. Intérêt et utilisation des escargots.....	24

2.13.1. Intérêt économique.....	24
2.13.2. Intérêt écologique.....	25
2.13.3. Intérêt médical et thérapeutique.....	26
3. Matériel et méthodes	28
3.1. Présentation des sites d'étude	28
3.1.1. Situation géographique de la wilaya de Mila :.....	28
3.1.2. Présentation du site « Redjas» :	29
3.1.3. Présentation du site «Ahmed Rachedi» :	30
3.2. Climatologie :	31
3.3. Inventaire des gastéropodes pulmonés terrestres et clés d'identification	32
3.4. Biométrie des espèces :.....	33
3.5. Indices écologiques :.....	35
3.5.1. Indices de composition :	35
3.5.2. Indices de structure :	37
3.6. Inventaire floristique des sites d'étude :	38
3.7. Analyses physico-chimiques des sols :.....	38
3.7.1. Le pH du sol :.....	39
3.7.2. La Conductivité électrique (CE) du sol :	40
3.7.3. L'humidité (texture) du sol :	41
3.7.4. Porosité (P) du sol :	42
3.8. Traitement statistique des données:	44
4. Résultats:	46
4.1. Inventaire des gastéropodes dans les sites d'étude :.....	46
4.1.1. Structure des gastéropodes terrestres recensés dans les sites d'étude :	47
4.2. Biométrie des espèces :.....	49
4.2.1. Le poids des gastéropodes :	49
4.2.2. Le diamètre de la coquille des gastéropodes.....	50

4.2.3. La hauteur de la coquille des gastéropodes :.....	51
4.3. Les indices écologiques :	53
4.3.1. Indices de composition :	53
4.3.2. Indice de structure:.....	57
4.4. Inventaire de la flore dans les sites d'étude :	58
4.5. Analyse physico-chimique du sol dans les différents sites d'étude :.....	59
4.5.1. Le pH :	60
4.5.2. Conductivité électrique (CE) :	60
4.5.3. Humidité (H) :	61
4.5.4. Porosité :	62
5. Discussion:	68
5.1. Inventaire des gastéropodes terrestres :	68
5.2. Biométrie des espèces :.....	69
5.3. Les indices écologiques :	70
5.4. Inventaire de la flore :.....	73
6. Conclusion	78
7. Références bibliographiques	

Liste des abréviations

ANOVA : analyse de la variance

bits : unité binaire d'information.

C : constance.

C° : degré Celsius.

CAT : Catalase.

CE : conductivité électrique.

Cm : centimètre.

D : diamètre.

E° : Est.

E : indice d'équitabilité.

F : fréquence centésimale.

g : gramme

H: Humidité.

H': indice de Shannon-Weaver.

H : Hauteur.

H max : la diversité maximale.

Ki : nombre total d'individus

mm : milli mètres.

ml : milli litre.

min : minute.

ms : milli semence

n : nombre de l'effectif.

N° : Nord.

pH : potentiel d'hydrogène.

RN79 : Route Nationale 79.

S : Richesse spécifique.

S' : Richesse moyenne.

T : Température.

% : pourcentage.

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Morphologie externe d'un Gastéropode terrestre	7
2	Coquille de <i>Contareus aspersus</i>	8
3	Différentes couches de la coquille des escargots	9
4	Anatomie interne de l'escargot	9
5	Appareil digestif d'un escargot	10
6	l'appareil génital de l'escargot	11
7	Système nerveux d'un escargot	12
8	Appareil respiratoire de l'escargot	12
9	Schéma de l'appareil excréteur d'un escargot	13
10	Différents habitats des gastéropodes terrestres	13
11	Schéma d'un Petit-Gris en position de ponte	15
12	Schéma de la flexion, de l'enroulement et de la torsion des gastéropodes	17
13	Besoin alimentaires (végétation) des escargots	20
14	Les limites territoriales de la commune de Mila	28
15	Localisation géographique du site de Redjas	29
16	Situation géographique de site Ahmed Rachedi	30
17	Prélèvement direct des gastéropodes terrestres présentent dans différents emplacements	32
18	Balance de précision Sortorius	33
19	Un pied à coulisse digital	33
20	Mesure du diamètre de la coquille chez l'escargot	33
21	Mesure de la hauteur de la coquille chez l'escargot	33
22	Les espèces des gastéropodes terrestres recensées dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) (février – mai, 2025)	46
23	La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Redjas (février – mai, 2025).	48
24	La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Ahmed Rachedi (février – mai, 2025).	49
25	Richesse totale des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (février – mai 2025).	54
26	Nombre total d'individus (Ki) recensés dans les deux sites d'étude (février – mai 2025)	54
27	Richesse moyenne (S') des gastéropodes terrestres recensés au	55

	niveau de deux sites d'étude (février – mai 2025)	
28	Fréquence centésimale (%) des espèces inventoriées dans les deux sites d'étude (février – mai 2025).	56
29	L'indice de diversité de Shanon - Weaver (H') (bits) des gastéropodes terrestres inventoriés dans les deux sites d'étude (février– mai 2025)	58
30	Indice d'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres inventoriés dans les deux sites d'étude (février – mai 2025)	58
31	Les espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude	59
32	le pH mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (février – mai 2025).	60
33	La conductivité électrique mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (février – mai 2025)	61
34	Humidité mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (février – mai 2025).	62
35	Humidité mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (février – mai 2025).	62

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Moyennes des paramètres climatiques enregistrés au cours de la période de 10 ans dans la région de Mila	31
2	Catégorie de la fréquence	34
3	Catégories d'espèce selon la constance (C)	35
4	La gamme de pH des sols	39
6	Echelle de salinité du sol	40
7	Echelle de la texture (humidité)	41
8	Classification des sols d'après leur porosité	43
9	Les espèces des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) (février - mai, 2025).	45
10	Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Redjas (février – mai, 2025).	47
11	Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Ahmed Rachedi (février – mai, 2025).	48
12	Moyennes pondérales ($m \pm s$, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Redjas ($n = 50$).	50
13	Moyennes pondérales ($m \pm s$, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Ahmed Rachedi ($n = 50$).	50
14	Moyennes des diamètres ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Redjas ($n = 50$).	51
15	Moyennes des diamètres ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Ahmed Rachedi ($n = 50$).	51
16	Moyennes des hauteurs ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Redjas ($n = 50$).	52
17	Moyennes des hauteurs ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Ahmed Rachedi ($n = 50$).	52
18	Richesse totale (S) et moyenne (S') des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (février– mai 2025).	53
19	La fréquence centésimale (F) (%) des espèces recensées dans les deux sites d'études (février– mai 2025).	56
20	les valeurs de la constance C (%) des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (février – mai 2025).	57
21	Indice de diversité de Shannon- Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (février – mai 2025).	57
22	Espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude (Mars, 2025)	58
23	Paramètres physico- chimiques des sols réalisée pendant le mois de mai dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) ($m \pm s$, $n = 3$).	60

INTRODUCTION

1. Introduction

La biodiversité désigne la variété et la variabilité de tous les organismes vivants. Elle englobe la diversité génétique au sein des espèces et de leurs populations, la diversité des espèces et de leurs formes de vie, ainsi que la diversité des complexes d'espèces et de leurs interactions. Elle inclut également la diversité des processus écologiques qu'ils influencent ou dont ils sont les acteurs, souvent appelée diversité écosystémique **SITE(2)**.

L'Algérie, grâce à sa position géographique, présente une grande diversité de biotopes, abritant une richesse floristique et faunistique remarquable (**Morel, 1997**). La biodiversité des êtres vivants et la pollution de l'environnement sont aujourd'hui considérées comme des préoccupations majeures pour l'humanité (**Viard, 2004**).

Les mollusques gastéropodes, comprenant les escargots et les limaces, forment un groupe **d'animaux** terrestres très diversifié. Ce groupe regroupe plus de 30 000 espèces qui occupent une grande variété d'habitats et de climats, allant des zones équatoriales aux régions subpolaires, et s'étendant même dans certains déserts (**Barker, 2001**). L'embranchement des mollusques, qui regroupe plus de 100 000 espèces connues, occupe une place essentielle dans le règne animal (**Gaillard, 1991**).

Les mollusques comptent plus de 130 000 espèces, parmi lesquelles les gastéropodes représentent le groupe le plus vaste. Ce groupe inclut environ 75 000 espèces vivantes et 15 000 espèces fossiles, dont certaines sont des limaces (**Belang, 2009 in Djaroun et Moussaoui, 2016**). Les mollusques sont répartis en sept classes : les monoplacophores, les aplacophores, les polyplacophores, les scaphopodes, les lamellibranches (ou bivalves), les gastéropodes et les céphalopodes (**Karas, 2009 in Messaoudi, 2015**).

Au cours du dernier siècle, la société a traversé une phase d'expansion industrielle rapide, accompagnée de l'exploitation intensive de nombreuses ressources non renouvelables. Le manque de considération pour l'environnement à cette époque a conduit au rejet de nombreuses substances polluantes dans l'écosystème. Celles-ci, souvent peu ou non dégradables, se sont accumulées dans les sols, les sédiments et les organismes vivants. Bien que cette exploitation ait favorisé un développement économique important, elle a aussi entraîné une dégradation de notre environnement, se traduisant par une baisse de la biodiversité et une détérioration de la qualité des milieux naturels (**Morel, 1997**).

L'utilisation des invertébrés comme bioindicateurs de la qualité des écosystèmes a une longue histoire, tant dans les milieux aquatiques (**Phillips, 1977**) que terrestres (**Eijsackers,**

1983). Selon la définition générale de **Spellerberg (2005)**, un indicateur biologique est une espèce qui reflète l'état de son environnement (**Hopkin, 1993 ; Edward et al., 1996**). On distingue deux types de bioindicateurs : les bioindicateurs d'accumulation, qui stockent les polluants présents dans leur environnement, et les bioindicateurs d'effet ou d'impact, qui réagissent à une ou plusieurs substances introduites par des pratiques telles que l'épandage de déchets, l'agriculture ou la contamination industrielle (**Joëlle, 2005**).

Par ailleurs, l'escargot est un mollusque gastéropode appartenant au groupe des pulmonés. Sa sensibilité aux contaminants présents dans l'environnement a été démontrée (**ISO, 2006**). Il est considéré comme un bioaccumulateur important, capable d'absorber divers polluants provenant du sol, des végétaux et de l'atmosphère, via plusieurs voies d'exposition, et de les stocker dans ses tissus (**Garar, 2015 ; Zouaghi, 2015**). Malgré leur grande biodiversité et leurs valeurs évolutives, géologiques, écologiques et économiques, les gastéropodes terrestres restent encore mal connus, tant sur le plan biologique que sur celui de la répartition des espèces. La plupart des données disponibles proviennent d'études anciennes (**Karas, 2009**). Les inventaires réalisés dans différentes régions témoignent de la richesse et de la biodiversité des gastéropodes. Ainsi, dans la sansouïre camarguaise (France), **Bigot (1965)** a recensé huit espèces de gastéropodes terrestres. tandis que 66 espèces ont été recensées dans la Virginie Occidentale (**Hotopp et al., 2008**), En Arabie Saoudite, **Amr et Al-Shammari (2013)** ont identifié cinq espèces de gastéropodes dans la région de Ha'il. En Algérie, les études menées restent limitées. À El Kala, **Boudchiche (2007)** a recensé treize espèces, tandis que **Douafer et Soltani (2014)** en ont signalé onze dans le Nord-Est algérien. Huit espèces ont été inventoriées avec la dominance de l'espèce *Cantareus asperses* dans les sites de la wilaya de Skikda (Azzaba 53.88%; Ben-Azzouz 56.12%; El Hadaiek 37.92%) (**Zaidi et al., 2021**). Dans la région de Tlemcen, **Damerdji (2013)** a mis en évidence une richesse spécifique de onze espèces. Enfin, dans la région de Mila, **Bakhi et Bakhi (2017)** ont inventorié six espèces de gastéropodes dans les localités de Boufouh et Chigara. **Soufane & Chekouf (2019)** ont trouvé (8) espèces malacologiques dans les sites Sidi Khelifa et Zeghaia. Les efforts engagés en matière d'inventaire des ressources naturelles en Algérie avaient permis à la découverte d'une riche faune de mollusques terrestres (**Kaouritchev, 1970**).

Le sol est un milieu biologique qui abrite un grand nombre d'organismes vivants, contribuant ainsi à une réserve biologique considérable et essentielle pour la biodiversité de l'écosystème terrestre (**Moreaux, 1973 ; Raoul, 2013 ; Hoorman et Islam, 2010**). Il joue un rôle fondamental en assurant plusieurs fonctions : il participe à l'alimentation, agit comme un

filtre biologique et sert de réacteur naturel, permettant de réduire les pertes de polluants vers les eaux souterraines ou de limiter leur échappement dans l'atmosphère (**Sanchez Hernandez, 2011**), Le sol joue un rôle essentiel en tant qu'interface entre l'environnement et les principales formes de pollution causées par l'Homme (**Calvet, 2003**). Il constitue également un support à une activité biologique intense et abrite une grande variété d'organismes (**Jeffery et al., 2010**). Ainsi, il est impossible d'envisager un développement durable sans une gestion adéquate des sols.

Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude est d'enrichir les connaissances sur la biodiversité des gastéropodes terrestres (escargots et limaces) dans la région de Mila, accompagnée par l'analyse des paramètres physico-chimiques des sols de chaque site et l'inventaire de la flore, en se concentrant sur deux sites spécifiques, à savoir Radjas et Ahmed Rachedi, par le biais d'un inventaire mensuel (du février à mai, 2025) afin d'évaluer la biodiversité des gastéropodes terrestres dans la région de Mila.

Cette étude est divisée en trois parties :

- La première partie présente une synthèse bibliographique sur la biologie et l'écologie des gastéropodes terrestres.
- La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés dans le cadre de cette étude et l'analyse des paramètres physico-chimiques des sols de chaque site et l'inventaire de la flore.
- La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus lors de l'inventaire réalisé, suivie de leur discussion.

Enfin, une conclusion viendra synthétiser l'ensemble des informations issues de l'étude de l'inventaire, tout en ouvrant sur quelques pistes de réflexion pour des travaux ultérieurs.

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2. Synthèse bibliographique :

2.1. Généralités sur les gastéropodes terrestres :

Le terme "gastéropode", qui signifie "Ventre-Pied" en grec, désigne les animaux les plus évolués et les plus importants au sein de l'embranchement des mollusques, tel qu'établi par Cuvier en 1798 (**Jodra, 2008**).

Les gastéropodes possèdent un corps mou, non segmenté et dépourvu d'appendices articulés. Ce corps se divise en trois parties : une tête bien différenciée, la masse viscérale, et le pied, un organe musculaire ventral qui joue un rôle crucial dans la locomotion de l'animal **SITE(5)**.

Selon **Boué et Chanton (1971)**, les gastéropodes présentent une morphologie externe similaire, mais une anatomie interne variée. Cette classe regroupe plus de 17 000 espèces marines, dulcicoles et terrestres (**Levêque, 1973**) et est divisée en trois ordres : les Prosobranches, les Opisthobranches et les Pulmonés (**Audibert et Bertrand, 2015**). Les gastéropodes forment une classe très diversifiée, avec environ 75 000 espèces vivantes et 15 000 espèces fossiles. Parmi ces espèces figurent des animaux bien connus comme les escargots, les limaces et les strombes. Ils occupent une grande variété d'habitats et sont prisés pour leur chair comestible ainsi que pour la beauté de leurs coquilles.

2.2. Classification des gastéropodes terrestres

Les gastéropodes sont divisés en trois grands groupes distincts : les Pulmonés, les Prosobranches et les Opisthobranches (**Maissiat et al., 1998**).

2.2.1. Pulmonés

Sous le nom de pulmonés, on regroupe un ensemble de gastéropodes, tels que l'escargot et la limace, qui se sont adaptés à la vie terrestre et à la respiration aérienne. En conséquence, la branchie a disparu au profit d'un poumon fonctionnel. Ces animaux sont hermaphrodites ; la majorité possède une coquille enroulée, bien que certaines espèces, comme les limaces, en soient dépourvues. Les pulmonés se divisent en deux groupes : les Stylommatophores et les Basommatophores (**Jodra, 2008**).

✓ Basommatophores

Comprenant beaucoup d'espèces d'eau douce, chez lesquelles les yeux se situent à la base des tentacules (**Kerney et Cameron ,2006**).

✓ **Stylommatophores**

D'après **Kerney et Cameron (2006)**, les Stylommatophores sont des gastéropodes terrestres caractérisés par la présence d'yeux situés à l'extrémité de leurs tentacules.

2.2.2. Prosobranches :

Ils représentent la quasi-totalité des gastéropodes marins à coquille (**Gaillard, 1991**). Ces espèces correspondent à la description du gastéropode typique, doté d'une coquille spiralée ou non, et présentant une anatomie dissymétrique (**Grzimek et Fontaine, 1973**). Parmi les exemples courants, on peut citer les ormeaux, les bigorneaux et les murex.

2.2.3. Opisthobranches :

Les Opisthobranches sont caractérisés par la position de leur branchie, située juste en arrière du cœur (**Grassé et Doumenc, 1998**).

2.3. Taxonomie :

Selon **Kerney et Cameron (2006)**, les escargots et les limaces sont classés de la manière suivante :

Règne : Animal

Embranchement : Mollusca

Classe : Gastéropoda

Sous-classe : pulmonés

Ordre : Stylomatophora;

Super-famille : Helicacea

Famille : Helicidae (**Müller, 1774**).

2.4. Anatomie externe :

Le corps du mollusque est mou, non segmenté, et se compose de trois parties principales : la tête, le pied, et la masse viscérale, enveloppée par le manteau (ou pallium), qui est responsable de la sécrétion de la coquille (**Maissiat et al., 2011**) (**Fig .1**).



Figure 1 : Morphologie externe d'un Gastéropode terrestre (photo originale, 2025).

2.4.1. Tête

Chez les gastéropodes, la tête est bien développée et nettement distincte du reste du corps. Elle comprend une bouche munie de mâchoires et d'un bulbe buccal équipé d'une radula. Sur sa face dorsale, elle porte deux paires de tentacules sensoriels : les tentacules antérieurs, courts et renflés à leur extrémité, et les tentacules postérieurs, plus longs, portant chacun un œil à leur extrémité externe. Chez l'escargot, ces yeux sont visibles sous forme de petites taches noires situées à l'extrémité des grands tentacules rétractiles (Maissiat *et al.*, 2011).

2.4.2. Pied

Le pied est large et plat, sur lequel l'animal se déplace en rampant (Desire et Villeneuve, 1965). Le pied est une masse musculaire allongée, effilée vers l'arrière. Il est recouvert d'un épiderme au niveau de la sole pédieuse, qui sécrète un mucus abondant facilitant la reptation et laissant une traînée brillante sur le sol après le passage de l'animal. Le pied joue un rôle essentiel dans la locomotion (Kerney et Cameron, 2006).

2.4.3. Masse viscérale

La masse viscérale, entièrement enveloppée par le manteau et logée dans la coquille, renferme les organes de respiration, de circulation, de digestion et de reproduction. Entre la coquille et la face interne du manteau se trouve la cavité palléale, siège de la fonction respiratoire. Elle abrite le poumon, qui permet la respiration aérienne chez les escargots

(Bonnet, 1990). Dans la masse viscérale contenue dans la coquille, on peut observer les éléments suivants :

- ✓ Le pneumostome, orifice de la cavité palléale, qui permet la respiration.
- ✓ L'anus, situé juste en dessous du pneumostome.
- ✓ L'orifice urinaire, généralement invisible à l'œil nu en raison de sa très petite taille.

2.4.4. Manteau

Il s'agit d'un repli saillant et périphérique du tégument dorsal, qui crée la cavité palléale (Amroun, 2006). Le manteau assure la production de la coquille et participe à la formation de la cavité respiratoire. Il subit d'importantes modifications au sein du groupe des pulmonés, en fonction de la présence ou de l'absence d'une coquille interne ou externe. Chez les formes à coquille externe, le manteau dépasse la base de la masse viscérale, en particulier vers l'avant et sur les côtés, au-dessus et autour de la cavité respiratoire. Il produit le bourrelet palléal, par lequel la coquille s'agrandit, ce bourrelet étant généralement interrompu uniquement par le pneumostome (André, 1968).

2.4.5. Coquille

La coquille des mollusques est composée de carbonate de calcium et de matière organique sécrétés par le manteau de l'animal. Elle s'enroule en hélice ou en spirale autour d'un axe, qui peut être plein ou creux. L'ouverture de la coquille, ou péristome, est généralement située sur le côté de l'animal. Elle peut être simple ou tranchante, ce qui confère aux gastéropodes une grande diversité morphologique (Selloum, 2013) (Fig .2).

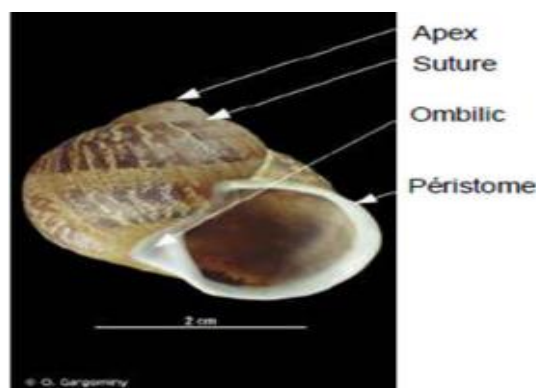


Figure 2 : Coquille de *Contareus aspersus* SITE(1).

D'après **Maissiat *et al.* (2011)**, la forme et la couleur de la coquille des escargots varient considérablement. Elle peut être considérée comme un squelette externe sécrété par le manteau et a une origine ectodermique. La coquille est composée de trois couches, de l'extérieur vers l'intérieur : le périostracum, de nature organique, la couche prismatique ou ostracum, et la couche nacréée ou hypostracum. Chez les limaces, la coquille est soit très réduite, soit complètement absente (**Karas, 2009**). La coquille est un critère d'identification par sa couleur, sa taille et sa forme (**Fig .3**).

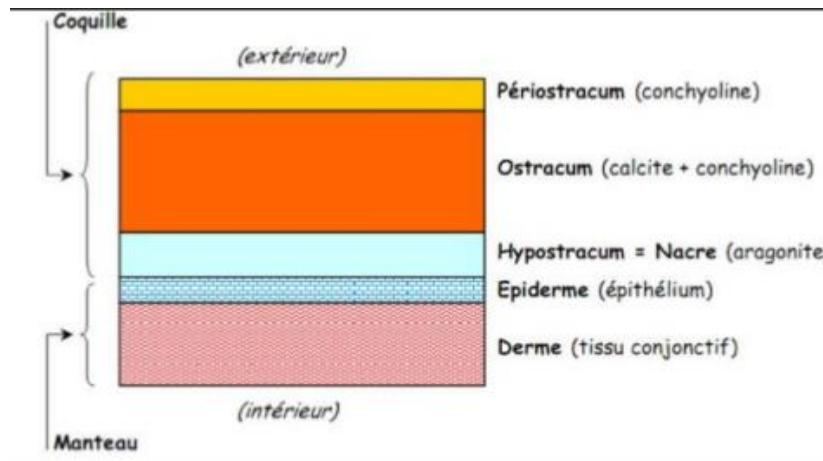


Figure 3 : Différentes couches de la coquille des escargots (**Amroun, 2006**).

2.5. Anatomie interne :

La cavité palléale est délimitée, d'une part, par le plafond de la masse viscérale et, d'autre part, par la partie supérieure du manteau. La face externe du manteau sert d'organe de protection, tandis que sa face interne constitue la surface respiratoire (le poumon), grâce aux lacunes qu'elle contient. Le poumon communique avec l'extérieur par un orifice appelé pneumostome (**Beaumont et Cassier, 1998**) (**Fig .4**).

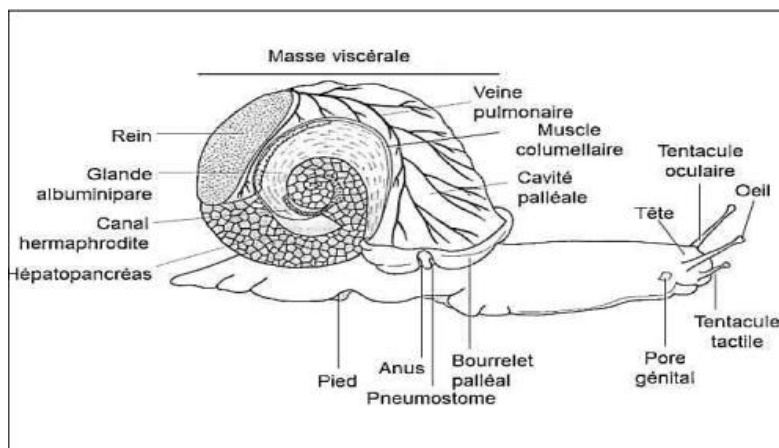


Figure 4 : Anatomie interne de l'escargot (Bonnet *et al.*, 1999).

2.5.1. Tégument

Le tégument est constitué d'un épiderme simple, marqué par une forte présence de glandes à mucus, et d'un derme où se trouvent des muscles lisses bien développés, notamment ceux responsables de la reptation ainsi que le muscle columellaire. Ce dernier s'attache d'une part à la columelle et s'étend d'autre part vers la tête et le pied, permettant leur rétraction à l'intérieur de la coquille (Heusser et Dupuy, 2011). Les glandes calcaires se trouvent sur le bourrelet palléal et les parties dorsales du corps, mais sont absentes sur la sole. Le calcaire apparaît sous forme de fines granulations de carbonate et de phosphate de chaux (Andre, 1968).

2.5.2. Appareil digestif

Le régime alimentaire des gastéropodes est très diversifié, et leur tube digestif s'est adapté en fonction de la nature des aliments qu'ils consomment (Meglitsch, 1974). L'appareil digestif des gastéropodes est constitué successivement d'un bulbe buccal contenant une radula, qui agit comme une râpe, d'une mâchoire, puis d'un œsophage qui se dilate à l'arrière pour former un jabot volumineux. Il comprend ensuite un estomac et un intestin enveloppés dans l'hépatopancréas, avant de se terminer par un rectum qui aboutit à l'anus, situé sur le côté droit de l'animal (Heusser et Dupuy, 1998) (Fig .5).

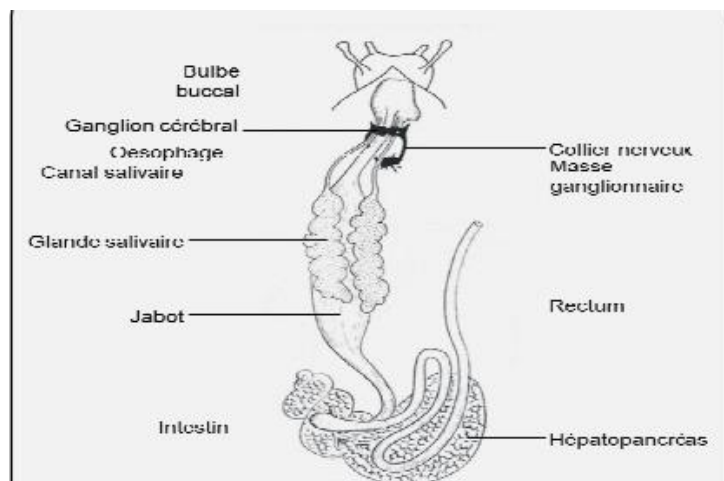


Figure 5 : Appareil digestif d'un escargot (Théron et Vallin, 1981).

2.5.3. Système circulatoire

Les mollusques ne possèdent pas de système absorbant distinct. Le produit de la digestion (chyle) passe directement dans la cavité abdominale générale, puis dans les grandes veines perforées de nombreuses ouvertures circulaires. Le système circulatoire comprend le cœur, les artères et les veines. Le sang, incolore ou d'un blanc bleuâtre pâle, circule dans ce système. Le cœur est constitué d'une oreillette (qui peut être divisée en deux) recevant le sang des branchies, et d'un ventricule musculaire qui propulse ce sang dans les artères du corps. Au niveau des capillaires des artères, le sang se réunit à nouveau dans les veines et circule une seconde fois (**Baudelot, 1863**).

2.5.4. Appareil sensorial

La perception des stimulations s'effectue grâce à des organes sensoriels spécialisés, tels que les statocystes et les yeux, ainsi que par des cellules tactiles réparties sur l'ensemble du corps. Ces cellules sont particulièrement concentrées dans les zones à haute sensibilité, notamment la tête, les bords du pied, et parfois les bordures du manteau (**Bellala, 2013**).

2.5.5. Appareil génital

L'escargot est hermaphrodite, et son appareil génital complexe occupe une grande portion de la cavité viscérale. Il se compose d'une première section hermaphrodite, d'une section intermédiaire qui inclut les voies mâle et femelle, et d'une partie terminale où ces deux voies se rejoignent pour former un orifice génital commun (**Djatita, 2019**) (**Fig .6**).

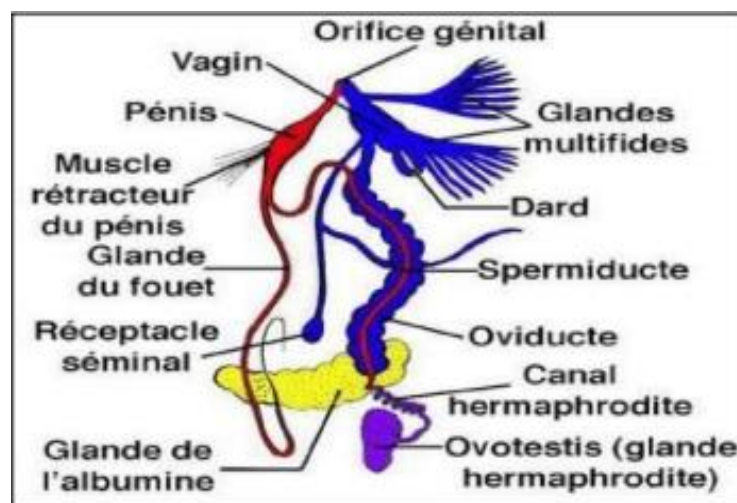


Figure 6 : l'appareil génital de l'escargot (**Boue et Chaton, 1971**)

2.5.6. Système nerveux

Les escargots et les limaces ont un système nerveux bien développé (**Kerney et Cameron, 2006**). Le système nerveux des gastéropodes comprend une paire de ganglions cérébroïdes situés au-dessus de l'œsophage, reliés entre eux par une courte commissure, et émettant des nerfs sensoriels. Sous l'œsophage, on trouve deux paires de ganglions : les ganglions pédieux, situés près du tube digestif et reliés par une commissure sous-œsophagienne, qui innervent le pied, et les ganglions pleuraux ou palléaux, situés plus latéralement, qui envoient des nerfs aux côtés du corps et à tout le manteau. (**Boue et chaton, 1971**) (Fig .7).

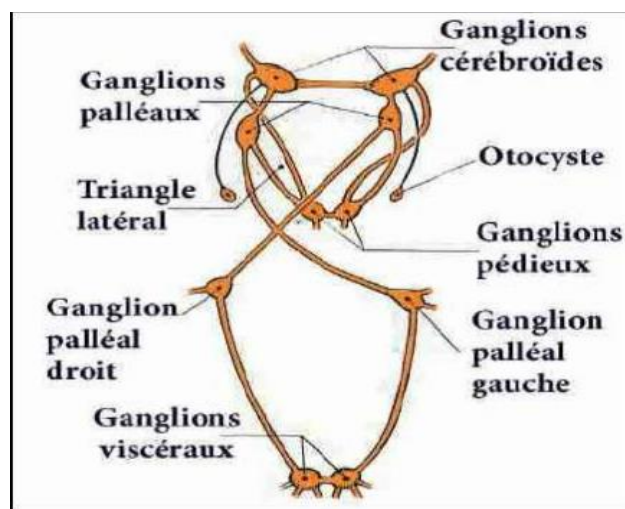


Figure 7 : Système nerveux d'un escargot (**Meglitsch, 1974**).

2.5.7. Appareil respiratoire

L'appareil respiratoire des gastéropodes comprend un orifice respiratoire (pneumostome) qui relie le milieu extérieur à la cavité palléale, dans laquelle l'air pénètre. La paroi supérieure de cette cavité, également appelée toit du poumon, est tapissée d'un vaisseau sanguin qui facilite les échanges gazeux entre l'air et le sang. Malgré sa simplicité, la cavité palléale fonctionne comme un véritable poumon (**Théron et Vallin ,1998**) (Fig .8).

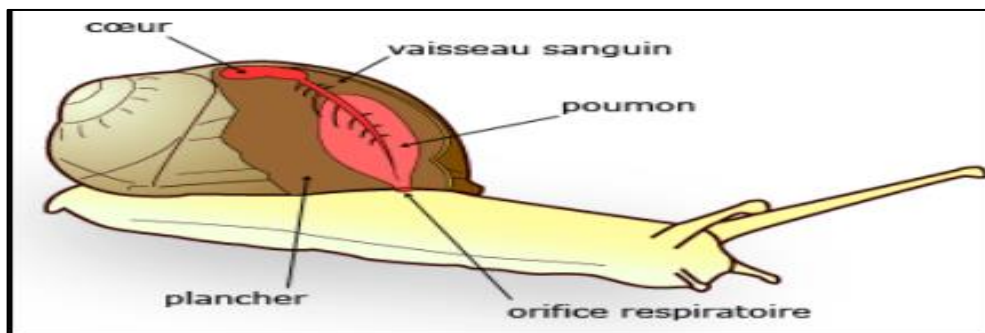


Figure 8 : Appareil respiratoire de l'escargot SITE(3).

2.5.8. Appareil excréteur

L'appareil excréteur des gastéropodes, qui prend naissance dans la cavité péricardique et se termine par un orifice excréteur situé près de l'anus et du pneumostome, présente une asymétrie en raison de l'enroulement de la masse viscérale, ce qui entraîne la disparition d'un rein. Ainsi, il ne subsiste qu'un seul rein, appliqué contre le péricarde (**André, 1968**) (**Fig .9**).

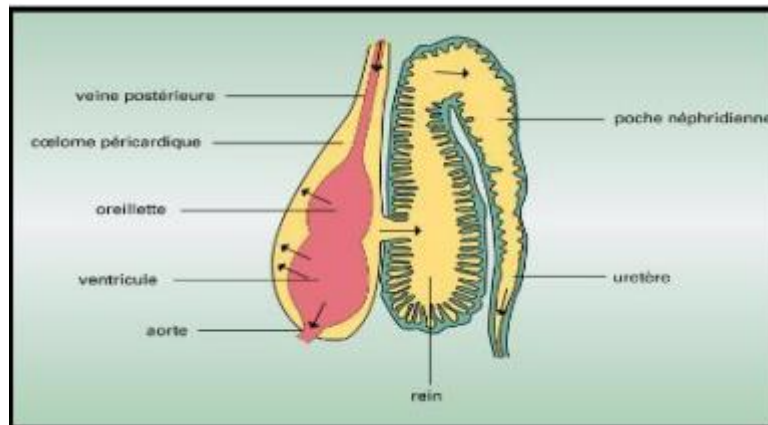


Figure 9 : Schéma de l'appareil excréteur d'un escargot (**Daguzan, 1985**).

2.6. Biologie et écologie des gastéropodes terrestres

2.6.1. L'habitat des gastéropodes terrestres

Les gastéropodes sont particulièrement ubiquistes, car ils occupent des milieux aquatiques marins, dulcicoles et terrestres. Les préférences ou exigences écologiques des gastéropodes terrestres varient considérablement d'une espèce à l'autre. Les forêts représentent généralement des habitats très riches, accueillant une grande diversité d'espèces, que l'on peut également retrouver dans des environnements tels que les jardins, les haies ou les friches (**Vernal et Leduc, 2000**).

Les zones pelouses ou rocailleuses abritent également des espèces spécifiques, adaptées à ces milieux particuliers (**Cobbinah et al., 2008**) (**Fig .10**).



Figure 10 : Différents habitats des gastéropodes terrestres (photo originale, 21 février 2025).

2.6.2. Reproduction chez les gastéropodes terrestres

Tous les gastéropodes pulmonés sont hermaphrodites, chaque individu possédant à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles. Cependant, la reproduction nécessite un accouplement croisé (Lévêque, 1971).

Salgueiro et Reyss (2002) précisent que cet hermaphroditisme est simultané (ou synchrone), une caractéristique qui peut être vue comme une adaptation de la reproduction sexuée à des modes de vie ou des milieux contraignants. Cela est particulièrement pertinent pour les animaux vivant en milieu terrestre, où ils sont sensibles à la déshydratation, limitant ainsi les contacts entre individus de la même espèce.

✓ Accouplement

Lors de l'accouplement, chaque individu transfère son sperme à l'autre. Aucun cas de reproduction asexuée n'a été observé, bien que certaines espèces soient capables d'autofécondation (Kerney et Cameron, 2006). Un escargot peut s'accoupler avec plusieurs partenaires. Une fois fécondée, la glande hermaphrodite subit une modification, et la partie femelle se développe. (Battaglia, 2006).

Selon Boué et Chaton (1971), les mâles déposent des spermatophores qui sont stockés dans le réceptacle séminal jusqu'à la maturation des ovules.

✓ Ponte

L'intervalle entre l'accouplement et la ponte varie. Dans des conditions constantes de température et d'hygrométrie (20°C et 85%), la durée moyenne est de 10 à 15 jours

(PIRAME ,2003). Pour pondre, l'escargot creuse un « nid de ponte » dans la terre ou le sable. Le processus de ponte dure entre 12 et 48 heures (Cobbinah *et al.*, 2008).

Le nombre d'œufs par ponte varie généralement entre 20 et 50 pour les grandes espèces, mais peut parfois atteindre 100 à 120 pour les petites espèces (Pirame, 2003 ; Kerney et Cameron, 2006).

Les œufs, de forme sphérique et d'environ un millimètre de diamètre, sont enveloppés d'une coquille résistante. Ils sont expulsés par l'orifice génital (Boué et chaton, 1971) (Fig .11).



Figure 11 : Schéma d'un Petit-Gris en position de ponte (Ponder, 1977).

✓ **Incubation-éclosion**

Dès les premiers jours d'incubation, l'embryon commence à former une coquille protéique, qui se calcifie progressivement au fil de son développement. En conditions naturelles, la durée d'incubation varie entre 15 et 30 jours. L'éclosion se produit lorsque l'embryon rompt la membrane de l'œuf, qu'il consomme ensuite. Le nouveau-né remonte alors à la surface du sol ; il pèse entre 10 et 40 mg, mesure de 2 à 4 mm de diamètre, et est déjà capable de s'alimenter (Pirame, 2003).

La vitesse de développement embryonnaire et la date d'éclosion dépendent étroitement des conditions climatiques, en particulier de la température. Les œufs pondus en hiver nécessitent entre deux et quatre mois pour se développer. Ils présentent une meilleure résistance au gel que les adultes, ce qui en fait le stade le plus adapté à l'hibernation. En

revanche, durant l'été, leur développement est beaucoup plus rapide et s'achève généralement en deux à quatre semaines (**Anonyme, 2002**).

✓ **La fécondation**

La rencontre des gamètes s'effectue dans la chambre de fécondation, située à l'extrémité distale du canal hermaphrodite. Le spermatozoïde ne présente pas de zone spécifique de pénétration sur l'ovocyte (**Raven, 1958**), et bien que la polyspermie puisse se produire, les spermatozoïdes excédentaires sont rapidement désintégrés (**Garnault, 1988**). L'escargot est capable de stocker le sperme reçu pendant près d'une année, bien qu'il pondre généralement ses œufs quelques semaines seulement après la fécondation (**Gomot et Enée, 1980**).

✓ **Ovulation**

Au moment de l'ovulation, qui se produit peu avant la fécondation, les ovules sont libérés dans de nombreux tubules (ou acini) qui composent l'ovotestis et qui sont connectés au canal hermaphrodite. L'ovulation est induite par des sécrétions extraites du cerveau qui contiennent un facteur induisant des mouvements amiboïdes dans les ovocytes isolés *in vitro* (**Saleudin et al., 1983**).

2.7. Développement embryonnaire, flexion et torsion

2.7.1. Flexion

Une flexion du corps résulte d'une croissance inégale entre les faces dorsale et ventrale. La face dorsale se développe en formant une bosse dans laquelle l'intestin s'insinue, adoptant une forme en U (**Grassé et Doumenc, 1995**). Cette courbure, dite flexion endogastrique, est causée par le développement en hauteur de la masse viscérale dans l'axe dorso-ventral, rapprochant ainsi les deux extrémités du tube digestif : la bouche à l'avant et l'anus à l'arrière (**Bouaziz, 2017**).

2.7.2. Enroulement

La masse viscérale s'enroule sur elle-même au cours du développement, mais cet enroulement n'affecte pas le tube digestif, qui conserve son organisation initiale (**Amroun, 2006**).

2.7.3. Torsion

Chez les gastéropodes, une torsion de 180° affecte l'ensemble des organes internes, entraînant un déplacement de la cavité palléale de l'arrière vers l'avant du corps, tandis que les structures antérieures se retrouvent orientées vers l'arrière. Ce phénomène s'accompagne d'un croisement des parties post-céphaliques du système nerveux. La torsion, qui survient au stade larvaire véligère, est un processus soudain et rapide, ne durant que quelques minutes (Amroun, 2006) (Fig .12).

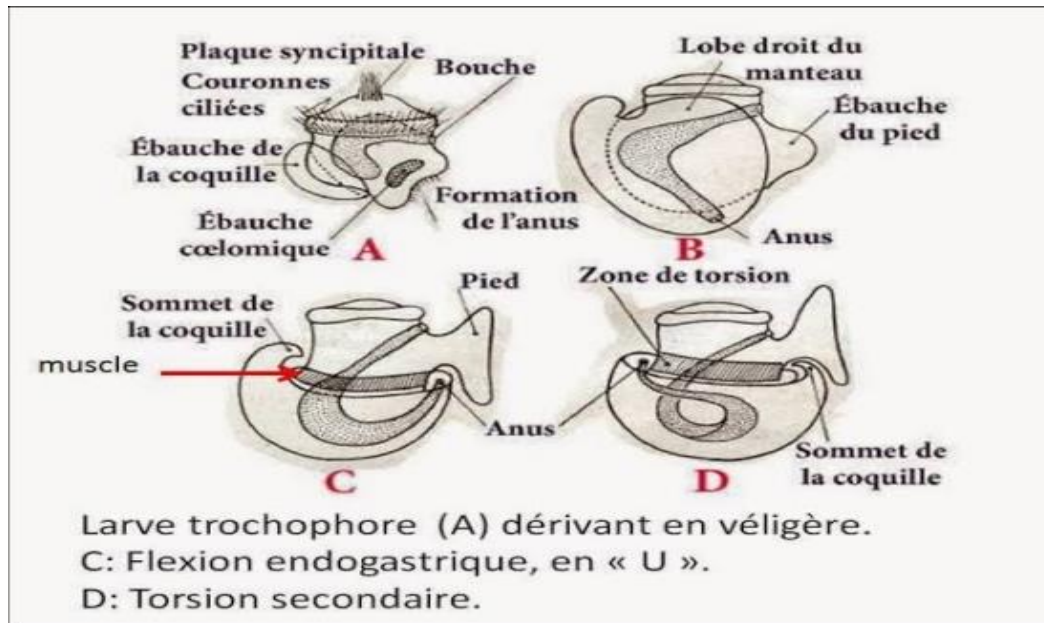


Figure 12 : Schéma de la flexion, de l'enroulement et de la torsion des gastéropodes (Grassé et Doumenc, 1995).

2.7.4. Croissance

Chez les gastéropodes, la croissance se manifeste selon deux dimensions : un allongement accompagné d'un enroulement en spirale autour de l'axe columellaire, ainsi qu'un épaissement calcique de la coquille. Pour de nombreuses espèces, la maturité sexuelle est atteinte vers l'âge d'un an. Toutefois, chez les grandes espèces de limaces et d'escargots, cette maturité peut survenir entre deux et quatre ans, tandis que chez les espèces de petite taille, plusieurs générations peuvent se succéder au cours d'une même année. L'atteinte de la maturité se traduit généralement par un arrêt de la croissance et la formation d'un épaissement autour du péristome. Chez les espèces qui ne présentent pas cet épaissement, ainsi que chez les limaces, la taille des individus et surtout l'observation de l'accouplement constituent les meilleurs indicateurs de la maturité sexuelle (kerney et Cameron, 2016).

2.8. Longévité et mortalité des escargots

Les escargots peuvent vivre plus de cinq ans, mais dans la nature, leur espérance de vie dépasse rarement trois ans en raison des parasites et des prédateurs. En revanche, en captivité, leur longévité est nettement supérieure, pouvant atteindre entre 10 et 15 ans. Parfois, certains escargots peuvent vivre jusqu'à 30 ans (**Pirame, 2003**).

La mortalité est particulièrement élevée durant les premiers stades de la vie des escargots. Les œufs, dépourvus de toute protection parentale, sont exposés aux aléas climatiques, aux parasites et aux prédateurs. De ce fait, seule une faible proportion probablement 5 % ou moins atteindra le stade adulte. Chez les petites espèces, de nombreux individus adultes meurent après la ponte, bien qu'ils puissent vivre au-delà d'un an ; quelques-uns survivent toutefois jusqu'à une seconde saison. (**kerney et Cameron, 2006**).

2.9. Rythme d'activité des escargots

Les gastéropodes pulmonés terrestres, étant des animaux à sang froid, ne peuvent pas réguler leur température corporelle. Cela les oblige à s'adapter aux fluctuations de la température en alternant régulièrement entre phases d'activité et d'inactivité. Leur rythme de vie est ainsi influencé par le cycle jour-nuit, les conditions météorologiques (pluie ou beau temps) et les variations saisonnières. Lorsque ces mollusques sont confrontés à des conditions environnementales particulièrement défavorables, comme la sécheresse ou des températures extrêmement basses, leur croissance peut ralentir, voire s'arrêter complètement. Pour faire face à ces variations, l'escargot dispose de deux rythmes d'activité : un rythme quotidien et un rythme saisonnier (**Yves et Ganga, 1997**).

2.9.1. Activité journalière

L'activité journalière d'un escargot est en étroite relation avec la photopériode. En effet, pendant la journée, lorsque les conditions hygrométriques et thermiques sont défavorables, ses activités (locomotion, reproduction et alimentation) sont pratiquement inexistantes. En revanche, la nuit, l'escargot reprend ses activités, profitant de la fraîcheur nocturne pour sortir de sa coquille et chercher de la nourriture. Cette phase d'activité dure généralement environ six heures, tandis que la période d'inactivité s'étend sur environ 18 heures.

Le mode de vie des limaces et des escargots est fortement influencé par leur besoin d'éviter la dessiccation. Ils sont plus actifs la nuit, ou lorsqu'il pleut ou par temps humide. Cette activité nocturne leur permet non seulement de limiter la déshydratation, mais aussi d'échapper à un plus grand nombre de prédateurs, car, lorsqu'ils sont exposés en pleine journée, ils n'ont pas la capacité de fuir rapidement (**Kerney et Cameron, 2006**).

2.9.2. Activité saisonnières

Les escargots sont des animaux à sang froid, ce qui signifie qu'ils ne régulent pas leur température corporelle. Cependant, cette incapacité à contrôler leur température reste fonctionnelle uniquement dans certaines limites. Par ailleurs, un autre mécanisme leur permet de s'adapter aux variations d'humidité. En cas de conditions extrêmes, telles que la chaleur excessive, la sécheresse ou le froid, les escargots peuvent entrer en période de survie. Ils se rétractent alors dans leur coquille et sécrètent parfois une membrane protectrice, appelée épiphragme, à l'ouverture de celle-ci. Cette phase correspond à une vie ralentie, désignée sous le nom d'« estivation » dans les régions tropicales, et d'« hibernation » chez les escargots européens, pour lesquels le froid représente un facteur limitant (**Codjia et al., 2002**).

2.10. Alimentation des gastéropodes

L'alimentation des escargots varie selon les espèces. Certains sont phytophages, détritivores, nécrophages, tandis que d'autres sont prédateurs, voire cannibales. Ces mollusques peuvent causer des dommages aux plantes cultivées dans les jardins, entraînant parfois des pertes importantes de récoltes. Les escargots phytophages abritent dans leur intestin une flore bactérienne qui aide à la digestion des végétaux. Ces bactéries survivent pendant l'estivation ou l'hibernation en se nourrissant du mucus produit par l'épithélium intestinal (**Cappuccio, 2011**).

toutefois, les escargots évitent généralement les plantes à feuilles velues ou celles produisant des substances chimiques toxiques, comme la noix médicinale *Jatropha curcas* (**Cobbinah et al., 2008**). Ces mollusques sont capables d'adapter leur régime alimentaire en fonction des conditions environnementales et de leurs préférences individuelles (**Belhiouani, 2019**). Par exemple, les *Testacella* se nourrissent principalement de vers de terre, tandis que d'autres espèces, telles que les *Zonitidae* et les *Vitrinidae*, consomment d'autres mollusques, voire leurs propres œufs en période de stress. (**Kerney & Cameron, 2006**).

Il est à souligner que l'escargot possède une grande capacité d'adaptation et peut modifier son alimentation afin d'assurer sa survie (Cheriti, 2022 ; Walker *et al.*, 2024) (calcique de la coquille. Pour de nombreuses espèces, la maturité sexuelle est atteinte vers l'âge d'un an. Toutefois, chez les grandes espèces de limaces et d'escargots, cette maturité peut survenir entre deux et quatre ans, tandis que chez les espèces de petite taille, plusieurs générations peuvent se succéder au cours d'une même année. L'atteinte de la maturité se traduit généralement par un arrêt de la croissance et la formation d'un épaissement autour du péristome. Chez les espèces qui ne présentent pas cet épaissement, ainsi que chez les limaces, la taille des individus et surtout l'observation de l'accouplement constituent les meilleurs indicateurs de la maturité sexuelle (kerney et Cameron, 2016) (Fig .13).



Figure 13 : besoin alimentaires (végétation) des escargots (photo originale, 2025)

2.11. Influence des paramètres externes sur les gastéropodes terrestres

Dans l'environnement, certains facteurs influencent sur le comportement des gastéropodes les principaux paramètres sont la température, l'humidité, la lumière et énergie solaire, le vent et la nature de sol.

2.11.1. Température

Les escargots ne contrôlent pas leur température corporelle, leurs fonctions physiologiques dépendent directement de la température ambiante. Lorsque celle-ci dépasse un certain seuil, l'activité de l'escargot est réduite, que ce soit par un ralentissement ou une suspension de ses fonctions (Cobbinah *et al.*, 2008). Des températures trop basses peuvent provoquer la congélation des tissus, tandis que des températures élevées entraînent la coagulation de ceux-ci.

2.11.2. Humidité

Les escargots préfèrent un taux d'humidité de l'air élevé, compris entre 80 et 90 %. Ils sont ainsi plus actifs pendant les périodes humides de la journée et durant la nuit. En dehors de ces périodes humides, ils cherchent refuge sous la végétation naturelle ou sous des matériaux artificiels qui remplissent des fonctions similaires (**Stievenant et Hardouin 1990**).

2.11.3. La lumière et énergie solaire

Certaines espèces détectent la diminution de la lumière à travers leur tégument, plutôt qu'à l'aide de leurs yeux. Les pulmonés, qui sont généralement nocturnes, évitent fréquemment une lumière trop intense. L'effet de la lumière sur leur comportement est souvent en complémentarité avec celui de la température (**Pelseneer, 1935**).

2.11.4. Le vent

Les vents sont importants pour les organismes, comme agents de transport et de dispersion, comme force destructive et d'érosion, et comme facteurs qui influencent profondément le climat local et les conditions météorologiques.

Le vent accélère la déshydratation des escargots (**Cobbinah et al., 2008**). Un vent violent stimule l'évaporation, refroidit la peau du gastéropode et accélère sa déshydratation. Ainsi, un vent très fort peut induire des périodes d'estivation temporaires en augmentant le pouvoir desséchant de l'air. En revanche, un vent léger est bénéfique, car il transporte les arômes des plantes vers l'escargot. Ce dernier, restant toujours humide, ne supporte que des brises légères. Il cherche donc refuge dans des endroits protégés du vent, orientant généralement son ouverture vers le sud ou l'ouest. Par ailleurs, le vent est également considéré comme un facteur de dispersion pour les petites espèces. De manière générale, les densités d'escargots sont plus élevées dans les milieux ouverts (**Damerdji et Benyoucef, 2006**).

2.11.5. Nature du sol

Le sol constitue un élément fondamental de l'habitat des escargots. Sa composition, sa teneur en eau ainsi que sa texture jouent un rôle déterminant dans leur survie. La coquille des escargots est majoritairement formée de calcium, un élément qu'ils puisent directement dans le sol. C'est également dans ce milieu qu'ils trouvent l'eau nécessaire à leur métabolisme. En

période sèche, les escargots creusent le sol afin d'y déposer leurs œufs ou pour s'y abriter (Cobbinah, 2008). La nature du sol représente ainsi un facteur écologique clé : de nombreuses espèces manifestent une nette préférence pour les sols riches en calcium (Kerney et Cameron, 2006). Il est donc essentiel que le sol soit léger, bien drainé, et présente une teneur élevée en calcium et en humidité (Cobbinah, 2008).

Les sols acides sont défavorables aux escargots, car leur acidité peut entraver le développement de la coquille. Les escargots vivant sur ces sols présentent une coquille plus fine et plus fragile, bien que leur taille ne soit généralement pas affectée (Kerney et Cameron, 2006). En revanche, les sols riches en matières organiques favorisent la croissance et le développement des escargots (Cobbinah, 2008). Quant aux limaces, qui ne possèdent pas de coquille, elles compensent cette absence par leur capacité à s'enfoncer profondément dans le sol, parfois jusqu'à une profondeur d'un mètre ou plus (Kerney et Camron, 2006).

2.12. Dégâts des escargots

Les gastéropodes terrestres, comme tout organisme de la biocénose, ont des relations intra et interspécifiques. Ils occupent une place dans les chaînes trophiques autant que des prédateurs surtout des cultures, des proies de plusieurs espèces et comme des vecteurs de certains parasites.

Les escargots présentent plusieurs inconvénients, tant pour la végétation que pour la santé humaine. Sur le plan agricole, ils sont considérés comme de redoutables ravageurs, causant d'importants dégâts aux cultures. Par ailleurs, ils peuvent également représenter un risque sanitaire, en agissant comme hôtes intermédiaires de parasites susceptibles de nuire à la santé humaine (Lambion, 2005).

2.12.1. Ravageur

Les escargots représentent une menace pour les cultures potagères, en s'attaquant aux légumes et aux herbes. Ils peuvent occasionner des dégâts importants, étant capables de consommer jusqu'à 40 % de leur propre poids. Ces mollusques se nourrissent principalement de jeunes plants, de racines et de tubercules, laissant derrière eux de larges perforations dentelées ainsi que des traînées argentées et visqueuses, visibles surtout sur les feuilles des légumes et des herbes (Anonyme, 2009).

Les dommages causés par les mollusques sont facilement observables, notamment à travers les perforations caractéristiques laissées sur les plantes infestées. Ces blessures réduisent significativement la capacité de photosynthèse, ce qui freine la croissance des végétaux. Dans le cas des semis, les attaques peuvent entraîner la perte totale des plants. Concernant les légumes, les produits maraîchers, les fleurs ainsi que les fruits frais ou secs, même une infestation légère peut engendrer des pertes économiques importantes. En effet, ces produits, bien que peu endommagés, perdent souvent toute leur valeur commerciale (Steinmetz, 2002).

2.12.2. Parasitisme

Parallèlement à leur rôle écologique, les gastéropodes jouent un rôle économique et sanitaire significatif. Récoltés dans le monde entier pour leur chair comestible, certaines espèces — en particulier les gastéropodes d'eau douce — sont aussi des vecteurs de maladies humaines. Ils servent d'hôtes intermédiaires à des parasites tels que les douves du foie et du sang, responsables de maladies comme la schistosomiase, affectant des millions de personnes dans les régions tropicales (Bernard, 2011).

Les mollusques terrestres sont souvent une cible de divers agents parasitaires, tels que les bactéries, les acariens, les nématodes et les trématodes (Vermeij, 1993 ; Barker, 2004).

Selon Grewal *et al.* (2003), les nématodes représentent les principaux parasites des gastéropodes terrestres. Ces derniers peuvent servir d'hôtes intermédiaires ou définitifs, notamment par le biais d'un phénomène appelé nécromancie (Lockyer *et al.*, 2004 ; Petersen *et al.*, 2015). Certains parasites sont capables de manipuler le comportement ou l'apparence des escargots. C'est le cas de *Leucochloridium* spp., qui infecte les escargots en s'installant dans leurs tentacules, qu'il modifie pour imiter l'apparence de chenilles fluorescentes. Cette transformation rend les gastéropodes plus visibles et attractifs pour les oiseaux prédateurs, qui constituent l'hôte définitif du parasite (Wesolowska et Wesolowski, 2014).

2.12.3. Prédation

Les gastéropodes terrestres subissent une forte pression de prédation, allant des gastéropodes carnivores, jusqu'à l'homme (Barker, 2004). La prédation des gastéropodes terrestres par les reptiles est une interaction écologique fréquente mais souvent négligée dans

l'étude de la régulation des populations de mollusques. Bien que plusieurs groupes de reptiles, notamment les lézards, tortues et crocodiliens, consomment des mollusques, ils sont généralement considérés comme des prédateurs généralistes plutôt que spécialisés (**Laporta-Ferreira et Salomao, 2004**). Par comparaison, les études sur les oiseaux et les mammifères montrent que ces groupes incluent relativement peu de gastéropodes dans leur alimentation, ceux-ci étant moins représentés que d'autres types de proies comme les arthropodes (**Allen, 2004**).

2.13. Intérêt et utilisation des escargots

Les escargots, lorsqu'ils sont présents en quantité normale, jouent un rôle écologique essentiel. Ils se nourrissent de cadavres d'animaux et de déchets végétaux, qu'ils réduisent en petits morceaux, devenant ainsi l'un des premiers maillons de la chaîne de décomposition de la matière organique. Cette activité contribue à la minéralisation des substances organiques et à la formation de l'humus, ce qui bénéficie directement aux cultures agricoles (**Stievenart et Hardouin, 1990**).

2.13.1. Intérêt économique

Dans les temps préhistoriques, les humains consommaient la chair d'escargot, qui est riche en protéines (12-16%) et en fer (45-50 mg/kg). De plus, cette chair contient presque tous les acides aminés essentiels nécessaires au corps humain. Cependant, elle est pauvre en lipides (**Cobbinah et al., 2008**).

La viande des escargots constitue une part importante de l'alimentation humaine (**Aubert, 1998**), notamment dans les régions forestières d'Afrique du l'Ouest telles que le Ghana, Nigeria et Cote d'Ivoire (**Cobbinah et al., 2008**). En outre, le commerce international d'escargots connaît une forte croissance, particulièrement en Europe et en Amérique du Nord.

L'élevage d'escargots est devenu nécessaire pour deux raisons principales : d'une part, pour compenser les déficits saisonniers de disponibilité d'escargots, et d'autre part, pour garantir la pérennité de l'espèce en la protégeant des pressions dues aux activités humaines (**Selloum, 2013**).

2.13.2. Intérêt écologique

✓ Bio-indicateur de la qualité du sol

Vu la dégradation des écosystèmes due à la croissance démographique et à la pollution, **De Vaufleury (2012)** souligne l'importance de définir des indicateurs pertinents pour détecter les perturbations du sol, en suivre les transformations et évaluer leurs effets sur les écosystèmes. Ces indicateurs sont essentiels pour mettre en œuvre des actions efficaces de protection et de gestion environnementale. Les gastéropodes terrestres (ex. escargots) sont largement utilisés pour évaluer la qualité des écosystèmes terrestres, notamment en contexte de pollution métallique. Leur pertinence repose sur plusieurs caractéristiques :

- Forte biomasse dans les communautés d'invertébrés terrestres.
- Position écologique stratégique : à l'interface entre le sol, les plantes et l'atmosphère.
- Exposition multiple aux contaminants (sol, plantes, air).
- Capacité de bioaccumulation élevée pour divers métaux lourds (cadmium, cuivre, plomb, zinc...).
- Sensibilité physiologique mesurable : croissance, reproduction, mortalité affectées.
- Rôle dans le réseau trophique, contribuant au transfert des polluants vers les prédateurs (**Gimbert, 2006**).

✓ Bio-indicateur de la pollution

Les escargots sont connus pour leurs grandes capacités d'accumulation des ETM qui passent du sol à l'animal par différentes voies (ingestion, respiration ou cutanée) (**Gimbert, 2006**).

L'étude de la glande digestive (hépatopancréas) des escargots a révélé une accumulation significative de métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans différentes parties de leur corps : la glande digestive est particulièrement riche en cadmium (Cd), plomb (Pb) et zinc (Zn), le tube digestif présente des concentrations élevées de Cd et Zn, tandis que la coquille contient du plomb (Pb) mais en plus faible densité. Cette capacité d'accumulation a permis d'utiliser les escargots comme bio-indicateurs de pollution. Cependant, il est important de noter que l'être humain peut également être exposé à ces éléments toxiques (ETM) à travers la consommation de ces gastéropodes.

2.13.3. Intérêt médical et thérapeutique

Les mollusques, qu'ils soient terrestres ou marins, sont utilisés depuis l'Antiquité à des fins thérapeutiques et cosmétiques. Leur emploi dans le traitement des brûlures et des douleurs d'estomac est bien documenté (**Bonnemain, 2003**). De plus, l'usage de ces animaux dans le traitement des infections respiratoire et de la tuberculose est mentionné (**Reutter, 1916 ; Cadart, 1955**), ainsi de la maladie de la fertilité féminine (**Cranga et Cranga, 1991**).

Récemment, l'acide gras α -linoléinique, extrait des gastéropodes, a été utilisé dans le traitement des maladies cardiovasculaires (**Lanzman-Petithory, 2001**). De plus, la *Helix Pomatia* Agglutinine (HPA), une substance isolée de l'escargot terrestre *Helix pomatia*, est employée dans le dépistage précoce du cancer du sein (**Dwek et al., 2001**).

MATÉRIEL ET MÉTHODES



3. Matériel et méthodes

3.1. Présentation des sites d'étude

3.1.1. Situation géographique de la wilaya de Mila :

La wilaya de Mila (**Fig. 14**) est située dans le nord-est de l'Algérie, à une latitude de 36° 27' Nord et une longitude de 6° 16' Est. Elle se trouve à une altitude de 464 mètres (**Messai et al., 2011**), et à 73 km de la mer Méditerranée, cette wilaya fait partie de la région orientale de l'Atlas tellien, une chaîne de montagnes qui s'étend d'ouest en est sur l'ensemble du territoire nord du pays **SITE(3)**.

Son relief est caractérisé par des massifs montagneux telliens au Nord, une zone de piémonts et de collines constituant la région centrale du piémont sud tellien, et une zone de hautes plaines à une altitude moyenne de 800 à 900 m au Sud **SITE(7)**.

Elle couvre une superficie de 3 480,54 km², soit 0,14% de la superficie totale de l'Algérie Avec une population de 1 006 199 habitants, elle regroupe 32 communes et 13 daïras. Elle abrite des pôles économiques importants, notamment à Chelghoum Laid et Tadjenant, et possède une vocation principalement agricole et pastorale. Le siège de la wilaya se situe à 50 km de Constantine, à 100 km de Jijel et à 450 km d'Alger (**ANDI, 2013**).

La wilaya de Mila est limitrophe des wilayas suivantes :

- Au Nord-Ouest par la wilaya de Jijel.
- Au Nord -Est par la wilaya de Constantine et Skikda.
- Au Sud -Ouest par la wilaya de Sétif.
- Au Sud -Est par la wilaya D'Oum-El Boughi et Batna (**Aissaoui, 2013**).

De ce fait, j'ai choisi deux sites à Mila qui sont : Redjas et Ahmed Rachedi.

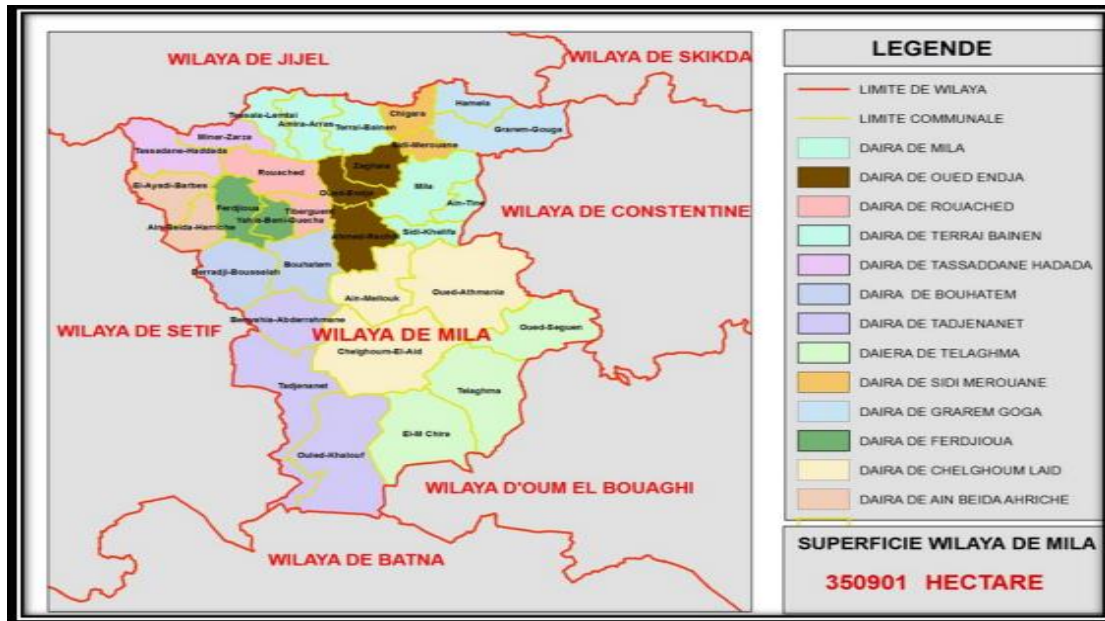


Figure 14 : Les limites territoriales de la wilaya de Mila SITE(6)

3.1.2. Présentation du site « Redjas » :

La commune de Redjas (Fig. 15), située au Centre-Nord de la wilaya de Mila en Algérie, se trouve à environ 15 km à l'Ouest de la ville de Mila, et est accessible par la route nationale RN°79. Elle est géographiquement localisée à la latitude 36.50000° N et la longitude 6.07139° E.

La commune de Redjas constitue le chef-lieu administratif, ainsi que plusieurs villages, dont Smara, Bouyeghed, Jnan El Borje, El Arsa, Mechta El Guedim, Kripsa, Seraghna et Chebchoub. La commune de Radjas est délimitée géographiquement par plusieurs communes voisines : au Nord par Amira Arrés, au Sud par Ahmed Rachedi et Mila, à l'est par Zeraia, et à l'Ouest par Rouached et Tiberguent. La commune s'étend sur une superficie de 53,39 km². Son altitude varie entre 210 et 580 mètres, avec une prédominance de plaines situées entre 300 et 450 m d'altitude. Le relief se compose principalement de collines et de plaines, ces dernières représentant la majeure partie du territoire communal. La morphologie du terrain est influencée par des formations rocheuses de résistance modérée, entraînant une fertilité hétérogène des sols, souvent soumise à une érosion hydrique marquée.

Le climat de la commune est caractérisé par une pluviométrie hivernale significativement plus élevée que celle de l'été, ce qui correspond à un climat méditerranéen avec une saison sèche estivale.

Les sols sont majoritairement constitués de terres brunes argileuses, avec une couverture végétale relativement limitée, ce qui peut influencer l'agriculture et la gestion des ressources naturelles dans la région (Kerdoud, 2006).

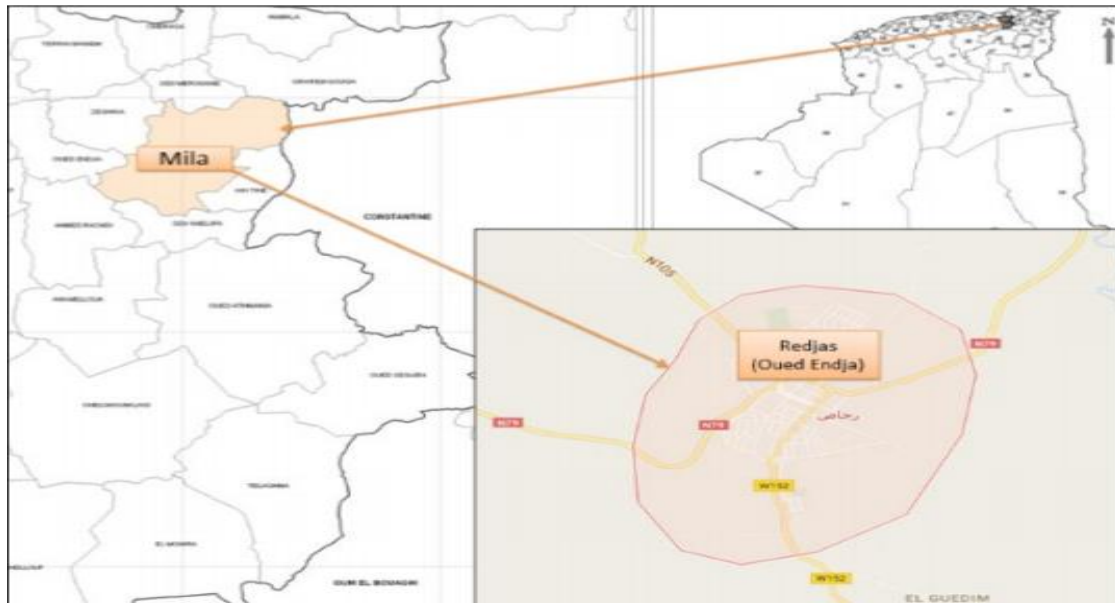


Figure 15 : Localisation géographique du site de Redjas SITE(4).

3.1.3. Présentation du site «Ahmed Rachedi» :

La commune d'Ahmed Rachedi (Fig. 16), occupe une position centrale au sein de la wilaya de Mila, Elle est géographiquement localisée à la latitude $36^{\circ} 23' 26''$ Nord, $6^{\circ} 07' 31''$ Est. Située à environ 26 kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Mila, elle relève administrativement de la daïra de Redjas, à laquelle elle est rattachée depuis 1984. S'étendant sur 2,58 % de la superficie totale de la wilaya, Son altitude varie entre 210 et 580m. Ahmed Rachedi est délimitée au Nord par la commune de Radjas, à l'Est par celles de Mila et de Sidi Khalifa, à l'Ouest par Tiberguent et Bouhatem, et au Sud par Aïn El Molouk.

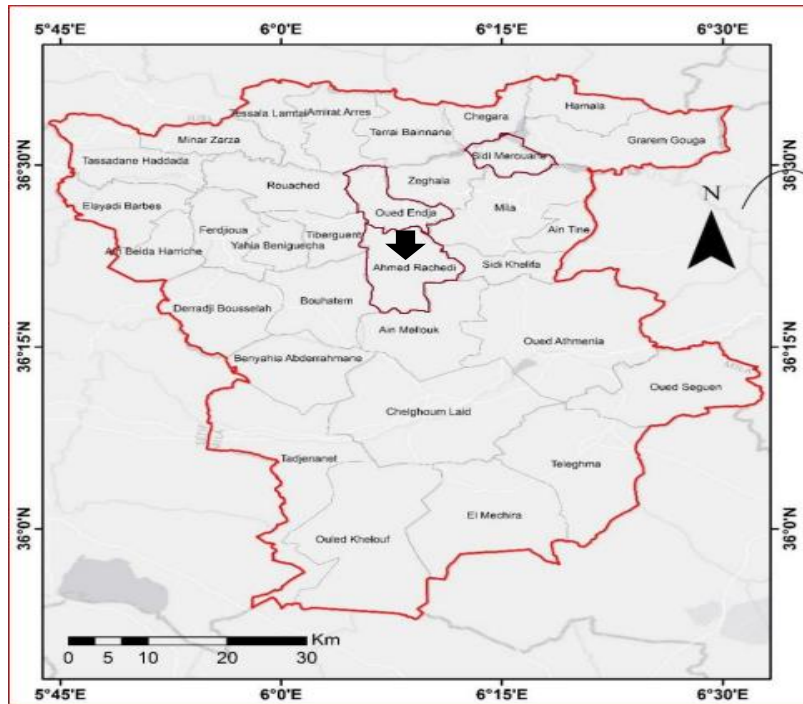


Figure 16 : Situation géographique de site Ahmed Rachedi (Kadjoudj, 2022).

3.2. Climatologie :

Le climat correspond à l'ensemble des conditions météorologiques moyennes observées sur une longue période dans une région donnée. Il joue un rôle fondamental dans la régulation et l'adaptation des caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux (Elkhatri, 2003).

La wilaya de Mila se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride (Tab. 1, 2), caractérisé par des étés chauds et secs, ainsi que des hivers froids et humides. La répartition des précipitations annuelles varie selon les zones : elle atteint entre 600 et 700 mm dans les régions montagneuses, oscille entre 400 et 600 mm dans la zone centrale, et descend jusqu'à environ 350 mm dans les parties méridionales de la wilaya SITE(7). Son régime climatique est principalement influencé par deux paramètres essentiels : les précipitations et la température (Boulbair & Soufane, 2011 ; Berkal & Elouaere, 2014).

Tableau 1 : Moyennes des paramètres climatiques enregistrés au cours de la période de 10 ans dans la région de Mila (Station Météorologique d'Ain Tin, 2025).

Les paramètres	Février	Mars	Avril	Mai
Température (C°)	9,16	11,33	14,53	19,83
Précipitation (mm)	99	96	55	51
Le vent (m/s)	22	18	18	17
Humidité (%)	76	72	70	63

3.3. Inventaire des gastéropodes pulmonés terrestres et clés d'identification

L'inventaire a été réalisé à partir d'un échantillonnage aléatoire mensuel des gastéropodes pulmonés terrestres, dans les deux sites d'étude. Les individus ont été collectés par prospection visuelle, principalement dans des biotopes propices à leur présence. Les recherches ont été effectuées pendant le temps doux et humide, particulièrement à l'aube ou au crépuscule, moments où l'activité de ces mollusques est généralement la plus intense.

L'ensemble des micros habitats susceptibles d'abriter des mollusques a été minutieusement exploré. Les prospections ont porté notamment sur les premières couches du sol, le revers des pierres, les fissures rocheuses, l'écorce des arbres tombés, la litière de feuilles mortes, ainsi que les fragments de bois (**Fig. 17**).



Figure 17 : Prélèvement direct des gastéropodes terrestres présents dans différents emplacements (**photos originale, 2025**).

Après la phase d'inventaire, les échantillons collectés ont été transportés au laboratoire pour le traitement. Les spécimens vivants ont été soigneusement lavés, triés, identifiés et dénombrés. Une fois ces opérations terminées, ils ont été relâchés dans leur milieu naturel. L'inventaire s'est déroulé entre février et mai 2025.

L'identification des espèces s'est révélée relativement complexe, malgré le fait que la majorité des gastéropodes puissent être déterminés à partir de leurs coquilles. Les principaux critères utilisés pour la reconnaissance spécifique incluent la taille, la forme et la coloration de la coquille, qui présentent toutefois des variations inter et intra spécifiques pouvant compliquer l'analyse taxonomique.

3.4. Biométrie des espèces :

La biométrie repose sur l'utilisation de caractéristiques physiques propres à chaque individu afin d'authentifier son identité. Pour être efficaces, ces caractéristiques doivent répondre à plusieurs critères, elles doivent être fiables, infalsifiables, universelles (présentes

chez tous les individus), uniques (différentes d'un individu à l'autre), permanentes (stables dans le temps), enregistrables et mesurables (Chantaf, 2011).

Chez les mollusques gastéropodes terrestres (escargots et limaces) inventoriés, des mesures biométriques ont été effectuées afin de mieux caractériser les individus. Le poids des escargots a été déterminé à l'aide d'une balance de précision Sortorius, avec une exactitude de 0,1 mg. Le diamètre (D) et la hauteur (H) des coquilles ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse digital, gradué au 1/10 mm (Fig. 18, 19, 20, 21). Ces paramètres biométriques constituent des indicateurs fiables de la croissance des individus.

Par ailleurs, l'identification des espèces a été réalisée en suivant les méthodes décrites par Bonnet *et al.* (1990) et Chevallier (1992), reposant notamment sur le nombre de bandes spirales visibles sur les coquilles ainsi que sur leur coloration spécifique.



Figure 18 : balance de précision Sortorius (photos originale, 2025)



Figure 19 : un pied à coulisse digital (photos originale, 2025)

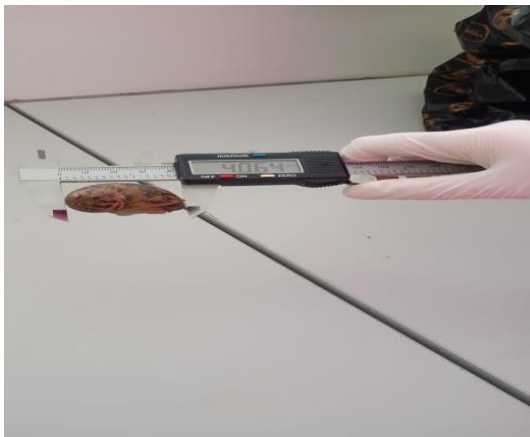


Figure 20 : Mesure du diamètre de la coquille chez l'escargot (photos originale, 2025).



Figure 21 : Mesure de la hauteur de la coquille chez l'escargot (photos originale, 2025).

3.5. Indices écologiques :

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu plusieurs indices écologiques afin d'analyser le peuplement des gastéropodes terrestres. Pour caractériser la composition spécifique, nous avons utilisé les indicateurs suivants : la richesse spécifique totale, la richesse moyenne, la fréquence centésimale et la constance. Concernant la structure du peuplement, nous avons eu recours à l'indice de diversité de Shannon-Weaver ainsi qu'à l'équitabilité (ou équirépartition).

3.5.1. Indices de composition :

Les indices de composition permettent de caractériser la diversité spécifique d'un peuplement en tenant compte du nombre et de la répartition des espèces présentes. Dans le cadre de cette étude, les indices suivants ont été utilisés :

✓ **Richesse spécifique (ou totale) (S) :**

Il s'agit du nombre d'espèces recensées dans la zone d'étude (dans notre cas la station de d'échantillonnage), Cet indice reflète la richesse spécifique d'un peuplement (**Blondel, 1975**).

✓ **Richesse moyenne (S') :**

La richesse moyenne correspond au quotient du nombre total d'individus enregistrés pour chaque espèce (K_i) sur le nombre total de relevés effectuées (**N**) (**Blondel, 1975**). C'est-à-dire:

$$S' = K_i / N$$

✓ **Fréquence centésimale (F) :**

La **fréquence centésimale** permet d'évaluer le statut d'une espèce (commune, rare ou très rare) dans une région donnée, en analysant sa distribution au sein de la zone d'étude (**Dajoz, 1985**) (**Tab. 2**). Elle se calcule selon la formule suivante :

$$F (\%) = (ni \times 100) / N$$

ni : le nombre d'individus de l'espèce prise en considération.

N : le nombre total d'individus.

Selon la valeur obtenue, on peut classer les espèces comme suit :

Tableau 2 : Catégorie de la fréquence (**Dajoz, 1985**).

Fréquence (%)	Catégorie
$F \geq 50 \%$	espèce fréquente (commune)
$25 \% \leq F < 50 \%$	espèce rare
$< 25 \%$	espèce ou très rare.

✓ **Constance (C) :**

Selon **Dajoz (2006)**, la constance ou fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés. Cet indice permet d'évaluer la régularité de présence d'une espèce au sein d'un milieu étudié, Elle se calcule selon la formule suivante :

$$(\%) = p / N \times 100$$

p : nombre de relevés contenant l'espèce.

N : nombre total de relevés effectués

Les espèces sont classées en fonction de la valeur de constance obtenue, selon les catégories définies dans **le Tableau 3** :

Tableau 3 : Catégories d'espèce selon la constance (C) (**Bigot et Bodot, 1973 ; Dajoz, 2006**).

Constance (%)	Catégorie
$C < 5\%$	Espèce rare
$5 \% \leq C < 25 \%$	Espèce accidentelle
$25 \% \leq C < 50 \%$	Espèce accessoire
$50 \% \leq C < 75 \%$	Espèce régulière
$75 \% \leq C < 100 \%$	Espèce constante
$C = 100 \%$.	Espèce omniprésente

3.5.2. Indices de structure :

Les indices écologiques de structure, nous informent sur la structure des populations de la malacofaune dans la région d'étude. Pour notre étude, nous utiliserons l'indice de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (E).

✓ **Indice de diversité de Shanon-Weaver (H') :**

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') mesure la quantité d'information que fournit un échantillon sur la structure du peuplement dont il est issu, notamment en ce qui concerne la répartition des individus entre les différentes espèces (**Daget, 1976**) ; cet indice mesure le degré de complexité d'un peuplement et permet d'évaluer la diversité de la faune dans un milieu donné et comparer entre les faunes de différents milieux même lorsque les nombres d'individus récoltés sont très différents (**Dajoz, 1985**).

Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces, dont la distribution d'abondance est équilibrée. Au contraire, Une valeur faible de cet indice correspond à un peuplement caractérisé par un faible nombre d'espèces pour un grand nombre d'individus, soit à un peuplement dominé par une seule espèce. Selon **Barbault (1974)**, l'indice de diversité de Shannon-Weaver est exprimé en **bits**, unité d'information binaire, et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \quad \text{où} \quad P_i = n_i/N \quad \text{Log}_2 P_i = \text{Log } p_i \times 3,322$$

- **H'** : Indice de diversité exprimé en bits.
- **P_i** : n_i/N (proportion d'une espèce "i" par rapport au nombre total d'espèces "N" dans le milieu d'études).
- **n_i** : Nombre d'individus de l'espèce "i".
- **N** : Effectif total des espèces récoltées.

✓ **Equitabilité (équirépartition) (E):**

l'équitabilité représente une deuxième dimension fondamentale de la diversité, en plus de la richesse spécifique. Elle est définie comme le rapport entre la diversité spécifique observée (H') et la diversité maximale théorique (H_{\max}), selon Pielou (1983). L'équitabilité permet d'évaluer à quel point les individus sont répartis de manière équilibrée entre les différentes espèces présentes dans un milieu. Elle est calculée à partir de l'indice de Shannon-Weaver selon la formule suivante :

$$E = H' / H_{\max} \quad \text{avec} \quad H_{\max} = \text{Log}_2(S)$$

- H_{\max} : Diversité maximale exprimée en bits.
- S : nombre d'espèces formant le peuplement.

L'équitabilité (E) est un indicateur qui permet de comparer la structure des peuplements. Elle varie de 0 à 1. Lorsque E tend vers 0, il exprime un déséquilibre entre l'effectif des différentes composantes présentes. Lorsque E tend vers 1, il montre que les espèces présentes sont en équilibre.

3.6. Inventaire floristique des sites d'étude :

Un inventaire floristique a été réalisé dans les sites d'étude afin de caractériser les types de végétation présents et d'identifier les espèces végétales associées aux habitats des gastéropodes. Cette analyse permet d'établir des liens entre la composition floristique et les conditions écologiques influençant la répartition des gastéropodes terrestres.

Les escargots sont des animaux phytophages, mangent d'une grande variété de végétaux trouvés dans la nature principalement de feuilles comme la laitue, mais il apprécie également les fruits et les légumes, les champignons, les pissenlits, les orties, le chou. Les escargots sont principalement actifs la nuit et en période de pluie, conditions favorables à leur déplacement et à leur alimentation à l'aide de leur radula. L'alimentation des escargots varie selon leur espèce. Dans les sites d'étude, on a recensé les espèces des végétaux, utilisées comme sources de nutrition par les escargots.

3.7. Analyses physico-chimiques des sols :

L'analyse physico-chimique des sols a été réalisée afin de mieux comprendre les conditions édaphiques influençant la répartition des gastéropodes terrestres dans les sites étudiés. Les paramètres mesurés comprennent notamment la texture, le pH, la teneur en

matière organique. Ces données permettent d'établir des relations entre les propriétés du sol et la diversité spécifique observée.

La région de Mila se caractérise par la présence de sols bruns clairs vertiques à structure argileuse, présentant une teinte brunâtre en surface et brun ocreux en profondeur. Ces sols se distinguent par une teneur élevée en potassium échangeable, mais sont pauvres en phosphore assimilable (**Berkal & Elouaere, 2014**).

Ils représentant les caractéristiques spécifiques suivantes :

- **Forte capacité de rétention en eau**, permettant une accumulation importante d'humidité,
- ✓ **Formation de fentes de retrait** durant les périodes de sécheresse,

Prélèvement des échantillons du sol

Les échantillons de sol ont été prélevés manuellement à l'aide d'une truelle, à une profondeur d'environ 20 cm. Pour chaque site d'étude, les prélèvements ont été réalisés en cinq points distincts répartis sur la surface du champ, afin d'assurer une bonne représentativité de l'échantillon global. Les sous-échantillons prélevés ont été homogénéisés afin de constituer un échantillon composite destiné aux analyses physico-chimiques en laboratoire. Ce dernier a été transporté au laboratoire, puis laissé à sécher à l'air libre sur du papier journal pendant plusieurs jours. Une fois le séchage complété, une grande partie de l'échantillon a été broyée, puis tamisée à travers un tamis de 2 mm.

3.7.1. Le pH du sol :

C'est la mesure par voie électro métrique de l'activité des ions H^+ présents dans la solution du sol, avec un rapport terre /eau normalisée (1/5 g /25 ml). Il varie généralement de 0 à 14, avec 7 étant neutre. Un pH inférieur à 7 indique un sol acide, tandis qu'un pH supérieur à 7 indique un sol alcalin.

❖ Méthode utilisée :

1. 5g de sol séché à l'aire et 25ml d'eau distillée ont été mis dans un bêcher de 50 ml.
2. Le mélange a été agité par un agitateur mécanique pendant une heure.
3. Laisser la solution reposer pendant 24 heures.

- Après étalonnage, l'électrode a été introduite avec précaution dans la suspension, et le pH a été mesuré à l'aide d'un pH mètre. On compare les valeurs du pH selon l'échelle de Gaucher (**Tab. 4**).

Tableau 4 : La gamme de pH des sols (Gaucher & Solter, 1981).

pH	Désignation des sols
3 – 4.5	Extrêmement acides
4.5 - 5	Très fortement acides
5 – 5.5	Très acides
5.5 – 6	acides
6 – 6.75	Faiblement acides
6.75 – 7.25	Neutres
7.25 – 8.5	alcalins
8.5	Très alcalins

3.7.2. La Conductivité électrique (CE) du sol :

La conductivité électrique est la mesure du degré de salinité du sol étudié. La détermination de la conductivité électrique se fait sur extrait de sol (un rapport terre /eau normalisée (1/5) (5g / 25 ml). La lecture se fait à l'aide d'un conductimètre (**Delaunoy, 1976**).

❖ Méthode utilisée :

- 5g de sol séché à l'air et 25ml d'eau distillée ont été mis dans un bêcher de 50ml.

2. Le mélange a été agité par un agitateur culbuteur pendant une heure.
 3. Laisser la solution reposer pendant 24 heures.
 4. Après étalonnage, l'électrode a été introduite avec précaution dans la suspension, et la conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre.
- les valeurs de la conductivité électrique du sol sont comparées à une échelle de salinité illustrée dans le **Tableau 5**.

Tableau 5 : Echelle de salinité du sol (Delaunois, 1976).

Conductivité électrique (mS/cm)	Salure
0 – 0.6	Non salé
0.6 – 1.4	Peu salé
4 – 2.4	salé
2.4 - 6	Très salé

3.7.3. L'humidité (texture) du sol :

Elle est réalisée selon **Gaucher (1968)** basée sur la méthode de saturation, qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (Y) et à le comparer à une échelle donnée (**Tab. 6**).

❖ **Méthode utilisée :**

1. Prendre 50g de sol .on imbibe d'eau, gout à gout, tout en mélangeant jusqu'à ce que la pâte soit luisante, et glisse doucement lorsqu'on incline le récipient, puis :
2. Peser une capsule vide (p1).
3. Prélever une quantité de pâte (sol mouillé) et la mettre dans la capsule puis on repese (p2).
4. Sécher à l'étuve à 150°C pendant 24 heures.

5. Peser une troisième fois la capsule à la sortie de l'étuve (p3), qui correspond au poids de la capsule vide + le poids du sol sec.

- La texture est mesurée selon la formule suivante :

$X1 = P2 - P3$ (poids de l'humidité).

$X2 = P3 - P1$ (poids du sol sec)

P1 : poids de la capsule vide (g).

P2 : poids de la capsule + sol mouillé (g).

P3 : correspond au poids de la capsule vide + le poids du sol sec après la sortie de l'étuve (g).

- Pour calculer le pourcentage d'humidité :

$X1$	→	$X2$ g de sol sec
Y	→	100 g de sol sec

- Enfin, on compare (**Y**) au tableau 3 suivant pour déterminer la texture.

Tableau 6 : Echelle de la texture (humidité) **Gaucher (1968)**

Pourcentage d'humidité (%)	Texture
< 12	Sableuse
12 - 24	Sablo-limoneuse
24 - 37,5	Limono-sableuse
37,5 - 45	Limono-argileuse
45 - 75	Argilo-limoneuse
75 <	Argileuse

3.7.4. Porosité (P) du sol :

La détermination de la porosité totale des petits agrégats de terre permet d'évaluer la porosité texturale, ou d'estimer la porosité minimale liée à l'assemblage des particules. La réduction observée de la porosité totale dans les blocs de terre est principalement attribuable à la présence de fissures et de canalicules ; cette portion spécifique de l'espace poral est

désignée sous le terme de porosité structurale. Celle-ci est caractérisée par deux paramètres fondamentaux : la densité apparente (D_a) et la densité réelle (D_r) (**Delaunois, 1976**).

✓ **Densité apparente (D_a) :**

1. Prélever un agrégat de sol d'une masse comprise entre 10 et 15 g. L'entourer ensuite d'un fil à coudre, dont le poids est considéré comme négligeable, puis le peser avec une balance de précision ; cette masse est notée (**P1**).
2. Plonger l'agrégat dans une solution de paraffine fondue pendant 5 à 10 minutes, afin d'assurer un enrobage uniforme. Une fois recouvert, retirer l'agrégat de la solution et le laisser refroidir légèrement, puis le peser à nouveau ; cette masse est notée (**P2**).
3. Enfin, immerger délicatement l'agrégat enrobé dans une éprouvette graduée de 100 ml contenant un volume initial d'eau distillée égal à 50 ml (**Vt**). Noter le nouveau volume après immersion, soit (**V2**), correspondant au volume total déplacé par l'agrégat enrobé de paraffine.

- La densité apparente « D_a » est calculée selon la formule suivante :

$\text{Densité apparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Masse de l'échantillon}}{\text{Volume de l'échantillon}}$

P1 : poids de l'échantillon

P2 : poids de l'échantillon + paraffine

V2 : volume du l'agrégat + paraffine

- ✓ **Densité réelle (D_r) :** exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol, la « D_r » représente la masse de solide / le volume du solide.

1. Dans une fiole de 50 ml, on met 50 ml d'eau distillée dégazée et on la pèse (p_1).
2. Dans la même fiole, on met 10g du sol et on complète avec l'eau distillée jusqu'au 50 ml et on la pèse (p_2).

P1 : poids de la fiole + l'eau distillée dégazé

P2 : poids de la fiole + l'eau distillée dégazée + le sol.

- La densité réelle est calculée par la formule suivante :

$$\text{Densité réelle (g/cm}^3\text{)} = \text{masse de sol} / \text{Volume du sol}$$

- Donc la porosité est exprimée par la formule suivante :

$$\text{Porosité (\%)} = 1 - \text{densité apparente} / \text{densité réelle} \times 100.$$

On compare les valeurs de la porosité du sol selon (Delaunoois, 1976) dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Classification des sols d'après leur porosité (Delaunoois, 1976).

Porosité (%)	Désignation des sols
<10	Porosité faible
10 – 20	Porosité assez faible
20 – 30	Porosité assez forte
> 30	Porosité forte

3.8. Traitement statistique des données :

Les données recueillies ont été traitées à l'aide du logiciel statistique Minitab (version 18). Les résultats sont présentés sous forme de moyennes accompagnées de leurs écarts-types ($m \pm s$).

RESULTATS



4. Résultats:

4.1. Inventaire des gastéropodes dans les sites d'étude :

Les résultats de l'inventaire des gastéropodes pulmonés terrestres, réalisé dans les deux stations d'étude entre février et mai 2025. Cet inventaire a permis d'identifier cinq (5) espèces distinctes, réparties en deux (2) familles malacologiques. La famille des Helicidae regroupe les espèces : *Cantareus aspersus* (*Helix aspersa*) (Müller, 1774), *Cantareus apertus* (*Helix aperta*) (Born, 1778), *Dupotetia alabastra zonata* (Pallary, 1926) et *Otala lactea* (Müller, 1774). La famille des Subulinidae est représentée par *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758).

L'identification et la classification des espèces ont été réalisées conformément aux critères proposés par Bonnet *et al.* (1990) et Chevallier (1992), reposant principalement sur l'observation du nombre de bandes spirales, ainsi que sur la couleur et la morphologie des coquilles. Une liste systématique des espèces recensées est fournie dans le Tableau 8 et la Figure 22.

Tableau 8 : Les espèces des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) (février - mai, 2025).

Famille	Espèces
Helicidae	<i>Cantareus apertus</i> (<i>Helix aperta</i>) (Borne, 1778)
	<i>Cantareus aspersus</i> (<i>Helix aspersa</i>) (Müller, 1774)
	<i>Otala lactea</i> (Müller, 1774)
	<i>Dupotetia alabastra zonata</i> (Pallary, 1926)
Subulinidae	<i>Rumina decollata</i> (Linnaeus, 1758)



Cantareus aspersus (Müller, 1774)



Cantareus apertus (Born, 1778)



Rumina decollata (Linnaeus, 1758)



Otala lactea (Müller, 1774)



Dupotetia alabastra zonata (Pallary, 1926)

Figure 22 : Les espèces des gastéropodes terrestres recensées dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) (février – mai, 2025) (Photo originale, 2025).

✓ **Structure des gastéropodes terrestres recensés dans les sites d'étude :**

La structure (%) des gastéropodes pulmonés terrestres recensés dans les sites : Redjas et Ahmed Rachedi est présentée graphiquement dans les Figures 23 et 24 Respectivement. On a récolté 244 individus de gastéropodes dans le site de Redjas et 208 individus dans le site d'Ahmed Rachedi (Tab. 9, 10) pendant 4 mois. Les résultats obtenus montrent que les espèces *Helix aspersa* et *Rumina decollata* présentent un pourcentage d'individus important dans les deux sites d'étude. L'espèce *Helix aspersa* présente un grand nombre total d'individus (125) dans le site de Redjas et (80) au niveau de Ahmed Rachedi avec un effectif élevé d'individu (51 à 38 %) respectivement dans les deux sites (Redjas et Ahmed Rachedi), suivie par l'espèce *Rumina decollata* (71) espèces recensés à Redjas et (65) à Ahmed Rachedi, elle présente un pourcentage d'individus se varie entre (29%) à Redjas et (31%) à Ahmed Rachedi. *H. aspersa* est l'espèce dominante dans les deux sites suivis par l'espèce *R.*

decollata. Pour l'espèce *otala lactea* le nombre d'individus totale est de (27) au niveau de Redjas et (28) dans le site Ahmed Rachedi, avec un effectif faible se varie entre (11%) à Redjas et (14%) à Ahmed Rachedi. *Dupotetia alabastra zonata* qui marque (23) individus (total) est l'effectif le plus faible (11%) dans le site d'Ahmed Rachedi et absente au niveau du site de Redjas.

Tableau 9 : Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Redjas (février – mai, 2025).

Mois/ Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Nombre total d'individus/4mois
<i>H. aspersa</i>	46	28	29	22	125
<i>H. aperta</i>	11	10	0	0	21
<i>R. decollata</i>	21	12	20	18	71
<i>O. lactea</i>	0	0	13	14	27
<i>D. a. zonata</i>	0	0	0	0	0
Nombre total d'individus/ mois	78	50	62	54	244

Tableau 10 : Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Ahmed Rachedi (février – mai, 2025).

Mois/ Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Nombre total d'individus/4mois
<i>H. aspersa</i>	25	29	15	11	80
<i>H. aperta</i>	12	0	0	0	12
<i>R. decollata</i>	22	13	20	10	65
<i>O. lactea</i>	0	0	13	15	28
<i>D. a. zonata</i>	0	0	12	11	23
Nombre total d'individus/ mois	59	42	60	47	208

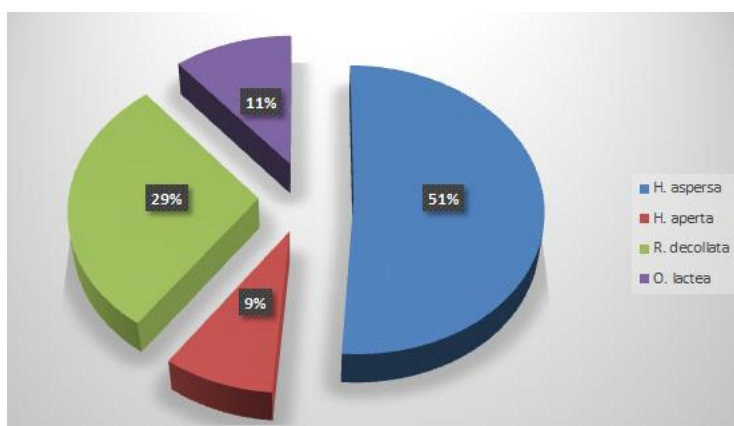


Figure 23 : La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Redjas (février – mai, 2025).

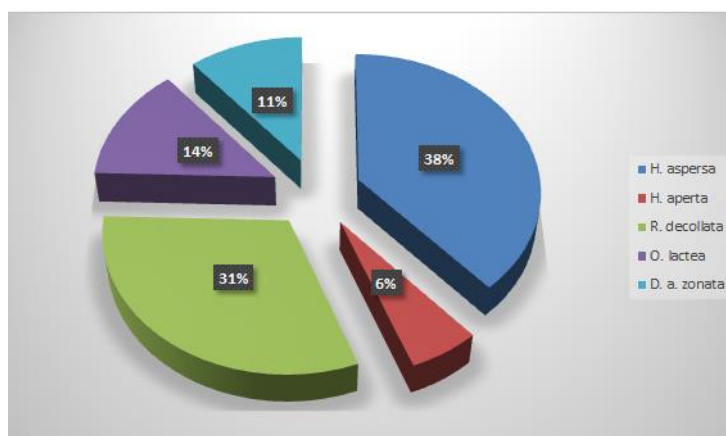


Figure 24 : La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau d’Ahmed Rachedi (février – mai, 2025).

4.2. Biométrie des espèces :

La biométrie est caractérisée par le poids (g) de l’escargot, la hauteur et le diamètre (mm) de la coquille.

4.2.1. Le poids des gastéropodes :

Les résultats de biométrie des gastéropodes pulmonés terrestres récoltés au niveau des sites d’étude sont mentionnés dans les tableaux 11 et 12. Ces résultats indiquent que le poids moyen le plus élevé a été enregistré chez l’espèce *Helix aspersa*, il est de $(16,44 \pm 3,44 \text{ g})$ au niveau de Redjas et $(13,53 \pm 0,31\text{g})$ à Ahmed Rachedi; cette espèce a un poids relativement important par rapport aux autres espèces, elle est suivie par l’espèce *Helix aperta* qui présente un poids moyen maximal de $(12,81 \pm 1,33 \text{ g})$ à Redjas et un poids moyen faible de

(9.43 ± 0 g) à Ahmed Rachedi. L'escargot *Rumina decollata* a un poids moyen qui se varie entre (4.46 ± 0.88g) à Redjas et (4.73 ± 0.80g) à Ahmed Rachedi. L'espèce *Otala lactea* se caractérise par des moyennes pondérales proches dans les deux sites (1.42 ± 0.13g) à Redjas et (1.45 ± 0.13g) à Ahmed Rachedi. Pour l'escargot *Dupotetia alabastra zonata*, on a enregistré un poids faible de (1.22 ± 4.90g) à Ahmed Rachedi et absente à Redjas.

Tableau 11 : Moyennes pondérales (m ± s, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Redjas (n = 50).

Mois/ Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Moyennes pondérales
<i>H. aspersa</i>	13,04 ± 3,05	15,42± 5,14	13,68± 2,69	21,64± 4,43	16,44 ± 3,44
<i>H. aperta</i>	11,48 ± 2,19	14,15± 2,19	–	–	12,81 ± 1,33
<i>R. decollata</i>	3,98 ±2,30	6,04 ± 1,32	4,65 ± 1,29	3,61 ± 1,45	4,46 ± 0,88
<i>O. lactea</i>	–	–	1,55 ± 0,63	1,28 ± 0,58	1,42 ± 0,13

Tableau 12 : Moyennes pondérales (m ± s, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau d'Ahmed Rachedi (n = 50).

Mois/Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne pondérales
<i>H. aspersa</i>	13,21 ± 3,03	13,28 ± 2,07	13,89 ± 5,14	13,53 ± 0,31	13,53 ± 0,31
<i>H. aperta</i>	9,43 ± 3,90	–	–	–	9,43 ± 0
<i>R. decollata</i>	5,16 ± 1,54	5,76 ± 1,34	4,08 ± 0,99	3,80 ± 1,49	4,73 ± 0,80
<i>O. lactea</i>	–	–	1,34 ±0,54	1,60 ± 0,41	1,45 ± 0,13
<i>D. a. zonata</i>	–	–	1,22 ± 0,51	1,21 ±0,34	1,22 ± 4,90

4.2.2. Le diamètre de la coquille des gastéropodes

Les moyennes des diamètres (mm) des escargots sont mentionnées dans les tableaux 13 et 14.

H. aspersa est l'escargot qui a un large diamètre moyen de la coquille (34, 55 ± 1,06 mm) au niveau du site de Redjas et (34,90 ± 1,65mm) à Ahmed Rachedi, suivie par *Helix*

aperta, qui avait un diamètre moyen de la coquille marqué à Redjas ($32,60 \pm 1,81\text{mm}$), et ($31,36 \text{ mm}$) au niveau d'Ahmed Rachedi. L'espèce *D. a. zonata* présente un diamètre moyen de la coquille dans le site Ahmed Rachedi ($30,96 \pm 0,80 \text{ mm}$) et absente dans le site de Redjas. Ce qui concerne l'espèce *O. lactea*, elle présente un diamètre moyen de la coquille se varie entre ($20,43 \pm 0,70\text{mm}$) à Ahmed Rachedi et ($27,16 \pm 0,01\text{mm}$) à Redjas. Concernant l'espèce *R. decollata* présente un faible diamètre par rapport aux autres espèces dans les deux sites ($14,17 \pm 1,63\text{mm}$) à Redjas et ($12,14 \pm 1,70\text{mm}$) au niveau d'Ahmed Rachedi.

Tableau 13 : Moyennes des diamètres ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Redjas ($n = 50$).

Mois/Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des Diamètres
<i>H. aspersa</i>	$33,58 \pm 4,71$	$35,31 \pm 2,44$	$34,44 \pm 7,02$	$36,77 \pm 2,78$	$34,55 \pm 1,06$
<i>H. aperta</i>	$31,73 \pm 10,15$	$36,34 \pm 2,38$	–	–	$32,60 \pm 1,81$
<i>R. decollata</i>	$13,55 \pm 4,52$	$14,66 \pm 3,68$	$15,89 \pm 3,14$	$9,47 \pm 0,93$	$14,17 \pm 1,63$
<i>O. lactea</i>	–	–	$27,18 \pm 8,66$	$27,15 \pm 12,9$	$27,16 \pm 0,01$

Tableau 14 : Moyennes des diamètres ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau d'Ahmed Rachedi ($n = 50$).

Mois/Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des Diamètres
<i>H. aspersa</i>	$35,67 \pm 4,71$	$32,53 \pm 5,10$	$34,79 \pm 6,71$	$37,44 \pm 3,60$	$34,90 \pm 1,65$
<i>H. aperta</i>	$31,36 \pm 13,31$	–	–	–	$31,36 \pm 0$
<i>R. decollata</i>	$13,69 \pm 4,17$	$8,51 \pm 0,66$	$10,60 \pm 1,77$	$11,33 \pm 1,67$	$12,14 \pm 1,70$
<i>O. lactea</i>	–	–	$20,96 \pm 6,20$	$19,51 \pm 3,52$	$20,43 \pm 0,70$
<i>D. a. zonata</i>	–	–	$31,8 \pm 5,07$	$30,20 \pm 5,65$	$30,96 \pm 0,80$

4.2.3. La hauteur de la coquille des gastéropodes :

Les tableaux 15 et 16 présentent les moyennes des hauteurs (mm) de la coquille des gastéropodes recensés dans les deux sites. L'espèce *H. aspersa* enregistre une moyenne hauteur au niveau de Redjas ($23,49 \pm 1,06 \text{ mm}$) et ($22,50 \pm 1,63\text{mm}$) au niveau de Ahmed

Rachedi; une hauteur maximale de *R. decollata* est marquée à Ahmed Rachedi ($30,26 \pm 1,83\text{mm}$) et ($27,62 \pm 3,53\text{mm}$) à Redjas.

L'escargot *H. aperta* présente une moyenne hauteur dans les deux sites ($23,00 \pm 8,41\text{mm}$) à Redjas et ($25,62 \pm 0\text{mm}$) à Ahmed Rachedi. Ainsi l'espèce *O. lactea* avec une hauteur moyenne de la coquille de ($11,20 \pm 0,48\text{mm}$) à Redjas et une réduite hauteur de la coquille dans le site Ahmed Rachedi ($9,64 \pm 0,79\text{mm}$). Concernant l'espèce *D. a. zonata* présente une hauteur moyenne de la coquille de ($10,78 \pm 1,46\text{mm}$) à Ahmed Rachedi et absente à Redjas.

Tableau 15 : Moyennes des hauteurs ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Redjas ($n = 50$).

Mois/Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des Hauteurs
<i>H. aspersa</i>	$23,78 \pm 2,10$	$24,99 \pm 1,34$	$22,01 \pm 2,19$	$23,88 \pm 1,63$	$23,49 \pm 1,06$
<i>H. aperta</i>	$23 \pm 4,02$	$23,02 \pm 1,20$	–	–	$23 \pm 8,41$
<i>R. decollata</i>	$24,33 \pm 8,60$	$30,91 \pm 2,33$	$27,48 \pm 2,67$	$32,56 \pm 4,26$	$27,62 \pm 3,53$
<i>O. lactea</i>	–	–	$11,80 \pm 3,85$	$10,81 \pm 5,92$	$11,20 \pm 0,48$

Tableau 16 : Moyennes des hauteurs ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau d'Ahmed Rachedi ($n = 50$).

Mois/Espèces	Février	Mars	Avril	Mai	Moyennes des Hauteurs
<i>H. aspersa</i>	$25,26 \pm 2,38$	$23,36 \pm 2,00$	$20,92 \pm 5,47$	$22,64 \pm 2,66$	$22,50 \pm 1,63$
<i>H. aperta</i>	$25,62 \pm 3,08$	–	–	–	$25,62 \pm 0$
<i>R. decollata</i>	$31,53 \pm 5,78$	$28,07 \pm 9,21$	$31,70 \pm 4,01$	$32,20 \pm 3,68$	$30,26 \pm 1,83$
<i>O. lactea</i>	–	–	$10,33 \pm 5,18$	$8,73 \pm 3,96$	$9,64 \pm 0,79$
<i>D. a. zonata</i>	–	–	$9,46 \pm 5,47$	$12,39 \pm 4,47$	$10,78 \pm 1,46$

4.3. Les indices écologiques :

4.3.1. Indices de composition :

- **Richesse totale (S) et moyenne :** Le tableau 17 et les figures 25, 26 et 27 présentent le nombre total d'individus (Ki) des gastéropodes terrestres, la richesse totale (S) et la richesse moyenne (S') dans les deux sites d'étude.

Les résultats de **la richesse totale (S) et moyenne (S')** montrent que la richesse totale est exprimée par quatre(4) espèces à Redjas et cinq (5) espèces à Ahmed Rachedi. À propos de la richesse moyenne, on a obtenu une valeur maximale à Redjas (61) et minimale à Ahmed Rachedi (52) ; ainsi que un effectif élevé d'individus noté à Redjas (244), il est faible à Ahmed Rachedi (208).

Tableau 17 : Richesse totale (S) et moyenne (S') des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (février– mai 2025).

Sites/paramètres	Redjas	Ahmed Rachedi
Richesse totale (S)	4	5
Nombre total d'individus (Ki)	244	208
Nombre de relevées (N)	4	4
Richesse moyenne (S')	61	52

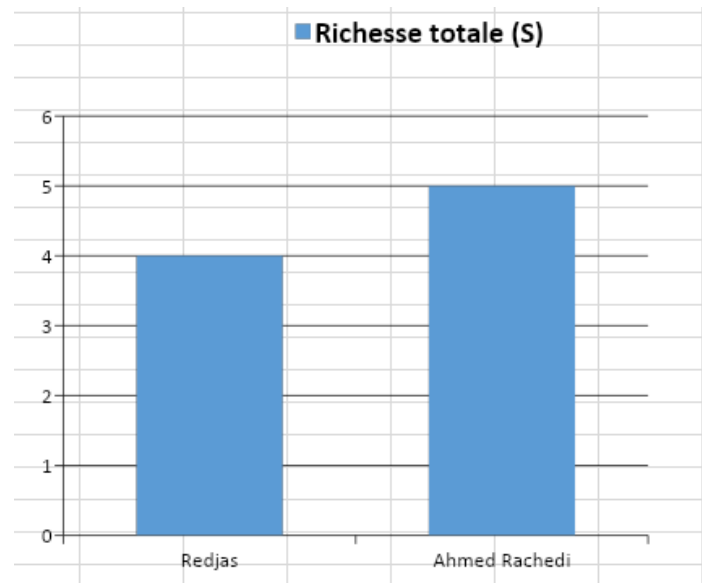


Figure 25 : Richesse totale des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (février – mai 2025). Corrigez le nom des sites sur l'image

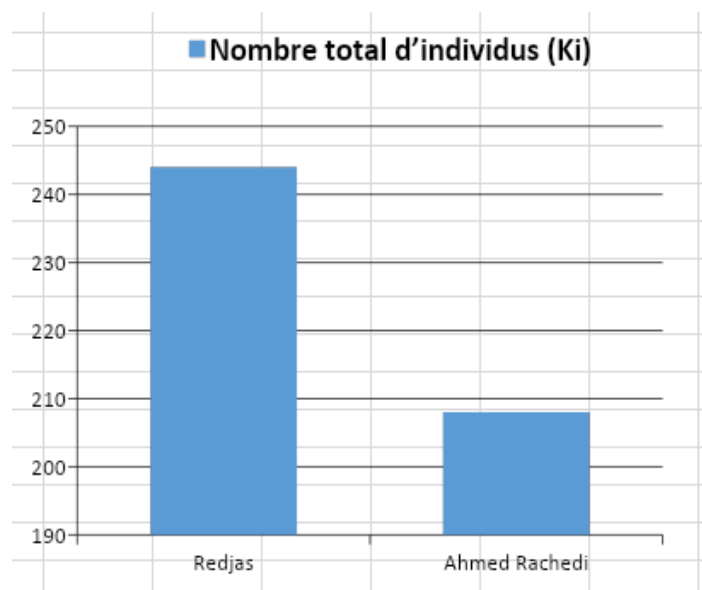


Figure 26 : Nombre total d'individus (**Ki**) recensés dans les deux sites d'étude (février – mai 2025).

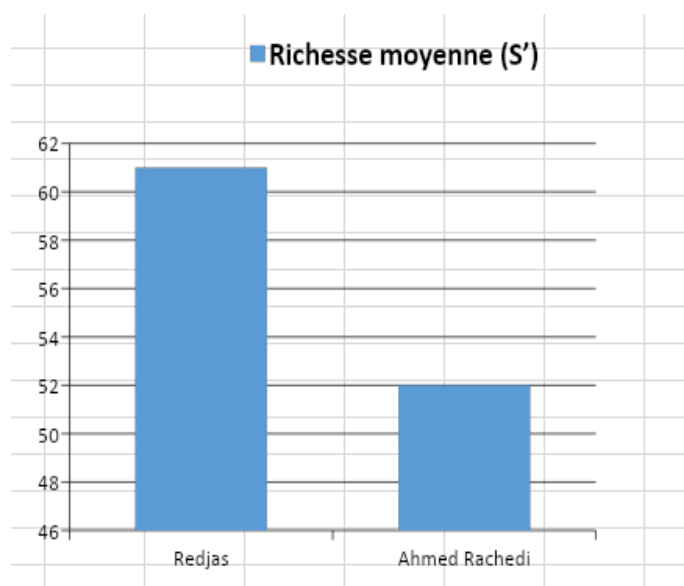


Figure 27 : Richesse moyenne (S') des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (février – mai 2025).

➤ **Fréquence centésimale (F):**

On a observé que l'espèce *H. aspersa* c'est l'espèce la plus fréquente dans les deux sites avec une fréquence importante de (51.23 %) à Redjas et (38.46%) à Ahmed Rachedi. L'escargot *H. aperta* présente une fréquence faible à Redjas (8.61%) et très faible à Ahmed Rachedi (5.77%). Concernant l'espèce *R. decollate* avait une fréquence moyenne dans les deux sites (29.10%) à Redjas et (31.25) à Ahmed Rachedi. Pour l'espèce *O. lactea* la fréquence est une valeur de (11.06%) à Redjas et (13.46) à Ahmed Rachedi. ainsi que l'espèce *D. a. zonata* présente une fréquence moyenne de (11.06%) à Ahmed Rachedi et absente à Redjas.

On a noté que la fréquence des espèces varie d'une espèce à l'autre. Selon (**Dajoz, 1985**), *H. aspersa* est une espèce **commune** à Redjas , et elle est **rare** à Ahmed Rachedi. *R. decollata* est une espèce **rare** dans les deux sites d'études. Les autres espèces **sont très rare** ($F < 25$) dans les deux sites (**Tab. 18 ; Fig. 28**).

Tableau 18 : La fréquence centésimale (F) (%) des espèces recensées dans les deux sites d'études (février– mai 2025).

Sites/Espèces	Redjas	Ahmed Rachedi
<i>H. aspersa</i>	51.23	38.46
<i>H. aperta</i>	8.61	5.77

<i>R. decollata</i>	29.10	31.25
<i>O. lactea</i>	11.06	13.46
<i>D. a. zonata</i>	–	11.06

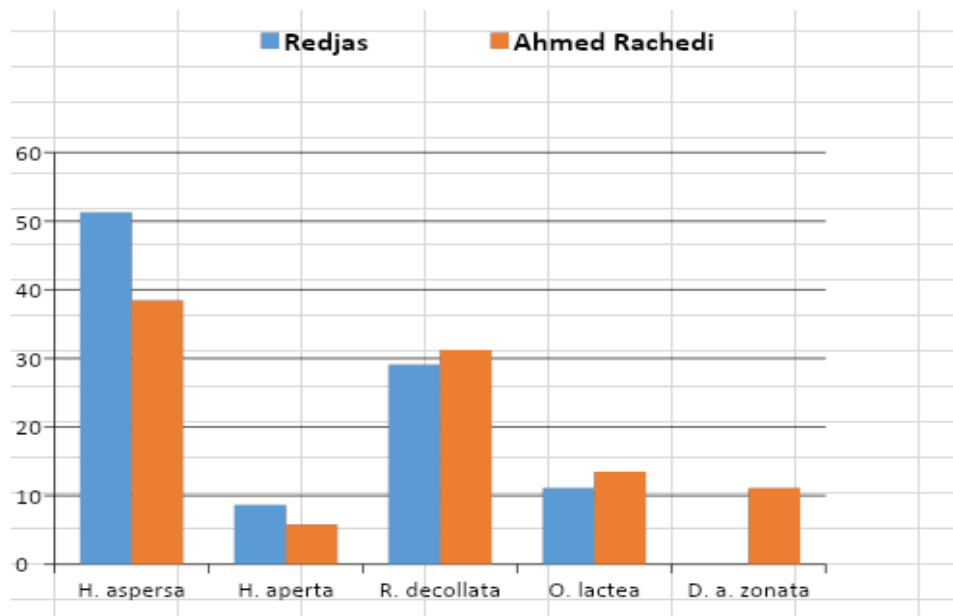


Figure 28 : Fréquence centésimale (%) des espèces inventoriées dans les deux sites d'étude (février – mai 2025).

➤ **Constance (C) :**

Les deux espèces *Helix aspersa* et *Rumina decollata* présentent un pourcentage de 100 % dans les deux sites ; ce qui explique que ce sont des espèces **omniprésentes (C = 100%)** dans les deux sites (Redjas et Ahmed Rachedi). L'espèce *Helix aperta* est **régulière (C=50%)** à Redjas mais elle est **accessoire (C = 25%)** à Ahmed Rachedi. Pour l'espèce *otala lactea*, elle est **régulière** dans les deux sites. L'espèce *Dupotetia alabastra zonata* est aussi **régulière** dans le site d'Ahmed Rachedi et absente dans le site Redjas (**Tab. 19**).

Tableau 19 : les valeurs de la constance C (%) des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (février – mai 2025).

Sites/Espèces	Redjas	Ahmed Rachedi
<i>H. aspersa</i>	100	100
<i>H. aperta</i>	50	25

<i>R. decollata</i>	100	100
<i>O. lactea</i>	50	50
<i>D. a. zonata</i>	–	50

4.3.2. Indices de structure:

➤ **Indice de diversité de Shanon - Weaver (H') et l'équitabilité (E):**

Le tableau 20 et les figures 29 et 30 présentent les résultats de l'indice de diversité de **Shannon-Weaver (H')** et **l'équitabilité (E)** des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi). Ces résultats montrent que l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') est faible dans les deux sites essentiellement à Redjas (0.20 bits), ce qui traduit le nombre réduit des espèces inventoriées donc, il y a eu **une faible biodiversité** des gastéropodes. Concernant l'équitabilité, elle se varie entre (0.22) à Redjas et (0.31) à Ahmed Rachedi; elle est faible proche du 0, donc $00 < E < 1$ dans les deux sites ; ce qui signifie que les différentes espèces de **ce peuplement ne sont pas en équilibre entre elles**.

Tableau 20 : Indice de diversité de Shannon- Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (février – mai 2025).

Sites/ Indice	Redjas	Ahmed Rachedi
Shannon - Weaver (H') (bits)	0.201	0.310
Equitabilité (E)	0.222	0.31

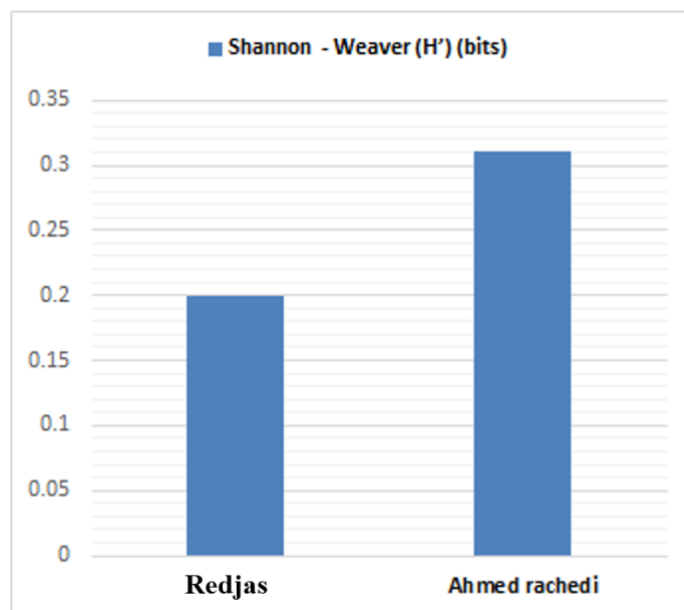


Figure 29 : L'indice de diversité de Shanon - Weaver (H') (bits) des gastéropodes terrestres inventoriés dans les deux sites d'étude (février– mai 2025).

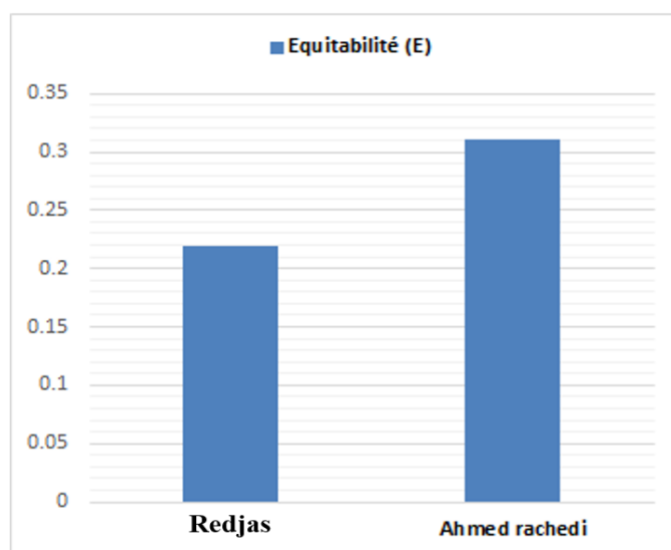


Figure 30 : Indice d'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres inventoriés dans les deux sites d'étude (février – mai 2025).

4.4. Inventaire de la flore dans les sites d'étude :

Les plantes récoltées dans les deux sites d'étude, qui sont utilisées comme source de nutrition par les gastéropodes terrestres sont présentées dans le tableau 21 et la figure 31.

Tableau 21 : Espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude (Mars, 2025)

Familles botaniques	Espèces
---------------------	---------

Malvaceae	<i>Alcea rosea</i> (Linnaeus, 1753)
Araceae	<i>Arum italicum</i> (Miller, 1768)
Ranunculaceae	<i>Delphinium ajacis</i> (Linné, 1753)
Acanthaceae	<i>Acanthus mollis</i> (Linné, 1753)



Arum italicum (Philip Miller, 1768)



Alcea rosea (Linnaeus, 1753)



Delphinium ajacis (Linné, 1753)



Acanthus mollis (Linné, 1753)

Figure 31 : Les espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude (photo originale, 2025)

4.5. Analyse physico-chimique du sol dans les différents sites d'étude :

Le sol est caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques. Les interrelations entre ces propriétés déterminent la capacité et les limites du sol pour assurer la fonction de support, biomasse, et conditionnent plus globalement l'utilisation des terres. Les paramètres analysés sont : le pH, la conductivité électrique, l'humidité et la porosité. Les résultats des paramètres physico-chimiques du sol des différents sites d'étude sont illustrés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Paramètres physico- chimiques des sols réalisée pendant le mois de mai dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) ($m \pm s$, $n = 3$).

Sites/Paramètres	Redjas	Ahmed Rachedi
pH	$7.63 \pm 0,08$	7.67 ± 0.02
Conductivité électrique (mS/cm)	$0.02 \pm 0,08$	$0.03 \pm 0,08$
Humidité (%)	41.98 ± 1.13	129.22 ± 8.18
Porosité (%)	11.37 ± 0.60	12.4 ± 0.65

4.5.1. Le pH du sol :

Le pH des sols se varie entre (7.63 et 7.67) dans les deux sites, on a noté des valeurs du pH presque semblables dans les deux sites (7.67 ± 0.02 et 7.63 ± 0.08) respectivement à Ahmed Rachedi et Redjas. Ces résultats indiquent que les sols sont de **pH alcalins** ($7,25 < \text{pH} < 8,5$) (Fig. 32).

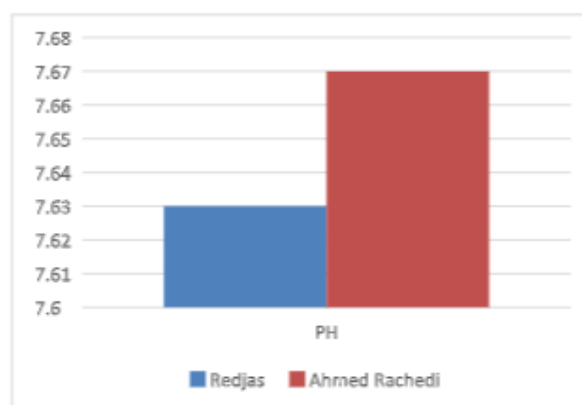


Figure 32 : pH mesuré dans les sols des sites d'étude ($n = 3$) (mai 2025).

4.5.2. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique définie la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol, elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (Guessoum, 2001). On a noté que les valeurs de la conductivité électrique sont généralement faibles entre (0.02 et 0.03 mS/cm), Les résultats de la conductivité électrique montrent que les sols des deux sites **ne sont pas salés** ($0 < \text{CE} < 0,6 \text{ ms/cm}$) (Fig. 33).

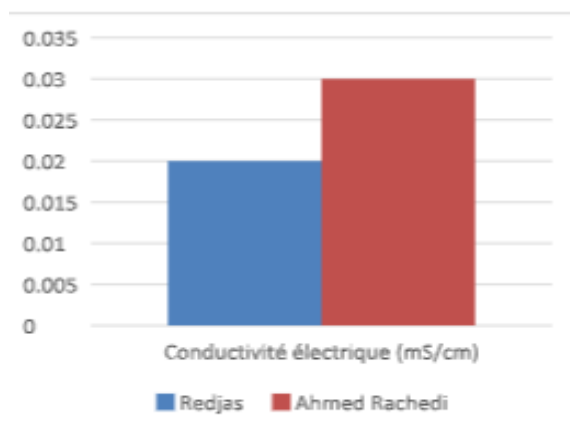


Figure 33 : La conductivité électrique mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (mai 2025).

4.5.3. Humidité (H) :

Les valeurs d'humidité dans le mois de mai sont importantes, se varient entre ($41.98 \pm 1.13\%$) à Redjas et ($129.22 \pm 8.18\%$) à Ahmed Rachedi. On a noté une valeur maximale dans le site d'Ahmed Rachedi ($129.22 \pm 8.18\%$). Ces sols sont généralement qualifiés par une **texture argileuse**. Cependant, dans le site de Redjas ses sols sont généralement qualifiés par une **texture limino-argileuse (37.5 – 45%)** (Fig. 34).

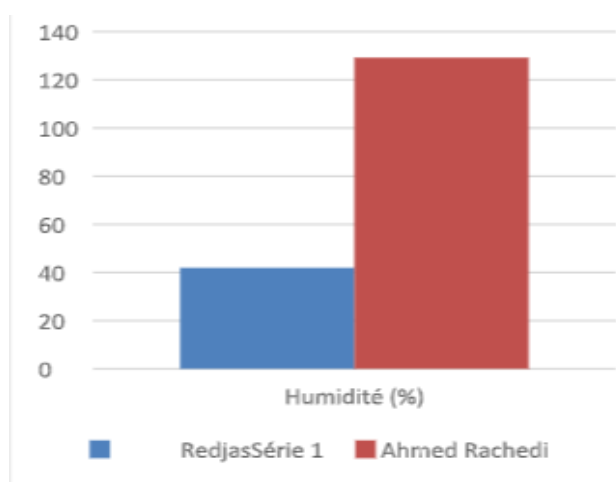


Figure 34 : humidité mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (mai 2025).

4.5.4. Porosité :

Les valeurs de la porosité dans le mois de mai (printemps) sont presque proches dans les deux sites d'étude comprises entre $(11.37 \pm 0.60\%)$ à Redjas et $(12.4 \pm 0.65\%)$ à Ahmed Rachedi. Ces résultats indiquent que le sol se caractérise par une porosité assez faible (10 - 20 %) dans les deux sites (**Fig. 35**).

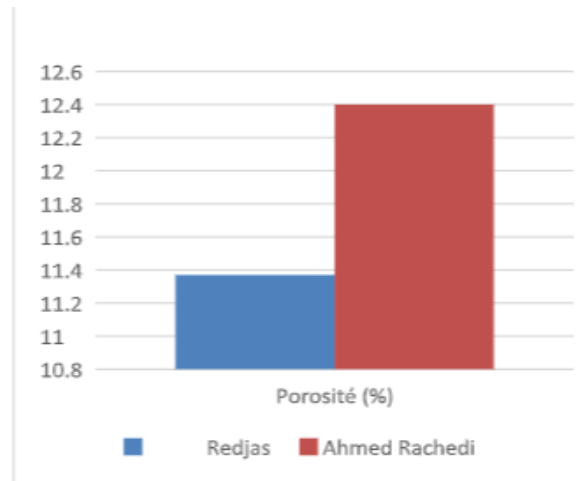


Figure 35 : Porosité mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (mai 2025).

DISCUSSION



5. Discussion:

5.1. Inventaire des gastéropodes terrestres :

Les escargots sont des animaux particulièrement sensibles aux variations climatiques en raison de leur tégument mou et perméable. Leur distribution est donc fortement dépendante des conditions environnementales. Malgré cette sensibilité, ils ont réussi à coloniser une grande diversité de milieux terrestres, y compris les environnements les plus froids et les plus chauds, grâce à diverses formes d'adaptations. Ces adaptations peuvent être morphologiques, comme la couleur et la taille de la coquille ; physiologiques, telles que la formation d'un épiphragme ; comportementales, avec le choix de micros habitats spécifiques et des rythmes d'activité adaptés ; ou encore génétiques, par l'existence d'écotypes qui ont conduit à la diversité taxonomique des espèces (**Robitaille et al., 1973**). Plus de 35000 espèces de gastéropodes terrestres sont recensées à l'échelle mondiale (**Lazli, 2003**).

L'Est Algérien, présente une diversité biologique très importante. Notre inventaire s'est déroulé en printemps, période propice pour la vie des gastropodes terrestres. En effet les données de **Bonavita et al., (1962)** confirment qu'une vie active n'est possible pour des mollusques qui trouvent des conditions naturelles, correspondraient typiquement aux conditions de l'automne, d'une partie du printemps et de l'hiver, les escargots s'inactivent et tombent en estivation ou en hibernation suivant les conditions locales climatiques. Dans la période s'étalent de l'inventaire des gastéropodes terrestres dans les sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi) ont été effectué de février à mai 2025. Cet inventaire faunistique permet d'apporter de nouvelles connaissances de la diversité biologique des mollusques, l'analyse de la composition faunistique des sites d'étude qui montre la présence de deux familles : La famille des **Helicidae** qui présente une coquille avec une grande variété de forme, de couleur, d'ornementation, et de taille (**Chevallier, 1971**) et la plus riche spécifiquement avec quatre espèces : *Helix aspersa* (**Müller, 1774**), *Helix aperta* (**Borne, 1778**), *Otala lactea* (**Müller, 1774**) et *Dupotetia alabastra zonata* (**Pallary, 1926**). Tandis que la famille des Subulinidae est représentée par une seule espèce qui est *Rumina decollata* (**Linnaeus, 1758**). Au niveau du site Redjas on a inventorié quatre (4) espèces qui sont : *Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Rumina decollata* et *Otala lactea*, cependant dans le site d'Ahmed Rachedi cinq (5) espèces (51%) dans le site de Redjas et (38%) dans le site d'Ahmed Rachedi. L'espèce *Dupotetia alabastra zonata* n'existe pas dans le site de Redjas. Dans la même région de Mila, **Bakhi & Bakhi (2017)** ont noté 4 familles des gastéropodes à Boufouh et Chigara avec une richesse spécifique de 6 espèces, qui présente une dominance de *H. aperta* et *H. aspersa*; dans l'Est

Algérien, **Douafer & Soltani (2014)** ont noté 6 familles de gastéropodes dans le Nord Est Algérien (Annaba, Guelma, EL Kala), avec une richesse de 11 espèces, et une dominance de l'espèce *Helix aspersa* précisément dans les sites : d'El Kala, Néchmaya, Sidi Amar, El Bouni, Guelma. **Larba et Soltani (2014)** ont marqué 6 familles de gastéropodes dans l'Est Algérien, avec une richesse spécifique à El Kala atteignant 14 espèces, avec une dominance de la même espèce (*H. aspersa* suivi par *H. aperta* dans les sites : d'El Kala, El-Hadjar, Ben M'hidi, Sidi Kaçi Bouteldja et El-Tarf. De plus, **Boudechiche (2007)** a signalé une dominance de l'espèce *Helix aspersa* avec ses variétés au niveau du Parc National d'El Kala. Par ailleurs, dans les monts de Tlemcen, **Hemissi & Guedrez (2019)** ont trouvé (8) espèces malacologiques dans les sites Rouached et Oued-endja. **Damerdji (1997)** a récolté 27 espèces d'escargots. De même dans la zone steppique située au Sud de Tlemcen. **Zaidi et al., 2021** ont inventorié Huit espèces avec la dominance de l'espèce *Cantareus aspersus* dans les sites de la wilaya de Skikda (Azzaba 53.88%; Ben-Azzouz 56.12%; El Hadaiek 37.92%) ; **Soufane et Chekouf (2019)** ont inventorié (8) espèces malacologiques dans les sites Sidi Khelifa et Zeghaia. *Helix aperta* et *Helix aspersa* sont des espèces très répandues dans la région méditerranéenne, présentent en France, Turquie, Chypre, et Afrique du Nord (**Kerney & Cameron, 1979 ; Schütt, 2001**).

5.2. Biométrie des espèces :

Les résultats biométriques des espèces récoltées sur les sites d'étude montrent que la masse corporelle moyenne la plus élevée a été enregistrée chez *Helix aspersa*, avec 16,44 g à Redjas et 13,53 g à Ahmed Rachedi. Elle est suivie par *Helix aperta*, qui présente un poids moins important, tandis que les poids les plus faibles ont été relevés chez *Rumina decollata*, *Otala lactea* et *Dupotetia alabastra zonata*. Selon ces valeurs, la taille des escargots peut être qualifiée de moyenne, conformément à la classification de **Chevallier (1977)**. De plus, il a été observé que le poids des escargots est nettement plus élevé durant la période printanière (mars, avril, mai) par rapport à la période hivernale (février) (**Douafer & Soltani, 2014**). Cette variation est attribuée à l'influence des conditions environnementales, notamment les facteurs climatiques tels que la température, les précipitations et l'humidité.

Les mesures du diamètre de la coquille montrent que l'espèce *Helix aspersa* présente un diamètre plus large dans les deux sites étudiés. En ce qui concerne la hauteur de la coquille, *R. decollata* affiche une plus grande hauteur dans les deux sites d'étude (Redjas et Ahmed Rachedi).

Plusieurs auteurs soulignent que les différences morphométriques observées chez des escargots appartenant à la même espèce peuvent s'expliquer par la nature des sols et la végétation environnante (**Gomot, 1997**). Par ailleurs, **Douafer & Soltani (2014)** ont constaté que *Helix aspersa* est également l'espèce la plus volumineuse dans la région Est de l'Algérie, avec des tailles maximales observées chez la population d'El-Kala, confirmant ainsi les observations antérieures de **Larba & Soltani (2014)**. De même, dans la région de Mila (Chigara et Boufouh), le diamètre de coquille le plus élevé est attribué à *Helix aspersa* (**Bakhi & Bakhi, 2017**). Les variations des paramètres biométriques peuvent être expliquées par l'influence combinée de facteurs abiotiques et biotiques, qui jouent un rôle important dans la variation de la taille des coquilles des gastéropodes terrestres (**Riddle, 1986**). Ainsi, certains caractères conchyliologiques particuliers, comme la taille, peuvent distinguer les espèces capables de s'adapter à des altitudes plus élevées (**Damerdji, 2010**).

5.3. Les indices écologiques :

L'étude révèle des différences dans les indices écologiques (richesse spécifique, richesse moyenne, constance, fréquence centésimale, indice de Shanon-Weaver et équitabilité) entre les sites retenus.

La richesse spécifique notée pendant l'analyse des résultats obtenus de l'inventaire des gastéropodes terrestres de nos deux stations dans la wilaya de mila , durant la période s'étalant de février jusqu'à mai 2025 est de cinq espèces dans le site de Redjas et quatre au niveau de site d' Ahmed Rachedi . Il existe (8) espèces à Sidi Khelifa et (6) espèces à Zeghaia (**Soufane et Chekouf, 2019**). Dans la même région de Mila et dans d'autres sites, les résultats montrent la présence de 6 espèces des gastéropodes à Boufouh et Chigara (**Bakhi & Bakhi, 2017**). **Hemissi et Guedrez (2019)** ont trouvé (8) espèces malacologiques dans les sites Rouached et Oued-endja. Il existe 13 espèces (**Boudchiche, 2007**) à El Kala et 11 espèces (**Douafer & Soltani, 2014**) dans le Nord-Est Algérien (Guelma, Annaba, El Kala). De plus, **Djenad et Deffoure (2023)** au niveau de 4 stations dans le jardin d'essai du Hamma d'Alger ont comptabilisé 12 espèces appartenant à 07 familles.

La richesse moyenne, qui reflète le nombre d'espèces les plus représentatives du milieu, atteint sa valeur maximale à Redjas (61) et minimale à Ahmed Rachedi (52). De plus, Redjas présente un nombre élevé d'individus (244), tandis qu'Ahmed Rachedi enregistre un nombre moyen d'individus (208). Ces résultats suggèrent que le site de Redjas est plus favorable à la

vie des gastéropodes. Dans des études similaires, **Ourfella (2012)** a enregistré 4,5 à Guelma et 6,75 dans la région d'El Kala a rapporté des valeurs de 4,5 à Guelma et de 6,75 dans la région d'El Kala, tandis que **Bakhi & Bakhi (2017)** ont trouvé des valeurs de 268,16 à Boufouh et de 292,33 à Chigara, dans la région de Mila.

La fréquence centésimale (F) varie d'un site à l'autre en fonction des conditions climatiques propres à chaque région. L'espèce *Rumina decollata* est considérée comme rare dans les deux sites d'étude. *Helix aspersa*, quant à elle, est rare à Ahmed Rachedi mais commune à Redjas. Les autres espèces recensées sont très rares, tandis que *Dupotetia alabastra zonata* est totalement absente dans le site Redjas. Comparativement aux sites de Boufouh et Chigara dans la région de Mila, les espèces *Helix aspersa* et *Helix aperta* y sont considérées comme rares. En revanche, les espèces *Rumina decollata*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata* et *Milax gagates* y sont classées comme très rares (**Bakhi & Bakhi, 2017**). Dans la région de Oued-endja et Rouached à Mila, La fréquence moins de 25 % dans les deux sites ce qui explique qu'elles sont des espèces très rares (**Hemissi et Guedrez, 2019**). Ainsi, dans la même région de Mila (Sidi Khelifa et Zeghaia) (**Soufane et Chekouf, 2019**) ont montré que l'espèce *D. alabastra zonata* et l'espèce *H. aperta* sont des espèces rares respectivement dans les deux sites d'études, les autres espèces sont très rares.

Concernant la constance (C), elle varie entre les deux sites étudiés. Les espèces *Helix aspersa* et *Rumina decollata* sont omniprésentes dans les deux zones, présentant une biomasse significative ainsi qu'une grande capacité d'adaptation aux différents climats et types de sols. En revanche, *Otala lactea* dans les deux sites, *Helix aperta* à Redjas, et *Dupotetia alabastra zonata* à Ahmed Rachedi sont considérées comme des espèces régulières. Pour *Helix aperta*, elle est classée comme accessoire dans le site d'Ahmed Rachedi, tandis que *Dupotetia alabastra zonata* est absente du site de Redjas. Dans la région de Boufouh et Chigara à Mila, *Helix aspersa* et *Helix aperta* sont également des espèces accessoires, tandis que *Rumina decollata*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata* et *Milax gagates* sont qualifiées d'espèces accidentelles (**Bakhi & Bakhi, 2017**). Les espèces *D. alabastra zonata*, *H. virgata* dans le site de Sidi Khelifa et les espèces *H. aperta*, *H. aspersa*, *D. alabastra zonata* et *H. virgata* et *R. decollata* dans le site de Zeghaia sont des espèces omniprésentes, Par contre les espèces *Helix aperta*, *Helix aspersa*, *R. decollata*, *O. lactea* et *M. gagates* à Sidi Khelifa et *M. gagates* à Zeghaia, elles sont constantes. Pour les espèces *M. nigricans* sont des espèces régulières à Sidi Khelifa (**Soufane et Chekouf, 2019**). De plus, dans la région de Oued-endja et Rouached à Mila, **Hemissi et Guedrez (2019)** ont noté que les espèces *Helix aspersa*,

Helix aperta et *Helecella virgata* présentent un pourcentage de 100 % dans les deux sites ; ce qui explique que ce sont des espèces omniprésentes.

L'indice de Shannon-Weaver (H') a été utilisé dans cette étude pour comparer la richesse des deux sites, en tenant compte à la fois du nombre d'espèces présentes et de l'abondance relative de chaque espèce (**Blondel, 1975**). Cet indice de diversité varie entre 0,20 et 0,31 bits dans nos deux sites, ce qui indique une biodiversité faible et une richesse pauvre en espèces malacologiques. À titre de comparaison, cet indice est également faible à Tlemcen, avec une valeur de 0,26 (**Damerdji, 2008**). En revanche, d'autres études montrent des valeurs beaucoup plus élevées, comme au Parc National d'El Kala où l'indice atteint 3,05 bits (**Douafer & Soltani, 2014**) et 2,91 bits selon **Larba & Soltani (2014)**. Dans la région de Mila, cet indice varie entre 2,60 bits à Boufouh et 2,67 bits à Chigara (**Bakhi & Bakhi, 2017**). Dans la même région, Une autre étude révèle que l'indice de diversité de Shanon-Weaver est élevé dans les deux sites, il est compris entre 2,27 bits à Zeghaia et 2,34 bits au niveau de Sidi Khelifa (**Soufane et Chekouf, 2019**). Dans le jardin d'essai du Hamma d'Alger **Djenad et Deffour (2023)** indiquent des indices de Shannon de 2,67 bits, 2,45 bits et 1,76 bits dans les trois stations de la région. De plus, Cet indice de Shannon-Weaver est compris entre 2,65 bits à Oued-endja et 2,73 bits à Rouached, dans la région de mila selon (**Hemissi et Guedrez, 2019**). Dans la région de d'Azazga (Tizi - Ouzou, Algérie), **Laliam (2022)** a enregistré La valeur de 2.27 bits au niveau de la station Mareghna ce qui indique que la station est plus diversifiée. Les facteurs biotiques et abiotiques propres à chaque milieu influencent significativement la richesse en gastéropodes, tant dans le temps que dans l'espace.

L'équitabilité (E) confirme les résultats de l'indice de Shannon-Weaver, reflétant fidèlement la diversité d'un milieu. Elle varie entre 0 et 1, représentant respectivement une diversité minimale et maximale pour le site étudié. Dans notre cas, les valeurs d'équitabilité oscillent entre 0,22 et 0,31, proches de zéro, ce qui suggère que les différentes espèces de gastéropodes ne sont pas en équilibre entre elles. Des résultats similaires ont été observés à Boufouh et Chigara (Mila), où l'équitabilité varie entre 0,85 et 0,91, donc supérieure à 0,50 (**Bakhi & Bakhi, 2017**), ainsi que dans l'Est algérien (Guelma, Annaba, El Kala) (**Douafer & Soltani, 2014**). En revanche, à Tlemcen, situé dans une zone bioclimatique aride, l'équitabilité est inférieure à 0,50 (**Damerdji, 2008**). Ainsi, l'indice d'équitabilité et l'indice de Shannon-Weaver (H') sont étroitement liés à la richesse en espèces (**Puente, 1997**).

Les variations dans l'effectif et la distribution des espèces, ainsi que la présence de certaines espèces dans un site et leur absence dans un autre, peuvent s'expliquer par

l'influence des conditions du milieu. Parmi ces facteurs, les conditions climatiques jouent un rôle fondamental dans la croissance, la reproduction, la distribution et la nutrition des gastéropodes. D'autres facteurs environnementaux, comme le rayonnement, influencent la coloration des coquilles (**Damerdji & Benyoucef, 2006**) et la persistance des polluants dans l'environnement. Par ailleurs, les caractéristiques physico-chimiques des sols, notamment le pH de l'eau, l'humidité du substrat (texture), la salinité (conductivité électrique), la porosité ainsi que la richesse en matière organique et en calcaire, influencent également la répartition et la survie des espèces malacologiques. Ces paramètres influencent la distribution des gastéropodes, car le sol constitue à la fois leur habitat et un facteur clé pour la disponibilité de la végétation utilisée comme source de nourriture. De plus, la densité animale et la charge biotique jouent un rôle important dans la dynamique des populations de ces mollusques.

5.4. Inventaire de la flore :

L'étude de l'inventaire floristique met en évidence la disponibilité des espèces végétales, qui servent de sources de nutrition pour les escargots. La présence et la diversité des espèces malacologiques dans les deux sites d'étude sont étroitement influencées par la disponibilité du couvert végétal. Ainsi, l'abondance de la végétation joue un rôle clé dans la richesse des espèces malacologiques recensées. On a recensé 4 familles botaniques : **Malvaceae** (*Alcea rosea*), **Araceae** (*Arum italicum*), **Ranunculaceae** (*Delphinium ajacis*), **Acanthaceae** (*Acanthus mollis*).

Comparativement à d'autres régions, la wilaya de Mila (notamment à Boufouh et Chigara) abrite quatre espèces botaniques, à savoir *Picris inermis*, *Triticosecale*, *Deschampsia cespitosa*, *Laitue virosa* et *Urospermum dalichampii*, qui appartiennent à trois familles distinctes (**Bakhi & Bakhi, 2017**). Des résultats similaires ont été observés à Zeghaia et Sidi Khelifa (Mila), **Soufane et Chekouf, 2019** ont recensé deux familles botaniques Asteraceae (*Silybum marianum*, *Cynara scolymus*) et Boraginaceae (*Borrago officinalis*). Aussi, **Hemissi et Guedrez (2019)** ont montré que la malacofaune associée aux trois espèces botaniques appartenant à Trois familles (Asteraceae, Poaceae et Chénopodiacées) dans les deux régions Oued-endja et Rouached (Mila). En revanche, à Tlemcen, **Damerdji (2013)** a observé que la malacofaune associée à quatre plantes médicinales : *Thym*, *Romarin*, *Lavande* et *Marrube* se rapporte à quatre familles différentes. Ainsi que dans l'Est algérien (Guelma, Annaba, El Kala) **Douafer & Soltani (2014)** ont recensé trois familles botaniques (Asteraceae, Poaceae (*Gramineae*) et Europhobiaceae).

5.5. Les paramètres physico-chimiques du sol :

Les caractéristiques physico-chimiques des sols jouent un rôle clé dans la compréhension et la prévision du comportement des polluants, ainsi que dans des paramètres tels que la porosité, la teneur en air et en eau, la densité ou encore la perméabilité. L'étude de ces facteurs est essentielle pour appréhender la dynamique des espèces terrestres (**Viard-La Rocca, 2004**). Les propriétés physico-chimiques du sol analysées dans cette étude peuvent être utilisées comme des indicateurs d'évaluation (**Bailey, 1975, 1981**). Parmi ces propriétés, la température se révèle être un facteur écologique majeur, influençant directement le métabolisme (**Viard-La Rocca, 2004 ; Bailey, 1975**) ainsi que la répartition biogéographique des espèces, souvent en interaction avec d'autres paramètres écologiques tels que la salinité, l'humidité ou le pH du sol (**Duchaufour, 1989**). Les escargots vivent en contact intime avec le sol et ils sont influencés par ses propriétés physico-chimiques. De nombreuses recherches ont utilisé des données similaires pour évaluer la façon dont les caractéristiques des sols affectent l'abondance et la diversité des escargots terrestres (**Emberton *et al.*, 1996**).

Les valeurs du pH de l'eau mesurées sur les deux sites indiquent que les sols sont alcalins, probablement en raison de la présence de carbonates (**Baize & Jabiol, 1995**). Ces derniers jouent un rôle essentiel dans le maintien du pH de l'eau des sols. Plusieurs études ont démontré que le pH des sols est étroitement lié à la nature géologique du substrat. Ceci en accord avec (**Larba & Soltani, 2014 ; Douafer & Soltani, 2014**) qui ont trouvé que les sols de quelques sites du Nord-Est du pays sont alcalins au printemps (**McBride, 1994**), dans les sites d'El Kala, Guelma, Néchmaya et El Bouni, **Larba (2014)** a signalé que les variations saisonnières du pH du sol dans la zone d'étude sont similaires dans les deux sites d'El-Hadjar, Sidi Kaçi, Annaba, El Tarf, donc les sols étudiés sont des sols alcalins ($\text{pH} > 7,5$) pendant le printemps et l'hiver, cependant la période estivale et la période automnale les sols sont neutres.

La conductivité électrique ou la salinité est une mesure physico-chimique qui donne une idée sur la concentration des électrolytes dans la solution du sol d'une part et du degré de salinité des sols d'autre part (**McBride, 1994**). Les résultats obtenus montrent que les sols ont une faible conductivité électrique (0-0,6 mS/cm), ce sont des sols non salés. Ce qui favorise la survie des gastéropodes et des végétations sur ses sols. Les autres études présentent que les sols ne sont pas salés dans les sites (Boufouh et Chigara) (**Bakhi & Bakhi, 2017**) ; El Kala, Guelma, Néchmaya et El Bouni (**Douafer & Soltani, 2014**).

L'humidité hygroscopique (texture) représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions d'assèchement naturelles, c'est la quantité d'eau retenue à la surface externe des particules du sol et en équilibre avec la pression et l'humidité atmosphérique, le pourcentage de l'humidité décrit la texture du sols. Dans notre travail, le pourcentage de l'humidité du sol a été compris entre (37.5 - 45 %) dans le site de Redjas et (75 % <) dans le site de Ahmed Rachedi, donc les sols de site de Redjas ont une texture limino-argileuse selon la classification de **Gaucher (1968)** qui retiennent plus d'eau que les sols sableux à structure particulaire (**Baize & Jabiol, 1995**). Les sols d'Ahmed Rachdi sont de texture argileuse. Ainsi les résultats obtenus montrent que les sols d'El-Hadjar, Ben M'hidi et Sidi Kaçi sont de sols argilo-limoneuse. Tandis que les sols de Bouteldja, El-Tarf et El-Kala sont respectivement des sols limono sableux, sablo-limoneux et sableux (**Larba, 2014**). **Douafer et Soltani (2014)** indique que les valeurs de l'humidité varient entre (48,7 %) et (75,70 %) et ceci explique que les sols sont argilo-limoneuse dans les sites El Kala, Guelma, Néchmaya, El Bouni et limono-argileuse à Sidi Amar (41,66 %).

Autre paramètre décrivant le sol : c'est la porosité, elle comprend deux paramètres : la densité apparente et la densité réelle ; la densité apparente indique l'état ou la condition de sol, elle diminue avec la teneur du sol en humus (**Duthil, 1971**) ; la densité réelle exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol. Nos résultats indiquent que les sols se caractérisent par une porosité assez faible (10-20%) dans les deux sites d'étude. Donc les paramètres physico-chimiques du sol se varient en fonction des conditions climatiques, géologiques et de la végétation (**Prescott et al., 1995**). La différence entre les paramètres physico-chimiques du sol joue un rôle important dans la répartition et la dynamique des espèces terrestres (**Viard- La Rocca, 2004**). Dans les autres études, **Douafer & Soltani (2014)** montre que la porosité la plus faible a été enregistrée au niveau de Guelma (9,39 %), une porosité assez faible (10-20 %) au niveau des autres sites (El Kala, Guelma et Néchmaya), dans les sites de Sidi Kaçi, Ben M'hidi et El Hadjar présentent une porosité assez faible, au niveau de Bouteldja et El-Taf les valeurs sont variées entre (24,16%) et (28,89%) successivement donc ont une porosité assez forte, les valeurs saisonnière de la porosité les plus élevés sont enregistrés à El- Kala, c'est une porosité forte (**Larba & Soltani, 2014**).

Dans notre étude, Les propriétés physico-chimiques des sols ont des effets importants sur la faune terrestres, dans notre étude, les périodes humides (hiver et printemps) ont une biodiversité très riche par contre les périodes de l'été et en vue des conditions défavorables le nombre d'espèces réduit (**Sacchi, 1965 ; Boudchiche, 2007 ; Douafer & Soltani, 2014**).

La différence entre les paramètres physico-chimiques du sol joue un rôle important dans la répartition et la dynamique des espèces terrestres (**Viard, 2004**). Notamment l'influence des différents variables écologiques (propriétés du sol, habitat, facteurs climatiques, etc.) sur la diversité et l'abondance des escargots terrestres (**Anderson & Coppolino, 2007**). Les escargots vivent en contact intime avec le sol et ils sont influencés par ses propriétés physicochimiques. De nombreuses recherches ont utilisé des données similaires pour évaluer la façon dont les caractéristiques des sols affectent l'abondance et la diversité des escargots terrestres (**Emberton *et al.*, 1996 ; Nekola & Smith, 1999**).

Les faunes terrestres présentent une teneur en eau de leurs tissus en relation directe avec les conditions climatiques (température et l'humidité) du milieu ambiant (**Bigot, 1957 ; Jeppesen & Nygard, 1976**). La majorité des limaces et des escargots n'est active que si l'humidité du milieu est suffisante (**Jeppesen & Nygard, 1976 ; Bachelier, 1978 ; Charrier *et al.*, 2006**). La température et la photopériode jouent un rôle important dans la vie des gastéropodes terrestres (croissance, reproduction) (**Bailey, 1975 & 1981 ; Jess & Marks, 1998**).

Aussi une variation significative a été notée entre les différents paramètres physicochimiques du sol entre saisons et entre site se qui influence la disponibilité de la végétation, la diversité et la distribution des gastéropodes terrestres.

CONCLUSION

6. Conclusion

L'objectif de ce travail est d'évaluer la biodiversité ainsi que la distribution des gastéropodes pulmonés terrestres dans deux sites situés dans la région de Mila, à savoir Redjas et Ahmed Rachedi durant la période s'étalant de Février à Mai 2025.

Au cours de cet inventaire, quatre espèces malacologiques ont été recensées à Redjas: *Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Rumina decollata* et *Otala lactea*. À Ahmed Rachedi, cinq espèces ont été identifiées, dont les mêmes quatre, ainsi que *Dupotetia alabastra zonata*.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est relativement faible dans les deux sites, avec des valeurs variant entre (0,20 et 0,31 bits). Cet indice reflète une biodiversité modeste parmi les espèces présentes. De plus, l'équitabilité observée, inférieure à 0,5 et proche de 0, suggère un déséquilibre entre les populations des sites de Redjas et d'Ahmed Rachedi.

Concernant l'analyse des paramètres physico-chimiques des sols montre que les sols des deux sites sont du pH alcalin, non salés, avec une texture limono-argileuse à Redjas et argileuse à Ahmed Rachedi ; et une porosité assez faible dans les deux sites.

Les variations observées dans les paramètres biométriques (poids, hauteur et diamètre des coquilles) ainsi que dans la répartition des espèces semblent être étroitement liées aux conditions climatiques et aux caractéristiques physico-chimiques des sols, qui influencent la biologie et la physiologie des mollusques. En outre, la disponibilité de la nutrition, notamment la végétation, joue également un rôle important. L'espèce *Helix aspersa* se caractérise par une taille volumineuse.

Ces observations nous amènent à conclure que l'espèce *Helix aspersa* pourrait être utilisée comme espèce bioindicateur de la pollution des sols.

En perspectives

Dans le cadre de futures recherches, plusieurs axes d'investigation pourraient être explorés :

- ✓ Élargir l'inventaire à d'autres sites de la wilaya de Mila afin d'obtenir une cartographie plus complète de la distribution et de la diversité des gastéropodes dans la région.
- ✓ Analyser d'autres paramètres physico-chimiques du sol, tels que la matière organique, le calcaire, le dosage des métaux,

- ✓ L'évaluation des biomarqueurs du stress oxydatif chez les espèces bioindicatrices (comme l'AchE, GSH, CAT).
- ✓ Mener une étude approfondie de la biologie des espèces bioindicatrices mentionnées, pour mieux comprendre leurs réponses écophysiologiques face aux conditions environnementales.
- ✓ Renforcer la législation concernant le ramassage non autorisé des gastéropodes, en mettant en place des lois et décrets afin de protéger la biodiversité et de préserver l'environnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

7. Références bibliographiques

- **Aissaoui., 2013.** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d’oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. En écologie végétale appliquée et gestion de l’environnement
- **Allen J. A., 2004.** Avian and Mammalian Predators of Terrestrial Gastropods. In: Barker, G. (Ed.), Natural enemies of terrestrial molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 1-36 pp.
- **Amroun M., 2006.** Zoologie des invertébrés 1- des Protozoaires aux Échinodermes. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Algérie.79p.
- **Anderson F.E - Coppolino M.L. 2007.** Land snail abundance and diversity with associated ecological variables in six southern Illinois Counties. A State Wildlife Grant Project. Southern Illinois University.
- **André F., 1968.** Zoologie des invertébrés. Tome 1. Ed. Masson et Cie, Paris : 798p.
- **Aubert C., 1998.** Étude monographique d’élevage d’escargots. Ed. Bornemann. Paris. 21p.
- **Audibert, C - Bertrand, A. 2015.** Guide des mollusques terrestres. Escargots et Limaces. Belin.
- **Bachelier G., 1978.** La Faune des Sols, son Ecologie et son Action“, Initiations - Documentations techniques, N°38. O.R.S.T.O.M., Paris, 391 pages.
- **Bailey S. E. R., 1975.** The seasonal and daily patterns of locomotor activity in the snail *Helix aspersa* (Müller), and their relation to environmental variables. Proc. Malacol. Sot. London 35: 43-45 p.
- **Bailey S. E. R., 1981.** Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa*. Müller and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. Journ. Comp. Physiol, 142, 89-94 p.
- **Baize D - Jabiol B. 1995.** Guide pour la description des sols. Collection techniques et pratiques, INRA, Paris, 375 p.

- **Bakhi R - Bakhi S. 2017.** Inventaire des gastéropodes terrestres dans quelques sites dans la région de Mila. Département des Sciences de la Nature et de la Vie. Mémoire de Master. Université des Abd El Hafid Bousouf Mila, 32 p.
- **Barker G. M., 2004.** Natural enemies of terrestrial molluscs. Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA, USA: CABI Pub
- **Barker G.M., 2002.** Molluscs as crop pests. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- **Barker G.M., 2001.** Gastropods on land: phylogeny, diversity and adaptive morphology. The biology of terrestrial molluscs (ed G.M. Barker), pp. 1–146. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- **Battaglia V., 2006.** Quand la terre nous livre ses secrets. Escargots. Ed. Masson, Paris, 208p.
- **Baudelot M. E., 1863.** Recherches Sur L'appareil Générateur Des Mollusques Gastéropodes, Thèse de zoologie. Edition M.É. BLANCHARD, Paris. « Imprimerie de L. MARTINET. Rue Mignon », N° 353, 124p :19-20.
- **Beaumont A. - Cassier P. 1998.** Biologie animale, des Protozoaires aux Métazoaires Epithélioneuriens. 3eme Edition. Ed. Dunod, Paris.
- **Belhiouani,H., 2019.** Utilisation intégrée des escargots pour la surveillance de la contamination métallique des sols (Doctoral dissertation, Université Frères MentouriConstantine 1)
- **Bellala., 2013.** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes au niveau de trois stations De la wilaya de Tizi-ouzou (Juin 2012-Mai 2013).
- **Berkal K - Elouaere F. 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eau au niveau du Barrage de Béni Haroun (Wilaya de Mila) : saison d'hivernage 2013/2014. Mémoire Master II, Centre Universitaire de Mila. 85p.
- **Bernard F. R., 2011.** Encyclopédie canadienne, zoologie des invertébrés : mollusques
- **Bigot L - Bodot P. 1973.** Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à Quercus coccifera : II- Composition biotique du peuplement des invertébrées. Vie et Milieu, 23: 229-249
- **Bigot L., 1965.** Essai d'écologie quantitative sur les invertébrés de la Sansouire camargaise. Imprimerie M. Declume, Lons-Le Saunier, 100 p.

- **Bonavita A - Bonavita D. 1962.** Contribution à l'Etude Ecologique d'Euparypha pisana (Müller) des Rivages Méditerranéens de la Provence, Note Préliminaire, Publ. Staz. Zool., Napoli, 32 suppl. : 189 – 204 p.
- **Bonnemain B., 2003.** Hélices et médicament : l'escargot au service de la santé depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. Revue d'histoire de la pharmacie 91(338) : 211-218. <https://doi.org/10.3406/pharm.2003.5514>
- **Bonnet J. C., 1990.** Escargot biologie et élevage, multiplication et croissance des escargots, 3-4p.
- **Bonnet J.C . Aupinel P and Vrillon J.L. 1990.** L'escargot Helix aspersa, biologie, élevage. Du labo au terrain, INRA, 1-5..
- **Bouaziz-Yahiatene H., 2017.** Diversité et Bioécologie des gastéropodes terrestres dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse. UMMTO, 138p
- **Bouchene - Messaoudi, k. 2015.** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de trois stations de la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en science agronomique. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. Algérie : 58pp
- **Boudechiche L., 2007.** Biodiversité des hélicidés du Parc National d'El-Kala (extrême Nord-Est Algérien). Bulletin de l'INSTM., 12 (NS): 12-123.
- **Boué H - Chaton R. 1971.** Biologie animale-zoologie I. invertébrés. Ed. Doin, Paris, 376p
- **Boulbair N E - Soufane A. 2011.** Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds dans l'eau, les sédiments et les poissons du barrage de béni Haroun de la wilaya de Mila. Mémoire de fin d'études.
- **Cadart J., 1955.** Les escargots (Helix pomatia L. et Helix aspersa M.). Biologie. Élevage. Parcage. Histoire. Gastronomie. Commerce. Vol. 24. Ed. Paul Lechevalier. Paris. 420p.
- **Calvet R., 2003.** Le sol, propriétés et fonctions. Tome 1 : Constitution et Structure, phénomènes aux interfaces, Dunod, Paris, 456 p.
- **Cappuccio N., 2011.** L'escargot.
- **Charrier M., 1981.** Contribution à la biologie et à l'écophysiologie de l'escargot Helix aspersa Müller. Doctorat de 3e cycle de l'Université de Rennes I, 330 p.

- **Cheriti O., 2022.** utilisation des gastéropodes pulmonés terrestres comme traceurs de la pollution métallique des sols dans le bassin du Kebir Rhumel : de l'inventaire à la bioindication [Thèse de doctorat, Université Frères Mentouri Constantine 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie et Écologie Végétale, Filière : Sciences Biologiques, Spécialité : Écologie et Environnement].
- **Chevalier H., 1992.** L'élevage des escargots : production et préparation du « Petit-gris ». Ed. Du point vétérinaire. 144 pages.
- **Chevallier H., 1977.** La variabilité de l'escargot Petit-gris *Helix aspersa* Müller, Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., 3^o sér. 448, Zoologie 3 11: pp. 425-442
- **Cobbinah J.C. Vink A and Onwuka B. 2008.** L'élevage d'escargots : production, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa, Wageningen, 84p
- **Codjia J. T. C. - Noumonvi R. C. J. 2002.** Guide technique d'élevage N°02 Sur les escargots géants. Ed. B.E.D.I.M. Gembloux. 5p.
- **Cranga F - Cranga Y. 1991.** L'escargot : Zoologie, symbolique, imaginaire, Médecine et gastronomie. Les éditions du bien public. <https://books.google.dz/books?id=Vcj2AQAACAAJ>.
- **Cucherat X - Demuynck S. 2008.** Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux. MalaCo, 5: 244-253.
- **Dajoz R., 2006.** Précis d'Ecologie. 8e Edition, Ed. Dunod, Paris. 631 p.
- **Damardji A., 2010.** Composition et structure des Gastéropodes dans les stations à *Thymus ciliatus* Desf. (Labiatae) aux alentours de Tlemcen (Algérie). Afrique SCIENCE., 6 (1) 13-29 p.
- **Damerdji A - Benyoucef B. 2006.** Impact des déférents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen. Université Abou bekr BELKAID de Tlemcen, 4(2006) 267-276
- **Damerdji A., 1990.** Contribution à l'Etude Bio systématique des Mollusques Gastéropodes Pulmonés Terrestres de la Région de Tlemcen. Thèse de Magister en Biologie. Institut national d'enseignement supérieur de biologie, Tlemcen, Algérie : 206pp+annexes.

- **Damerdji A., 1997.** Etude de la faune malacologique des Monts de Tlemcen : Inventaire – Aperçu écologique et répartition. Comm. Orale, 1ères journées d'étude sur l'agriculture de montagne, 13 - 14 mai 1997, Mascara.
- **Delaunois A., 1976.** Travaux pratiques de pédologie générale. 2-86p.
- **Desire C. - Villeneuve F. 1965.** Zoologie, 1M, Bordas, 323p.
- **Djaroun, N - Moussaoui, T. 2016.** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de quatre stations, avec des altitudes différentes dans la commune de Boghani de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en science agronomique. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie : 50pp.
- **Djatita O., 2019.** Évaluation des effets de l'herbicide Cossack(od) sur les paramètres physiologiques de l'escargot P 6).
- **DJENAD Dalila -DEFFOURE Merzouk. 2023.** Contribution à l'étude de la biodiversité des esCargots terrestres au jardin d'essai el hamma alger. Mémoire de fin d'études : Protection des forêts, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Douafer L - Soltani N. 2014.** Inventory of Land Snails in Some Sites in the North-East Algeria: Correlation with Soil Characteristics. *Advances in Environmental Biology*, 8(1), 236- 243
- **Duchaufour P., 1989.** Pédologie et groupes écologiques : Rôle du type d'humus et du pH. *Bulletin d'écologie*, n°20.
- **Duthil J., 1971.** Eléments d'écologie et d'agronomie : connaissance du milieu. *Sciences de la vie. Tome I.* Baillièrè, Paris, 265p.
- **Dwek M. V., Ross H. A., Streets A. J., Brooks S. A., Adam E., Titcomb A., Woodside J. V., Schumacher U. and Leathem A. J. 2001.** Helix Pomatia Agglutinin Lectin-Binding Oligosaccharides of Aggressive Breast Cancer. *International Journal of Cancer* 95 (2): 79-85. [https://doi.org/10.1002/1097-0215\(20010320\)95:23.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1097-0215(20010320)95:23.0.CO;2-E)
- **Edward, C.A., Subler, S., Chen, S.K., Bogomolov, D.M., 1996.** Essential criteria for selecting bioindicator species, processes, or systems to assess the environmental impact of chemicals on soil ecosystems. In: Van Straalen, N.M., Krivolutsky, D.A., (Eds). *Bioindicator Systems for Soil Pollution.* Kluwer, Amsterdam, The Netherlands, 67-84.

- **Eijsackers H., 1983.** Soilfauna and soilmicroflora as possible indicators of soilpollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 3: 307-316.
- **Emberton K.C .Pearce T.A and Randalana R. 1996.** Quantitatively sampling landsnail
- **Farida SOUFANE - Sara CHEKKOUF. 2019.** Inventaire des gastéropodes terrestres dans deux sites de la région de Mila (Sidi Khelifa et Zeghaia). Mémoire de Master : Protection des écosystèmes, Centre Universitaire de Mila.
- **Gaillard J., 1991.** Les Mollusques, document polycopié du module de la conférence sur les animaux venimeux au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, Juillet 1999. 1-18.
- **Garar B., 2015.** Caractérisation Morphophysologique de la Toxicité du ZnO (Nanoparticulemanufacturée) sur l'escargot l' Helix aspersa bio indicateur de pollution de l'environnement.
- **Garnault P., 1988.** Sur les phénomènes de la fécondation chez Helix aspersa et Arionempiricorum. *Zool. Anz.*, 11: 37-31
- **Gauchers F - Solter H. 1981.** Base de la production végétale : le sol, Edition Techniques agricoles.
- **Gauchers G., 1968.** Traité de Pédologie Agricole. Le sol et ses caractéristiques agronomiques. Ed. Dunod. Paris, 578 p.
- **Gimbert F., 2006.** Cinétique de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de doctorat en sciences de la vie université de FRANCHE-COMTE, 172p
- **Gomot A., 1997.** Effets des métaux lourds sur le développement des escargots. Utilisation des escargots comme bio-indicateurs de pollution par les métaux lourds pour la préservation de la santé de l'homme. *Bull. Acad. Natl. Méd*, 181, 59-75.
- **Gomot L - Enée J. 1980.** Biologie de la reproduction de l'escargot Helix aspersa Muller :Lesphases de la croissance et de la différenciation sexuelle. *Atti. Accad. Fisiocrit. Sienna*,37 : 73-85
- **Grassé, P. P - Doumenc, D. 1995.** Zoologie I. Invertébrés. Ed. Masson, Paris. 263p
- **Grassé, P. P. -Doumenc, D. 1998.** Zoologie. Invertébrés, Ed. Dunod, Paris. 296p.

- **Grewal P. S., Grewal S. K., Tan L and Adams B. J. 2003.** Parasitism of molluscs by nematodes: Types of associations and evolutionary trends. *Journal of Nematology* 35 (2): 146- 156.
- **Grizimek B - Fontaine M. 1973.** *Le Monde Animal*, Edition stauffacher S.A., Zurich volume III : Mollusque Echinodermes 19-23, 123-134.
- **Heusser S. - Dupuy H. G. 1998.** *Atlas biologie animale 2. Les grandes fonctions.* Dunod, Paris. 203 p.
- **HEUSSER S. - DUPUY H. G. 2011.** Synthèse de la structure tissulaire à la réalisation des fonctions chez les gastéropodes pulmonés (I), éléments d’histologie et de physiologie des espèces *Helix aspersa* et *Helix pomatia*. *Folia conchyliologica* N°10, 26 p.(Tlemcen, Algérie), p20.
- **Hoorman, J. J. - R. Islam. 2010.** Understing soil microbes and nutrient recycling. [http://www.Univ-Lyon 1 .Fr/mycolgie/Sitejabo_myco/enseignements/Thèses autres.htm](http://www.Univ-Lyon1.fr/mycolgie/Sitejabo_myco/enseignements/Thèsesautres.htm).
- **Hopkin, S.P., 1993.** In situ biological monitoring of pollution in terrestrial and aquaticecosystems. In : Calow P (Ed). *Handbook of Ecotoxicology*, Blackwell, Oxford, 397- 427.
- **ISO., 2006.** Qualité du sol - Effets des polluants vis-à-vis des escargots juvéniles(Helicidae) -Détermination des effets sur la croissance par contamination du sol, Genève,. 31.
- **Jeffery S., 2010.** *European Atlas of Soil Biodiversity.* European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 128 p.
- **Jeppesen L.L - Nygardj, K. 1976.** The influence of photoperiod, temperature and internal factors on the hibernation of *Helix pomatia* L. (Gastropoda, Pulmonata). *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening*, 139, 305–329.
- **Jess S - Marks R.J. 1998.** Effect of temperature and photoperiod on growth and reproduction of *Helix aspersa* var. *maxima*. *Journal of Agricultural Science*, 130, 367- 372.
- **Joëlle, M., 2015.** L’adaptation des escargots. Lycée Jules- Hordouin Mansart.

- **Jorda S., 2008.** Le monde vivant. Classification des gastéropodes. *Gastropoda. J. of Arid Environ.* , 68 : 588-598.
- **Kadjoudj N., 2022.** Etude bioécologique des insectes vecteurs des maladies parasitaires telles que la leishmaniose et virales à transmission vectorielle dans les régions subhumides et semi-arides, Thèse de Doctorat, Biodiversité et valorisation des ressources naturelles, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila
- **Karas F., 2009.** Gastéropodes terrestres, invertébrés continentaux des pays de la Loire. *Gretia* 379-387.
- **Kerdoud S., 2006.** Basant versant Beni Haroun eau et pollution. Mémoire de Magistère en Aménagement du territoire. Université Mentouri, Constantine .7- 22-55-57p.
- **Kerney M.D - Cameron R.A.D. 2006.** Guide des escargots et limaces d'Europe, identification et biologie de plus de 300 espèces. Ed. Delachaux et Niestle. Paris, 386p.
- **Kerney M.P - Cameron, R.A.D. 1979.** A Field Guide to the Land Snails of Britain and NW Europe. London, William Collins Sons & Co. Ltd., 288 p.
- **Lanzmann - Petithory D. 2001.** Alpha-linolenic acid and cardiovascular diseases. *The Journal of Nutrition, Health & Aging.* 5(3): 179-183.
- **Laporta-Ferreira I. L - Salomão M. D. G. 2004.** Reptilian Predators of Terrestrial Gastropods. In: Barker, G. (Ed.), *Natural enemies of terrestrial molluscs.* CAB International, Wallingford (UK). 427-482 pp
- **Larba R - Soltani N. 2014.** Diversity of the terrestrial gastropods in the Northeast Algeria: Spatial and temporal distribution. *Europe. Jour. Experim. Biol.*, 3 (4): 209-215.
- **Lazli A., 2003.** Contribution à l'étude de deux populations de mésange bleue (*Pauscaemleis ultramarines*) nichant dans deux habitats du Nord-EST algérien : structure du régime alimentaire et effet de la manipulation des niches sur les paramètres morphologiques et hématologiques des poussins. Mémoire de Magister. Université d'Annaba. pp.2-80.
- **Lévêque C., 1971.** Etude bibliographique des mollusques. PP : 285-300.

- **Lévêque, C., 1973.** Dynamique des peuplements, biologie, et estimation de la production des mollusques benthiques du lac Tchad. Cah. ORSTOM sér. Hydrobiol, 7, 117-147.
- **Lockyer A. E., Jones C. S., Noble L. R and Rollinson D. 2004.** Trematodes and snails: An intimate association. Canadian Journal of Zoology 82 (2): 251-69. <https://doi.org/10.1139/z03-215>.
- **Maissiat, J . Baehr, J. C. and Picaud, J.L. 1998.** Biologie animale des invertébrés. 1er édition. Ed. Dunod. France. 239p.
- **Maissiat, J.C. - Picaud, J.L. 2011.** Biologie animale. Ed. Dunod, 239p.
- **McBride M.B., 1994.** Environmental Chemistry of soils. Oxford University Press. New York, 406 p.
- **Meglitsch P. A., 1974.** Zoologie des Invertébrés, Tome 2, des vers aux arthropodes (Annélides, Mollusques, Chélicérates). Ed. Doin, Paris, France. 306p
- **Mlle LALIAM Tidia., 2022.** Inventaire des gastéropodes terrestres au niveau de la région d’Azazga(TiziOuzou, Algérie). Mémoire de Master : protection des végétaux, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU.
- **Morel J.L., 1997.** Bioavailability of Trace Elements to Terrestrial Plants. Soil Ecotoxicology, J. Tarradellas, G. Bitton and D. Rossel ed., Lewis Publishers, pp. 141-176.
- **Nedjoua Zaidi , Louiza Douafer and Amel Hamdani . 2021.** Diversity and abundance of terrestrial gastropods in Skikda region (North-East Algeria): correlation with soil physicochemical factors. The Journal of Basic and Applied Zoology. (2021) 82:41
- **Nekola J.C - Smith T.M. 1999.** Terrestrial gastropod richness patterns in Wisconsin carbonate cliff communities. Malacologia., 41: 253-269.
- **Pelseneer P., 1935.** Essai d’Ethologie Zoologique d’après l’Etude des Mollusques. Ed. Palais des Académies, Bruxelles. 662 p
- **Petersen C., Hermann R. J., Barg M. C., Schalkowski R., Dirksen P., Barbosa C. and Schulenburg H. 2015.** Travelling at a slug’s pace: Possible invertebrate vectors

- of caenorhabditis nematodes. BMC Ecology 15 (1): 1-13.
<https://doi.org/10.1186/s12898-015-0050-z>.
- **Phillips, D.J.H., 1977.** The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. A review. Environmental Pollution, 13: 281-317.
 - **PIRAME S.S.L., 2003.** Contribution à l'étude de la pathologie estivale de l'escargot petit gris (*Helix aspersa*) : reproduction expérimentale. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse, 99p
 - **Ponder W - Lindberg D.R. 1997.** "Towards a phylogeny of gastropod molluscs: an analysis using morphological characters". Zoological Journal of the Linnean Society, 119: 83-265.
 - **Prescott . Harley and Klein. 1995.** Microbiologie. ED Masson. p. 15-64.
 - **Raoul CALVET., 2013.** Le sol ,2e édition ; pp : 36,37 .France.
 - **Raven C.H.R.P., 1958.** Morphogenesis: the analysis of Molluscan development. Pergamon Press. Anonyme., 2002.COSEPAC (Comité sur la Situation des Espèces en Péril Au Canada)
 - **Reutter L., 1916.** Des remèdes d'origine humaine et animale prescrits au temps des romains en Europe (suite et fin). Bulletin de la Société d'histoire de la pharmacie 4 (13) : 201- 204. <https://doi.org/10.3406/pharm.1916.2296>.
 - **Riddle W.A., 1986.** Physiological ecology of land snails and slugs. In: Russell-Hunter, W.D. Ed. The Mollusca Academic, 6, 431-461 p.
 - **Robitaille J.M., Seguin C., Pepin D., Van Berkomp G., Hau-pale J., Chauvehe G., St and Arnaud M. 1973.** Biosphère. Tome 1. Écologie, mécanisme de l'adaptation. Recherche et marketing pp. 123-179.
 - **Saleudin A S.M . Farrel C.L. and Gomot L. 1983.** Brain extract causes amoeboid movement in vitro in oocytes in *Helix aspersa* (Mollusca). Int. J. Invert. Reprod, 6: 31-34 Thompson, T. (1973).– Euthy neuron and other molluscan spermatozoa. Malacologia, 14: 167-206
 - **Salgueiro E - Reyss A. 2002.** Biologie de la reproduction sexuée. Belin., P33.60.

- **Samer Chantaf., 2011.** Biométrie par signaux physiologiques. Autre. Université Paris-Est, 2011. Français.
- **Sanchez - Hernandez J.C. 2011.** Pesticide biomarkers in terrestrial invertebrates, pesticides in the modern world-Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment, Dr. Margarita Stoytcheva (Ed.), ISBN: 978-953-307-457-3.
- **Sarra HEMISSI - Kenza GUEDREZ. 2019.** Inventaire des gastéropodes terrestres dans deux sites de la région de Mila (Rouached et Oued-endja). Mémoire de Master : Protection des écosystèmes, Centre Universitaire de Mila.
- **Schütt H., 2001.** Die Türkische Landschnecken 1758-2000. Acta Biologica Benrodis, Suppl. 4: 550 p.
- **Selloum A., 2013.** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de deux stations au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou (Aneir Amellal et Ben Khedda). Mémoire d'ingénieur en Biologie. UMMTO. 51p.
- species richness in Madagascan rainforests. Malacologia., 38 : 203-212.
- **Spellerberg, I.F., 2005.** Monitoring ecological change. Second Edition, Cambridge.
- **Steinmetz L., 2002.** Intoxication des bovins par les molluscucides (métaldéhyde et methiocarbe): Symptomlogie, traitement : Lyon. Thèse n°183-PP : 05-06p
- **Stievenart C - Hardouin J. 1990.** Manuel d'élevage des escargots géants sous les tropiques (Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) 1990 ISBN 92 9081 076 9).
- **Théron, A – Vallin. J. 1981.** Sciences naturelles. Écologie, Géologie, Physiologie. CollectionCh. Désiré.
- **Vauflery A., 2012.** Les escargots bio-indicateurs de la qualité des sols, Snailwatch : analyse en laboratoire ou in situ de la biodisponibilité des contaminants
- **Vermeij J. G., 1993.** A natural history of shells. Princeton univ. press. 203p.
- **Vernal A - Leduc J. 2000.** Paléontologie SCT. Pp 65-81..
- **Viard - La Rocca B., 2004.** Mise au point et validation, sur sites contaminés, (ETM-HAP) d'un test de biosurveillance en microcosme : Croissance et bioaccumulation par

- le gastéropode terrestre *Helix aspersa*. Thèse en Sciences de la Vie, Université de Metz, 266 p.
- **Walker, K , Walton, K., Edwards, E., Hitchmough, R., Payton, I., Barker, G. M - Michel, P. 2022.** Conservation status of New Zealand indigenous terrestrial Gastropoda (slugs and snails) - Part 3: Rhytididae (carnivorous snails)
 - **Wesołowska W - Wesołowski T. 2014.** Do Leucochloridium sporocysts manipulate the behaviour of their snail hosts?. *Journal of Zoology* 292 (3): 151-155. <https://doi.org/10.1111/jzo.12094>.
 - **Yves R - Cranga F. 1997.** Mémoires de la société archéologique du midi de la France ; l'escargot danZaafour, M. 2014. Etude écophysiologique de la reproduction de l'escargot terrestre PetitGris (*Helix aspersa aspersa*, Gastropoda, Stylommatophora; Helicidae) dans la région NordEst d'Aannaba-Algérie. Thèse de doctorat d'état. Université Bdji Mokhta-Annaba. 126p s le midi de la France, approche iconographique.
 - **Zouaghi, B. H., 2015.** Study of thebehavior/adaptation of non-target biological models exposed to multiple pollution, *J. Bio.& Env.*

Webographie

- **SITE(1).** O. Gargominy, site : [www : www.inpn.mnhn.fr](http://www.inpn.mnhn.fr).
- **SITE(2)** <https://hal.science/hal-01198600v1/file/C55Leguyader.pdf>
- **SITE(3).** [https ://www.maxicours.comcours/differents-appareils-respiratoires-pour-le-mêmeair](https://www.maxicours.comcours/differents-appareils-respiratoires-pour-le-memeair).
- **SITE(4)** www.Google Earth
- **SITE(5)**http://www.old.gretia.org/dossiers_liens/nosact/inv_pdl/pdf/Fiches_taxons/Gasteropodes%20terrestres.pdf
- **SITE(6)** Administrative, Organisation. 2021. Disponible à :https://interieur.gov.dz/Monographie/article_detail.php?lien=729&wilaya=43&fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAR2xLKukBSS8UwQrTnlXA1_iK3IIgshVMUg4gkeYubGttRy2mVmNbrRdTAQ_aem_Ad9utN6LcjdkffoJdfFAfaDvQDPRExOxVOAQWJq97aUyoVgn_mUXOt2v2GBJAp8jEEyMM-QGAaUkLuv3-8AZ8yI.
- **SITE(7)** file:///C:/Users/acer/Downloads/dbastia,+REMT13_117_122.pdf