

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° Réf :.....

Centre Universitaire

Abdelhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

**Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master
En :**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

**Inventaire des gastéropodes terrestres dans deux sites de
la région de Mila (Sidi Khelifa et Zeghaia)**

Préparé par :

-Farida SOUFANE

-Sara CHEKKOUF

Soutenue devant le jury :

- M^{me} Saliha NACEREDDINE KHARIF Présidente : MAA Centre Universitaire de Mila

- M^{me} Hakima TAYAA Examinatrice : MCA Centre Universitaire de Mila

- M^{me} Louiza DOUAFER Promotrice : MCB Centre Universitaire de Mila

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

*Au terme de cette étude, nous remercions avant tout **Dieu le Tout Puissant**, de m'avoir donné la foi et le courage et de m'avoir guidé pour l'accomplissement de ce modeste travail.*

*Nous remercions vivement **M^{me} S. Nacereddine Kharif (MAA)**, pour avoir accepté de présider le jury et pour ses nombreux commentaires utiles pour un travail futur dans ce domaine de recherche.*

*Nous exprimons mes plus profonds remerciements à **M^{me} Hakima TAYAA (MCA)**, d'avoir accepté de juger ce travail, ses critiques et suggestions me seront certainement utiles.*

*Mes remerciements vont également à mon encadreur: **M^{me} DOUAFER Louiza (MCB)**, pour avoir accepté de participer au jury et de me faire l'honneur de guider cette thèse.*

*Nous tenons ainsi à remercier tout spécialement Monsieur **A.LAALA**, pour ses précieux conseils.*

*Mes reconnaissances vont également Monsieur **L. SMARA** et Monsieur **S. TABET**, qui a eu l'amabilité de répondre à mes questions durant mes recherches et de donner pour des précieux conseils.*

Nous voudrions remercier tous ceux qui, de quelque manière que ce soit, par un conseil, une idée, un coup de main ou, tout simplement leur amitié, m'ont aidée à réaliser ce travail.

A tous, nous disons Merci.

Farida & Sara

DEDICACE

Je dédis ce travail

A mes parents pour avoir toujours cru en moi et m'avoir toujours soutenue malgré l'adversité, pour toutes les souffrances qu'ils ont endurées pour nous assurer une bonne éducation et nous permettre une vie décente.

A mon fiancé, que n'a pas cessé de m'encourager et d'aider à la réalisation de ce modeste travail.

A mes chères frères qui m'ont soutenu dans toutes mes démarches, en particulier mes études.

A mes femmes de mes frères et à leurs enfants.

A ma chère belle sœur, son marie et ses enfants.

*A mes meilleurs amis, et en particulièrement **Ahlem** et **Hiba**.*

*A mon binôme et mon amie **Sara**.*

A tous les membres de la famille Soufane.

A mes camarades de la promotion de 2^{ème} Année Master

Écologie 2019.

A tous le monde m'a aidé à accomplir ce travail, même avec un mot.

A mon pays.

Farida

Dédicace

En tout premier lieu, je dédie Allah le tout-puissant de m'avoir donné la force et le courage pour dépasser toutes les difficultés.

Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour, sincérité et fierté.

À Mon père qui m'a toujours orienté vers tous ce qui est bien et à qui je dois tous le respect qui Dieu lui accord santé et longue vie.

Ma chères Maman, source de tendresse, de noblesse, d'affection et d'encouragement de tous ce qui je lui dois.

À mes chères sœurs: Yassamine, Randa, Ikhlas, Asma, Iman, en témoignage des fraternités, avec mes souhaits de bonheurs de santé et de succès.

Les enfants : Omayma, Baha, Safia, Iyade, Zaid.

À tout les membres de ma très chère famille.

Et à toutes mes amies surtout Souad.

A mes camarades de promotion de 2ème Année Master Écologie 2019.

Et à tout qui compulse ce modeste travail.

Sara

Résumés

Résumé

Cette étude vise à réaliser un inventaire des gastéropodes terrestres avec l'évaluation de la biodiversité dans la commune de Sidi Khelifa et Zeghaia située dans la wilaya de Mila, pendant la période s'étalant d'octobre 2018 à mai 2019. L'inventaire révèle l'existence de huit (8) espèces appartenant à trois (3) familles malacologiques qui sont : Helicidae (*Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Otala lactea* et *Helicella virgata*), Milacidae (*Milax gagates*, *Milax nigricans*) et Subulinidae (*Rumina decollata*).

Les indices écologiques varient en fonction des sites et des saisons, les résultats obtenus d'inventaire montrent l'étendue de la biodiversité des gastéropodes pulmonés terrestres avec une prédominance de *Helix aperta* à Zeghaia et *Dupotetia alabastra zonata* à Sidi Khelifa suivie par *Helix aspersa* et *Helicella virgata*. L'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'équitabilité présentent des valeurs importantes, ce qui confirme la diversité des espèces et l'équilibre de la répartition entre la population des gastéropodes, ces indices sont en relation étroite avec les propriétés physico-chimiques du sol. L'analyse physico-chimique des sols indique que les sols des deux sites, de pH_{eau} alcalins, de texture en général argilo-limoneuse, ne sont pas salés et d'une porosité assez faible.

La diversité et la variation de la distribution des gastéropodes sont corrélées avec plusieurs facteurs, essentiellement : la saison, la disponibilité de la végétation, les propriétés physico-chimiques du sol et sa qualité. D'après cette étude on peut caractériser les espèces les plus abondantes (*Helix aspersa*, *Dupotetia alabastra zonata*) comme des espèces bioindicatrice pour évaluer la pollution des sols.

Mots clés: inventaire, gastéropodes pulmonés terrestres, biodiversité, indices écologiques, paramètres physico-chimiques des sols, Mila, bioindicatrice.

Abstract

This study aims to carry out an inventory of terrestrial gastropods with the evaluation of biodiversity in the commune of Sidi Khelifa and Zeghaia situated in the state of Mila, during the period from October 2018 to may 2019. The inventory reveals the existence of eight (8) species belonging to three (3) malacological families that are: Helicidae (*Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Otala lactea* and *Helicella virgata*), Milacidae (*Milax gagates*, *Milax nigricans*) and Subulinidae (*Rumina decollata*).

The ecological indices vary according to sites and seasons, the inventory results show the extent of the biodiversity of terrestrial pulmonata gastropods with predominance of *Helix aperta* to Zeghaia and *Dupotetia alabastra zonata* to Sidi Khelifa followed by *Helix aspersa* and *Helicella virgata*. The Shanon- Weaver diversity index and fairness are important values, confirming the diversity of species and distribution among the gastropod population; these indices are closely related to the physico-chemical properties of the soil. The physico-chemical analysis of the soils indicates that the soils from the two sites are of alkaline water pH, of texture in general Silty clay, are not salty and of a rather weak porosity.

The diversity and the variation of the distribution the gastropods are correlated with several factors, essentially: the season, the availability of the vegetation and the physico-chemical properties of the grounds and its quality. According to this study it is possible to characterize the most abandoned species as bioindicatrice species to evaluate the pollution of the soils.

Keywords: inventory, terrestrial pulmonary gastropods, biodiversity, ecological indices, the physic-chemical analysis of the soils, Mila, bioindicatrice.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى إجراء جرد للرخويات الأرضية و تقييم التنوع البيولوجي وتحديدھا في كل من بلدية سيدي خليفة و زغاية المتواجدين بولاية ميلة، خلال الفترة الممتدة من أكتوبر 2018 إلى ماي 2019. والتي تكشف عن وجود 8 أنواع تنتمي إلى 3 عائلات هي:

Helicidae (*Helix aspersa*, *Helix aperta*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Otala lactea* و *Helicella virgata*), Milacidae (*Milax gagates*, *Milax nigricans*) و Subulinidae (*Rumina decollata*).

تختلف المؤشرات الإيكولوجية وفقا للمواقع والمواسم. حيث توضح النتائج التي تم الحصول عليها مدى التنوع البيولوجي للرخويات الأرضية الرئوية مع تفوق *Helix aperta* بزغاية و *Dupotetia alabastra zonata* بسيدي خليفة يتبع من قبل *Helix aspersa* و *Helicella virgata*. إن لمؤشر التنوع Shanon-Weaver و *équitabilité* قيمتان مهمتان، حيث تؤكدان تنوع الأنواع والتوزيع بين سكان الرخويات، ترتبط هذه المؤشرات ارتباطا وثيقا بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. يشير التحليل الفيزيوكيميائي للتربة إلى أنها ذات تركيبة قلووية غير مالحة ذو رطوبة معتبرة وذات مسامية ضعيفة إلى حد ما على مستوى المنطقتين.

يرتبط تنوع وتفاوت توزيع الرخويات بعدة عوامل، أهمها: الموسم، توافر الغطاء النباتي، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأرض ونوعيته. وفقا لهذه الدراسة، نستطيع أن نميز الأنواع الأكثر وفرة *Dupotetia alabastra zonata* , *Helix aspersa* مثل أنواع المؤثرات الحيوية لتقييم تلوث التربة.

الكلمات المفتاحية: جرد، الرخويات الأرضية، التنوع البيولوجي، العوامل البيئية، التربة، التحليل الفيزيوكيميائي، ميلة، المؤثرات الحيوية.

Sommaire

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

1. Introduction	1
2. Synthèse bibliographique	4
2.1. Généralité sur les gastéropodes terrestres.....	4
2.2. Systématique.....	4
2.3. Anatomie générale.....	4
2.3.1. Anatomie externe.....	4
2.3.2. Anatomie interne.....	6
2.4. Biologie de l'escargot.....	8
2.4.1. Alimentation des escargots.....	8
2.4.2. Rythme d'activité des escargots.....	9
2.4.3. La croissance des escargots.....	10
2.4.4. Habitat des escargots.....	11
2.4.5. Longévité des escargots.....	11
2.4.6. Reproduction des escargots.....	11
2.5. Utilité de l'escargot en écotoxicologie (Bioindication).....	12
2.6. Répartition des gastéropodes terrestres.....	13
2.6.1. Mondiale.....	13
2.6.2. Régionale.....	13
2.7. Présentation de la région de Mila (la région d'étude).....	14
2.7.1. Situation géographique.....	14
2.7.2. Topographique.....	14
2.7.3. Géologie et hydrologie.....	15
2.7.4. Pédologie.....	15
2.7.5. Climatologie.....	15
2.7.6. Végétation.....	16
3. Matériel et Méthodes	17
3.1. Présentation des sites d'étude.....	17

3.1.1. Présentation du site « Sidi Khelifa ».....	17
3.1.2. Présentation du site « Zeghaia ».....	17
3.2. Inventaire des gastéropodes terrestres.....	18
3.3. Méthode d'échantillonnage.....	19
3.3.1. Biométrie des espèces.....	19
3.3.1.1. Poids des escargots.....	19
3.3.1.2. Hauteur et diamètre de la coquille.....	19
3.3.2. Indice écologique.....	20
3.3.2.1. Indice de structure.....	20
3.3.2.2. Indice de composition.....	21
3.4. Inventaire de la flore dans les sites d'étude.....	22
3.5. Analyse des propriétés physico-chimiques du sol.....	22
3.5.1. Prélèvement des sols.....	22
3.5.2. Paramètres physico-chimiques des sols.....	22
3.5.2.1. pH _{eau} de sol.....	22
3.5.2.2. L'humidité (la texture).....	23
3.5.2.3. Conductivité électrique (CE).....	24
3.5.2.4. Porosité.....	25
3.6. Traitement statistique des données.....	26
4. Résultats.....	27
4.1. Inventaire des gastéropodes dans les sites d'étude.....	27
4.1.1. Structure des gastéropodes terrestres dans les sites d'étude.....	30
4.2. Biométrie des espèces.....	32
4.2.1. Le poids des gastéropodes.....	32
4.2.2. Le diamètre de la coquille des gastéropodes.....	35
4.2.3. L'hauteur de la coquille des gastéropodes.....	37
4.3. Indice écologique.....	39
4.3.1. Indice de composition.....	39
4.3.2. Indice de structure.....	42
4.4. Inventaire de la flore dans les sites d'étude.....	44
4.5. Analyse physico-chimique du sol dans les différents sites d'étude.....	45
4.5.1. Le pH _{eau}	45
4.5.2. Conductivité électrique (CE).....	46

4.5.3. Humidité (h).....	46
4.5.4. Porosité.....	47
5. Discussion.....	48
5.1. Inventaire des gastéropodes terrestres.....	48
5.2. Biométrie des espèces.....	49
5.3. Indice écologique.....	50
5.4. Inventaire de la flore.....	52
5.5. Les paramètres physico-chimiques du sol.....	52
6. Conclusion.....	56
7. Références bibliographiques	
8. Annexe	

Liste des tableaux

N°	Titres	pages
1	Les moyennes mensuelles des températures (C°) enregistrées dans l'année (octobre 2018 - mai 2019) dans la région de Mila (Station Météorologique d'Ain Tinn, 2018 et Google Météo, 2019).	16
2	La gamme de pH _{eau} des sols (Gauchers & Solter, 1981).	23
3	Echelle de la texture (Gauchers, 1968).	24
4	Echelle de salinité du sol (Delaunois, 1976).	25
5	Classification des sols d'après leur porosité (Delaunois, 1976).	26
6	Les espèces des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa et Zeghaia) (octobre 2018 - mai 2019).	27
7	Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Sidi Khelifa (octobre 2018- mai 2019).	29
8	Effectifs des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Zeghaia (octobre 2018- mai 2019).	30
9	Moyennes pondérales (m ± s, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Sidi Khelifa (n=20).	33
10	Moyennes pondérales (m ± s, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Zeghaia (n=20).	34
11	Moyennes des diamètres (m ± s, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Sidi Khelifa (n=20).	36
12	Moyennes des diamètres (m ± s, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Zeghaia (n=20).	36
13	Moyennes des hauteurs (m ± s, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Sidi Khelifa (n=20).	38
14	Moyennes des hauteurs (m ± s, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Zeghaia (n=20).	38
15	Richesse totale (S) et moyenne (S') des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).	39
16	La fréquence centésimale (F) en (%) des espèces recensés dans les deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).	41

17	les valeurs de la constance C (%) des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).	42
18	Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 - mai 2019).	43
19	Espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude.	44
20	Paramètres physico-chimiques des sols réalisés pendant les deux saisons (hiver et printemps) dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa et Zeghaia) ($m \pm s, n = 3$).	45

Liste des figures

N°	Titres	pages
1	Anatomie de l'escargot externe (Kerney <i>et al.</i> , 2006).	6
2	Schéma de l'appareil digestif de l'escargot (Moerman, 2013).	6
3	Schéma de l'appareil génital de l'escargot (Moerman, 2013).	7
4	Les aliments de prédilection des gastéropodes terrestres (Photo originale, 2019).	8
5	Escargot en hibernation avec son épiphragme (Photo originale, 2019).	10
6	L'accouplement (a) et l'œuf pondus dans le sol (b) des gastéropodes terrestres (Bouchebbah, 2014 & Astrid, 2011).	12
7	Localisation géographique de la wilaya de Mila (Site internet 3).	14
8	Cartographie des sites d'échantillonnage de : (a) Sidi Khelifa (b) Zeghaia (Site internet 4).	18
9	Photographie montre la mesure de deux paramètres biométriques (H : hauteur ; D : diamètre) de la coquille chez l'escargot (Photo originale, 2019).	19
10	Les espèces des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (Photo originale, 2019).	28
11	La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Sidi Khelifa.	31
12	La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Zeghaia.	31
13	Richesse Total des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).	39
14	Nombre total d'individus (Ki) recensés dans les deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).	40
15	Richesse moyenne (S') des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).	40
16	Fréquence centésimale (%) des espèces recensés dans les deux sites d'étude (octobre 2018- mai 2019).	41
17	Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') des gastéropodes terrestres recensée au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 - mai 2019).	43
18	Indice de diversité de l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensée au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 - mai 2019).	43

19	Les espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude (Photo originale, 2019).	44
20	Variation de pH_{eau} mesuré dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018- mai 2019).	45
21	Variation de la conductivité électrique (ms/s) mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018 – mai 2019).	46
22	Variation de l'humidité (%) mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018 - mai 2019).	46
23	Variation de porosité (%) mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018 - mai, 2019).	47

Liste des abréviations

ACHE : Acétylcholinestérase.

ANOVA : analyse de la variance

ANRH : Agence Nationale des ressources Hydrauliques.

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.

ETM : Eléments traces métalliques.

F : fréquence centésimale.

g : gramme.

GSH : Glutathion réduit.

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_{eau} : potentiel d'hydrogène.

RN79 : Route Nationale 79.

S : Richesse spécifique.

S' : Richesse moyenne.

T: Température.

USA: United States of America.

% : pourcentage.

Introduction

1. Introduction

La diversité du monde vivant se manifeste en particulier par le nombre d'espèces qu'abrite la Terre et par la variété des écosystèmes. La biodiversité est en menace continue grâce à l'effet nocif des activités humaines, Ainsi l'impact négatif des activités de l'Homme sur son environnement provoque sa pollution et la dégradation de sa qualité (**Pimentel, 1995**). Malheureusement, d'importantes menaces pèsent sur ce patrimoine qui se trouve soumis à des risques de dégradation. Les menaces et les pressions qui pèsent sur la biodiversité sont d'ordres naturels et anthropiques (pollution, ramassage non autorisé des espèces animales et végétales...etc) (**Cameron, 1973**). Face à ces diverses menaces et pour une éventuelle évaluation environnementale, l'inventaire est une discipline qui étudie la biodiversité d'un écosystème (**Terver, 1939 ; Chevallier, 1992**).

Les Mollusques l'un des groupes les plus importants qui contribuent à la biodiversité terrestres. Il existe dans le monde de 30,000 à 35,000 espèces de mollusques terrestres (**Tsai, 2004**). La diversité morphologique est sans doute l'une des mesures les plus intuitives de la variété biologique (**Williams & Humphries, 1996**). La faune malacologique méditerranéenne riche en gastéropodes terrestres (**Bigot, 1965 ; Bigot & Aguesse, 1984**), et en particulier la faune algérienne (**Boudchiche, 2007; Damardji, 2010 ; Douafer & Soltani, 2014**). Plusieurs travaux sont menés sur l'inventaire des gastéropodes terrestres, dans le Nord-Est Algérie (**Douafer & Soltani, 2014 ; Larba, 2014**), dans l'Ouest à Tlemcen (**Damardji, 2010**), à Mila (**Bakhi & Bakhi, 2017**).

Également le sol assure de nombreuses fonctions parmi lesquelles une fonction d'habitat et une fonction de rétention sont généralement reconnues (**ISO 17402, 2008**). La « qualité biologique des sols » fait référence à l'abondance, à l'activité et à la diversité des êtres vivants qui peuplent le sol (**Chaussod, 1996**). Alors la pollution des sols et des sous sols résulte des conséquences cumulées de diverses activités humaines, tant industrielles qu'agricoles et urbaines. Cette contamination, trop négligée jusqu'à une époque récente, est préoccupante par ses conséquences environnementales, sanitaires et socio-économiques (**Noumeur, 2008**). En raison de l'extraordinaire complexité biologique du sol, la démarche naturelle est de s'appuyer sur des « bioindicateurs », qui sont des paramètres accessibles à l'analyse et utilisables pour juger de l'état biologique des sols comme pour apprécier leur évolution sous l'effet de facteurs anthropiques (**Cluzeau et al., 2012 ; Ponge et al., 2013**). Parmi les animaux utilisables comme bioindicateurs pour révéler et évaluer la contamination des sols, notamment par les métaux, les mollusques gastéropodes pulmonés terrestres. Ces gastéropodes vivent à

l'interface sol-plantes-air et constituent une des composantes de la faune du sol. Pouvant présenter des densités élevées (**Mason, 1970**), ils appartiennent à des réseaux trophiques impliquant divers prédateurs invertébrés et vertébrés. Malgré un souci croissant de protection de l'environnement, lors de l'utilisation des produits phytosanitaires, une certaine quantité de ces substances se retrouve dans l'environnement, principalement dans l'air par dérive sous forme de gouttelettes ou sur le sol (**Pimentel, 1995**). La vitesse d'infiltration des pesticides dans le sol dépend des caractéristiques physico-chimiques du sol (humidité, taux de matière organique, pH) et du pesticide (**Merhi, 2008**).

L'utilisation des invertébrés comme bioindicateurs de la qualité des écosystèmes a une longue histoire dans les milieux aquatiques (**Phillips, 1977**) et terrestres (**Eijsackers, 1983**). Plus récemment, on s'est intéressé à la faune du sol et notamment aux escargots (**Gimbert, 2006**). Ils remplissent les critères précédemment développés et sont reconnus comme des indicateurs écologiques pertinents (**Berger & Dallinger, 1993 ; Corotet et al., 1999**). En effet, ils représentent une biomasse significative au sein de la communauté des invertébrés du sol (**Dallinger et al., 2001**) et occupent une situation privilégiée à l'interface sol-plante-atmosphère (**Barker, 2001**). De plus, ils intègrent des sources et voies de contamination multiples et possèdent des capacités de bioaccumulation importantes pour de nombreux polluants organiques (**Coeurdassier et al., 2001 ; Sverdrup et al., 2006**). Enfin, ils représentent des réponses biochimiques (**Coeurdassier et al., 2001 ; Ismert et al., 2002 ; Regoli et al., 2006**) quand ils sont exposés aux contaminants et constituent un élément des réseaux trophiques qui contribue au transfert des polluants du sol et/ou des plantes aux prédateurs (**Beedy, 1985 ; Laskowski & Hopkin, 1996b ; Scheifler et al., 2002a**).

Les inventaires faits à diverses régions montrent la richesse et la biodiversité des gastéropodes, 8 espèces de gastéropodes terrestres ont été recensées dans la Sansouire camarguaise (France) **Bigot (1965)**, tandis que 66 espèces ont été recensées dans la Virginie-Occidentale (**Hotopp et al., 2008**), 1129 espèces d'escargots terrestres sont enregistrées en Inde (**Sen et al., 2012**). En Arabie Saoudia, **Amr & Al-Shammari (2013)** ont rapporté 5 espèces dans la région de Ha'il. En Algérie, les travaux effectués sont peu nombreux, Il existe 13 espèces (**Boudchiche, 2007**) à El Kala et 11 espèces (**Douafer & Soltani, 2014**) dans le Nord-Est Algérien. Dans la région de Tlemcen, **Damerdji (2013)** a montré une richesse spécifique de 11 espèces. Dans la région de Mila, (**Bakhi & Bakhi, 2017**) ont inventoriées 6 espèces des gastéropodes à Boufouh et Chigara. Le Nord-Est de l'Algérie est un biotope caractérisé par une flore et une faune très riches, principalement au niveau du Parc National d'El Kala (**Benyacoub & Chabi, 2000**). 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**).

Dans ce contexte, cette étude vise à réaliser un inventaire des gastéropodes terrestres pour le recensement des espèces, leur structure, leur distribution et pour retenir une espèce bioindicatrice de la qualité du sol dans deux sites de la willaya de Mila (Sidi Khelifa et Zeghaia) ainsi que d'évaluer leur croissance à travers une étude morphométriques (poids corporel, hauteur et diamètre de la coquille) d'une part, et d'évaluer les paramètres physico-chimiques des sols d'autre part.

Ce travail s'organisé comme suit :

- La première partie est d'évaluer la biodiversité des mollusques gastéropodes pulmonés terrestres par l'inventaire, le recensement des gastéropodes et déterminer leur distribution.
- La deuxième partie vise à une étude biométrique (poids, diamètre et hauteur de la coquille) suivie par les indices écologiques.
- La troisième partie est consacrée à l'analyse des paramètres physico-chimiques des sols des divers sites retenus (pH_{eau} , conductivité électrique, texture et la porosité).

Synthèse
bibliographique

2. Synthèse bibliographique

2.1. Généralité sur les gastéropodes terrestres

Les gastéropodes sont la classe qui renferme les animaux les plus évolués de l'embranchement des Mollusques. Depuis leur apparition au début des temps Cambriens, les gastéropodes se sont propagés dans tous les océans, puis se sont adaptés à vivre dans les étangs et les rivières ; enfin ils ont conquis la terre ferme et tous les habitats où règne une certaine humidité. Ils sont représentés par plusieurs milliers d'espèces très diversifiées par leur forme, taille, couleur, écologie et alimentation (**Solem, 1984; Schilthuizen & Ruties, 2001; Boschi, 2011**). Ces gastéropodes se retrouvent dans de nombreux écosystèmes comme les milieux humides, les milieux secs et différentes zones boisées (**Boschi, 2011**). Dans les différents écosystèmes, les gastéropodes pulmonés terrestres occupent une grande diversité d'habitat et montrent d'énormes variations d'histoire de vie. Selon les espèces, il y a souvent des variations considérables suivant la diversité des habitats, les saisons, le climat, la tolérance écologique et la taille ou le stade de vie des individus (**Heller, 2001**).

2.2. Systématique

Selon **Bonnet & Vrillons (1990)** sa position systématique est la suivante:

- Règne:** Animalia;
- Embranchement :** Mollusca;
- Classe :** Gastéropoda;
- Sous-classe :** pulmonés;
- Ordre :** Stylomatophora;
- Super-famille :** Helicacea;
- Famille:** Helicidae (**Müller, 1774**).

2.3. Anatomie générale

2.3.1. Anatomie externe

L'escargot se compose d'une coquille et d'un corps (**Fig. 1**) :

✓ La coquille

La coquille présente approximativement un tiers du poids total de l'escargot, elle est la clef d'identification des différentes espèces et peut prendre plusieurs formes, soit conique, spiralée ou hélicoïdale souvent très régulière (**Bonnet et al., 1990**). La coquille est secrétée par des glandes situées le long du bord d'un tégument qui couvre la masse viscérale, appelée le manteau (**Kiddy, 1999**). La surface de la coquille montre de nombreuses stries de

croissance parallèles, qui sont les témoins de différentes étapes de la croissance de l'escargot. Elle contient aussi de trois à quatre spirales autour d'un axe imaginaire qui est lové dans le sens des aiguilles d'une montre (enroulement dextre), et qui part du sommet de la coquille appelé également *apex* (Désiré & Villeneuve, 1962). Elle se compose d'une partie organique (une trame protéique externe : la conchyoline, représentant 1 à 2 % de la coquille) et d'une partie minérale (carbonate de calcium sous forme de calcite et d'aragonite, représentant 98 % de la coquille).

Le rôle principal de la coquille est d'assurer la protection du corps en cas de danger.

✓ Le corps

Le corps de l'escargot est divisé en trois parties : la tête, le pied et la masse viscérale.

-La tête

Elle porte deux paires de tentacules rétractiles, les plus grandes portent les yeux à leurs extrémités, alors que les plus petites ont un rôle tactile. La bouche est localisée sous les tentacules et se compose d'une mâchoire supérieure et d'une langue coiffée d'une lame appelée *la radula*. Cette dernière est faite d'un ruban souple, portant de multiples rangées transversales de petites dents chitineuses (Cosel, 1992). Du côté droit derrière la tête se situe l'orifice génital (Bonnet, 1990).

-Le pied

Le pied soutient le corps et permet à l'escargot de progresser par reptation. Sa partie inférieure contient des glandes qui secrètent sur le support un mucus, de façon continue, créant ainsi une trace évidente brillante. Deux ouvertures sont localisées dans la partie supérieure du pied, près du bord de la coquille, ce sont l'ouverture respiratoire et l'anus (Bonnet, 1990).

-La masse viscérale :

La masse viscérale est enveloppée par le manteau et totalement enfermée dans la coquille; elle contient les organes de respiration, de circulation, de digestion et de reproduction. Entre la coquille et la portion interne du manteau, se situe la cavité palléale qui est le siège de la fonction respiratoire, et contient le poumon qui assure la respiration aérienne chez les escargots (Bonnet, 1990).

Pour le reste de la masse viscérale, contenue dans la coquille, on remarque la présence de :

- Le pneumostome, orifice de la cavité palléale pour la respiration.
- L'anus qui est situé en dessous du pneumostome.

- L'orifice urinaire : invisible, car il est trop petit.

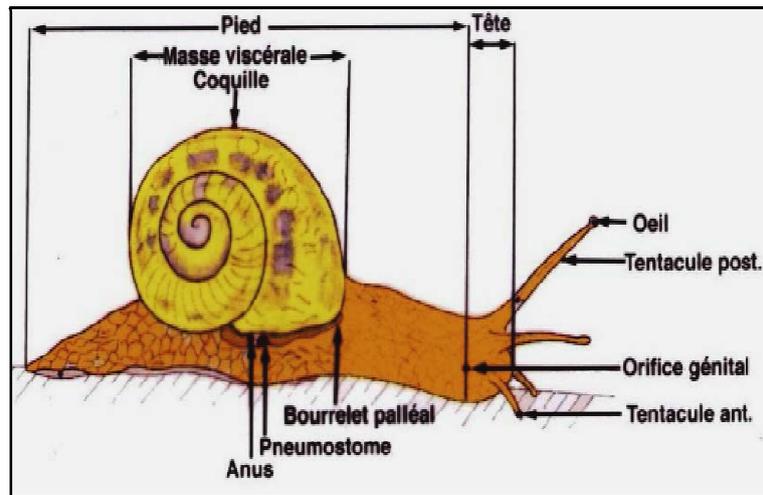


Figure 1. Anatomie de l'escargot externe (Kerney *et al.*, 2006).

2.3.2. Anatomie interne

✓ Appareil digestif

L'appareil digestif est formé de plusieurs organes. Ce sont successivement, de l'avant vers l'arrière, La bouche se prolonge par un bulbe buccal à l'intérieur duquel se trouve une langue musculaire recouverte d'une lame cornée qui sert à la prise alimentaire grâce à la bulbe (Sandrine *et al.*, 1972). Se suivie d'un court œsophage puis du jabot qui donne accès à l'estomac. Ensuite vient l'intestin entouré par l'hépatopancréas est relié au mésentéron (partie moyenne du tube digestif regroupant l'estomac et l'intestin) par le biais d'un canal hépatopancréatique. L'appareil digestif se termine par le rectum et l'anus (Fig. 2).

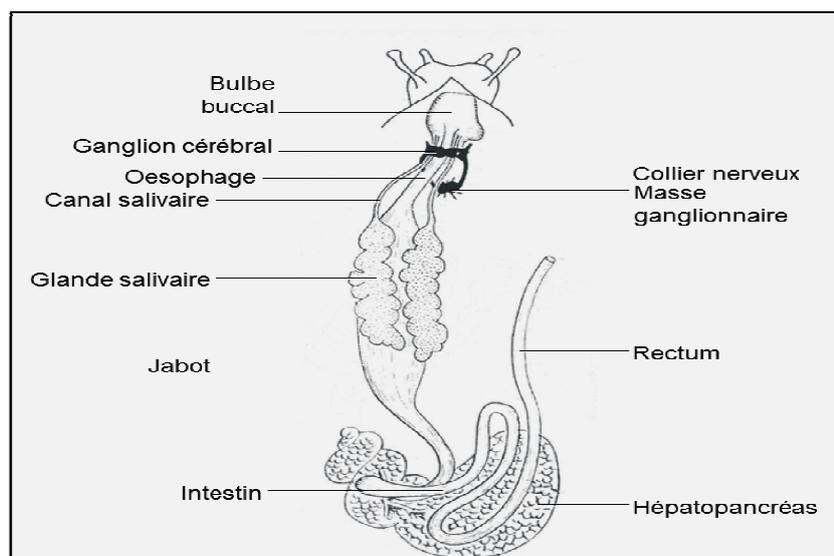


Figure 2. Schéma de l'appareil digestif de l'escargot (Moerman, 2013).

✓ **Systèmes nerveux**

Le système nerveux des gastéropodes se compose d'abord de trois sortes de ganglions :

- Deux ganglions cérébroïdes situés au-dessus de l'œsophage.
- Deux ganglions pédieux réunis par une commissure et innervant le pied.
- Des ganglions viscéraux au nombre de 3 à 5 situés également sous l'œsophage et en arrière.

Les pulmonés possèdent les mêmes ganglions que les autres gastéropodes avec cette particularité qu'ils sont concentrés autour de l'œsophage et qu'ils n'ont pas été atteints par la torsion de la masse viscérale, de telle sorte que leur système nerveux est encore orthoneure, mais il a un aspect tout particulier à cause de la grande concentration des ganglions : les palléaux, les intestinaux et les viscéraux sont ramassés en une masse unique, le centre asymétrique (**Site internet 1**).

✓ **Appareil génital**

L'appareil génital des gastéropodes offre toujours un développement très considérable, il s'étend généralement depuis la région du foie jusque vers l'un des côtés du cou; il traverse donc la cavité du corps dans sa plus grande longueur. Chez les gastéropodes pourvus des deux sexes, cet appareil se compose d'abord d'une glande hermaphrodite sécrétant à la fois les ovules et le sperme. De la base de cette glande part un canal excréteur généralement tortueux, servant au passage des ovules et de la semence, et communiquant inférieurement avec deux autres conduits, l'un très large qui a reçu le nom d'oviducte, l'autre beaucoup plus étroit, appelé canal déférent. L'oviducte et le canal déférent restent généralement accolés dans une grande partie de leur trajet; ils se séparent ensuite, pour se réunir de nouveau au moment de leur sortie dans une cavité commune (appelée le vestibule) (**Limace, Helix**) (**Baudelot, 1863**) (**Fig. 3**).

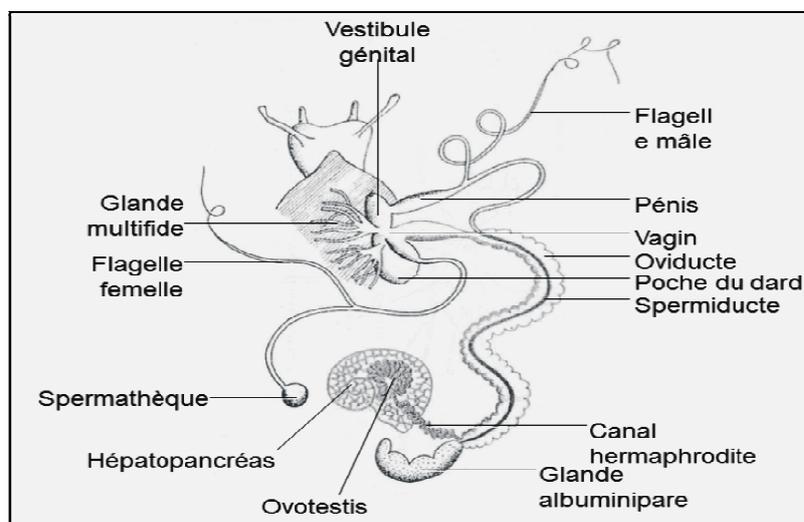


Figure 3. Schéma de l'appareil génital de l'escargot (**Moerman, 2013**).

✓ **Système circulatoire**

Les mollusques n'ont pas de système absorbant distinct, mais le produit de la digestion (chyle) passe dans la cavité abdominale générale et de là dans les grandes veines qui sont perforées de nombreuses ouvertures circulaires. Les organes circulatoires sont le cœur, les artères et les veines; le sang est incolore ou d'un blanc bleuâtre pâle. Le cœur se compose d'une oreillette (divisée quelquefois en deux), qui reçoit le sang des branchies, et d'un ventricule musculaire qui le chasse dans les artères du corps. Les extrémités capillaires des artères, il se réunit de nouveau dans les veines, circule une seconde fois (**Baudelot, 1863**).

✓ **Système respiratoire**

Quant à la disposition des organes de la respiration. Nous dirons seulement que tantôt ils ont la forme de poumons (**Edwards, 1834**). Donc le poumon est une poche formée de l'épithélium palléal, irrigué par les vaisseaux pulmonaires, l'air y circule au travers du pneumostome par des mouvements de contraction de son ouverture (**Sandrine et al., 1972**). Donc la respiration est aérienne.

2.4. Biologie de l'escargot

2.4.1. Alimentation des escargots

Tous les gastéropodes terrestres sont herbivores et leurs déprédations ne sont que trop bien connues des jardiniers et des fermiers, ils mangent essentiellement à la nuit qui pressent les aliments grâce à la radula, leur langue couverte de petites dents. Ils montrent une préférence pour certaines plantes; ainsi ils affectionnent particulièrement les pois et les choux, mais ils ont en horreur la moutarde blanche et jeûnent ou changent de quartier tant que cette plante occupe le sol (**Woodward et al., 1870**). Parmi leurs aliments de prédilection, on peut citer : la salade, les carottes, les orties, le colza, les pissenlits, la pomme, la tomate...etc. Les limaces aussi sont attirées par les champignons ou par toutes les substances odorantes, ils consomment les espèces végétales cultivées (plantules de colza, de blé, de tournesol, d'orge, de maïs, tubercule de pomme de terre et matière organique en décomposition) ainsi que les cadavres d'invertébrés (**Fig. 4**).



Figure 4. Les aliments de prédilection des gastéropodes terrestres (**Photo originale, 2019**).

2.4.2. Rythme d'activité des escargots

L'activité des escargots et limaces est rythmée par la nécessité d'échapper à la dessiccation. Ils sont donc plus actifs la nuit ou par temps humide. La survie pendant les périodes les plus sèches est assurée par la coquille dans laquelle l'individu est protégé de l'évaporation. Les limaces dépourvues de coquilles, peuvent s'enfoncer profondément dans le sol pour échapper à la chaleur. Certaines espèces estivent (**Gretia, 2009**). Les facteurs qui influencent cette activité sont l'hygrométrie du milieu (air et sol), la température la photopériode (**Chevalier, 1982**) et l'humidité. Selon la saison on distingue deux rythmes d'activités de l'escargot :

✓ L'estivation

L'estivation est un état de résistance ponctuel qui disparaît lorsque les conditions climatiques redeviennent favorables. L'animal se présente complètement rétracté à l'intérieur de sa coquille (operculé) dont l'ouverture est fermée par l'épiphragme (**A.T.P.I.A, 2004**). Si la température est trop élevée (au dessus de 28°C), le phénomène de l'estivation sera déclenché et se traduit par le même phénomène que lors de l'hibernation. Les pulmonés terrestres testacés et surtout non testacés recherchent des abris où les pertes en eau sont réduites. Dans la nature, l'escargot se trouvant à partir de (20°C), à une humidité relative de l'air inférieure à 30 % met en route son processus d'estivation il s'épiphragme et entre en quiescence (**Bonavita, 1964**). Les mollusques résistant à la sécheresse peuvent présenter des réactions durables ou adaptations véritables, caractérisées par des modifications fonctionnelles et organiques. En effet, à certaines périodes de l'année, les escargots s'amassent sous forme de 'grappes' plus ou moins importantes. La réaction d'éloignement de la surface du sol par ascension le long des substrats plus ou moins perpendiculaires, lorsque celle-ci devient défavorable par ses conditions écologiques, n'est pas rare chez bien des escargots. En effet, il s'agit d'une réaction qui caractérise des escargots vivants dans des milieux où la couverture végétale est insuffisante à assurer au sol une protection contre les excès thermiques. Pour les coquilles aplaties, la position la plus favorable consiste à diriger la carène de la coquille en direction latitudinale. Elle exposerait l'animal à recevoir une fraction relativement plus importante d'irradiation solaire (**Fisher, 1948**) précise que la résistance aux facteurs du milieu est souvent moindre chez les mollusques nus que les mollusques testacés.

✓ Hibernation

Quand les conditions deviennent insupportables, c'est-à-dire avec les premiers froids et donc la baisse de la température au dessous de (6°C), l'activité de l'escargot se ralentit et il

entre en hibernation et au dessous de (-5°C), il meurt. L'escargot se retire dans des endroits écartés et attend immobile pendant des jours, même des semaines que les conditions atmosphériques s'améliorent. Pendant la saison froide, le rythme cardiaque s'affaiblit et le rythme respiratoire régresse. La croissance cesse durant l'hibernation. Cette dernière se termine normalement en avril-mai. Le réveil est, comme l'entrée en sommeil, provoqué par des facteurs climatiques. En effet, l'influence favorisante de l'humidité, de la pluie et de la rosée est connue. Une augmentation de la lumière ou une diminution de la tension d'oxygène agit dans le même sens que l'humidité. Ainsi, l'épiphragme, pièce tout à fait temporaire est détruite sitôt que les conditions du milieu redeviennent favorables. L'animal, à ce moment là, développe son pied, la porte en avant et fait pression sur son épiphragme qui se détache; puis, il se met à ramper. Il augmente beaucoup de poids et de volume par la suite d'une réabsorption d'eau. Pendant les périodes d'activité, ont lieu la croissance et la reproduction (Damerdji & Benyoucef, 2006) (Fig. 5).



Figure 5. Escargot avec son épiphragme (Photo originale, 2019).

2.4.3. La croissance des escargots

Quatre phases de croissance ont été définies en fonction de la taille et de la masse des animaux mais aussi de leur différenciation sexuelle (Gomot, 1997b) :

-Phase infantile : durant laquelle le tractus génital est non-différencié chez des animaux de 0,02 à 0,6 g.

-Phase juvénile : relative à un tractus génital qui s'organise et à une gamétogenèse active. La masse est comprise entre 0,6 et 6,0 g.

-Phase de maturation sexuelle ou phase préadulte : durant laquelle les glandes annexes femelles se développent. Elle concerne des escargots non bordés (absence d'épaississement du péristome) de plus de 6 g.

-**La phase adulte à croissance nulle** : durant laquelle les animaux sont aptes à se reproduire. Ils sont alors bordés et pèsent entre 6 et 14 g.

En général, la croissance naturelle jusqu'au stade adulte s'étale sur deux ans si bien que les individus sont le plus souvent considérés comme sexuellement matures à partir du deuxième ou troisième été suivant leur naissance (**Chevallier, 1992**). Cette croissance se fait par pallier, au rythme des estivations et hibernations. Les facteurs qui influencent la croissance sont la température, l'humidité ambiante, l'éclairement (longueur d'onde, intensité et photopériode) ainsi que la nature du sol et de la nourriture (**Gomot, 1997**).

2.4.4. Habitat des escargots

Les gastéropodes vivent partout. Soit dans la mer, dans les eaux saumâtre, soit dans les eaux douces. C'est par exception que quelques espèces des gastéropodes terrestres habitent sur la terre dans les lieux humides. Ils peuvent être dans la forêt sur les feuilles, dans les broussailles, les parcs et les jardins, sur les murs (**Site internet 1**). On retrouve également dans les dunes, les bois, les rochers, les haies, également dans les zones cultivées (**Kerney & Cameron, 2006**).

2.4.5. Longévité des escargots

Les longévités sont la durée de vie des escargots qui varie d'une espèce à l'autre. On exprime que la durée de vie moyenne d'un escargot en milieu naturel est de 6 à 7 ans (**Gomot & Gomot, 1995**). Par exemple, les escargots petit-gris peuvent dépasser les 5 ans, tandis que les escargots de Bourgogne (*Helix pomatia*) vivent entre 5 et 8 ans dans la nature (**Site internet 2**).

2.4.6. Reproduction des escargots

Tous les gastéropodes pulmonés terrestres sont hermaphrodites, chaque individu est à la fois mâle et femelle, mais la reproduction est toujours sexuée. Le printemps est la saison des amours et lorsque deux individus de la même espèce se rencontrent, ils commencent par s'enlacer : ce sont les préludes. Pendant l'accouplement, chaque individu transfère son sperme à l'autre (**Gretia, 2009**). La fécondation est interne dans le corps maternel et la transmission des spermatozoïdes est assurée par des organes copulateurs (**Zhao et al., 1994**). Les oeufs sont ensuite pondus, généralement après une quinzaine de jours après l'accouplement, Ils sont déposés à l'abri dans le sol, dans une fissure de bois, sous une pierre ...etc. Les juvéniles ressemblent aux adultes (**Gretia, 2009**) (**Fig. 6**).



Figure 6. L'accouplement (a) et l'œuf pondus dans le sol (b) des gastéropodes terrestres (Bouchebbah, 2014 & Astrid, 2011).

2.5. Utilité de l'escargot en écotoxicologie (bioindication)

L'écotoxicologie est une discipline relativement récente, qui a pour objet l'étude du comportement et du devenir des polluants dans les écosystèmes, ainsi que leurs effets sur la structure et le fonctionnement des communautés (Forbes & Forbes, 1997; Walker *et al.*, 2006; Ramade, 2007; Boyd, 2010). Elle revêt une importance primordiale pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes et des biomes, elle s'intéresse particulièrement aux interactions entre les produits chimiques présents dans l'environnement et le biotope. Parmi les bioindicateurs animaux utilisables pour révéler la contamination des sols notamment les escargots (mollusques gastéropodes pulmonés terrestres), qui vivent à l'interface sol-plantes- air (Mason, 1970).

Les gastéropodes terrestres peuvent répondre aux critères de bioindication (Hopkin, 1993; Edward *et al.*, 1996): participer activement au fonctionnement de l'écosystème ; être sédentaire, largement distribué et facile à identifier ; être bioaccumulateur, tolérant... , pour ce la sont reconnues comme des bioindicateurs de la qualité du sol, de l'air par ses pouvoirs bioaccumulateur de plusieurs polluants (métaux lourds, pesticides....), métallique et organique. Il peut accumuler dans sa coquille des minéraux comme le magnésium, des métaux toxiques comme le plomb (Beeby & Richmond, 2011) ou des radionucléides qui « mémorisent » ainsi une partie de son exposition passée à certains contaminants. L'escargot terrestre se déplace relativement peu et bioaccumule au cours de sa croissance de nombreux contaminants (Meech & Standen, 1975 ; Coeurdassier *et al.*, 2000; Coeurdassier *et al.*, 2002 ; Gimbert *et al.*, 2006 ; Achuba, 2008 ; Gimbert *et al.*, 2008 ; Abdel Halim *et al.*, 2013). La qualité de la croissance et de la reproduction de certains escargots donnent des

indices sur le degré de pollution du sol, par des pesticides ou certains ETM_s (Russell *et al.*, 1981; Gomot *et al.*, 1989; Berger & Dallinger, 1993; Rabitsch, 1996; Heim *et al.*, 2000; Ismert *et al.*, 2000; Coeurdassier *et al.*, 2001; Notten *et al.*, 2005; Belhaouchet *et al.*, 2012). L'accumulation des métaux est influencée par plusieurs facteurs environnementaux (comme la saison, le type de sol, ...) et les paramètres biologiques des escargots (l'espèce, l'âge, ...) (Marigomez *et al.*, 1986). Plusieurs espèces d'escargot sont faciles à collecter, à élever, à identifier, et peuvent être trouvées presque partout. L'escargot est en contact avec divers contaminants qu'il absorbe par voie transcutanée, digestive ou respiratoire (Gomot-deVaufleury & Pihan, 2000). Tel que l'escargot *Helix aspersa*; Zoohomonymes : *Cantareus aspersus* ; *Cornu aspersum* (Müller, 1774); *Cryptomphalus aspersus*. Les escargots du genre *Helix*, élevés dans des conditions standardisées, peuvent être utilisés aussi bien comme organismes tests pour étudier la toxicité des métaux que comme bioindicateurs de la pollution terrestre (Gomot *et al.*, 1997; de Vaufleury & Gomot, 1998; Kramarz *et al.*, 2009; Druart *et al.*, 2012).

2.6. Répartition des gastéropodes terrestres

2.6.1. Mondiale

On estime que 50 % des espèces de mollusques dans le monde sont encore inconnues (130000) espèces, mais la plus répandues ou reconnues sont les gastéropodes, qui existe de (30,000 à 35,000) espèces de mollusques terrestres (Tsai, 2004). La répartition être produite à partir de l'Eurasie en direction de l'Amérique du Nord et du continent Australien actuel, à partir de l'Afrique en direction du Sud. La Suisse compte 270 espèces, dont 197 escargots terrestres, qui déterminer 44 espèces terrestres des 67 espèces déjà recensées dans la région de Fribourg (Rüetschi *et al.*, 2011), il y a aussi de 695 espèces pulmonés terrestres en France (Gargominy *et al.*, 2011).

2.6.2. Régionale

La distribution géographique en Algérie constituée en grande partie par la famille des Helicidae qui est représentée par des gastéropodes terrestres pulmoné comme *Helix aspersa* (Germain, 1905), il se rencontre dans toutes les régions, même désertiques. Les plus gros individus proviennent des régions de l'extrême sud, *Helix aperta* se localise dans le centre Algérien, aux environs d'Alger et de Tizi-Ouzou. L'espèce de *Rumina decollata* peuple tous les étages bioclimatiques et s'avance jusqu'aux confins du Sahara. Il s'élève en Kabylie

notamment jusqu'à 1400 m d'altitude (**Germain, 1908**). Au Sahara centrale, il coexiste avec sa variété saharienne (**Llabador, 1970**).

2.7. Présentation de la région de Mila (la région d'étude)

2.7.1. Situation géographique

La wilaya de Mila est située dans le Nord-Est Algérien à 464 m d'altitude, et à 33 km de la mer Méditerranée. Elle est aussi dans la partie Est de l'Atlas tellien, une chaîne de montagne qui s'étend d'Ouest en Est sur l'ensemble du territoire Nord du pays (**A.N.D.I, 2013**), qui s'étend sur une superficie de 3480,45 km² soit 0,14 % de la superficie totale du pays (**Anonyme, 2012**). Mila est l'une de la mosaïque des wilayas de l'Est Algérien, le voisinage de cette wilaya est composé de 6 wilayas : au Nord-Ouest par la wilaya de Jijel, au Nord-Est par la wilaya de Constantine, à l'Ouest par la wilaya de Sétif, à l'Est par les wilayas de Constantine et Skikda, au Sud-Est par la wilaya d'Oum El Bouaghi et au Sud par la wilaya de Batna. La population totale de la wilaya est estimée à 865 370 habitants (à la fin de 2011) (**A.N.I.R.E.F, 2013**) (**Fig.7**).

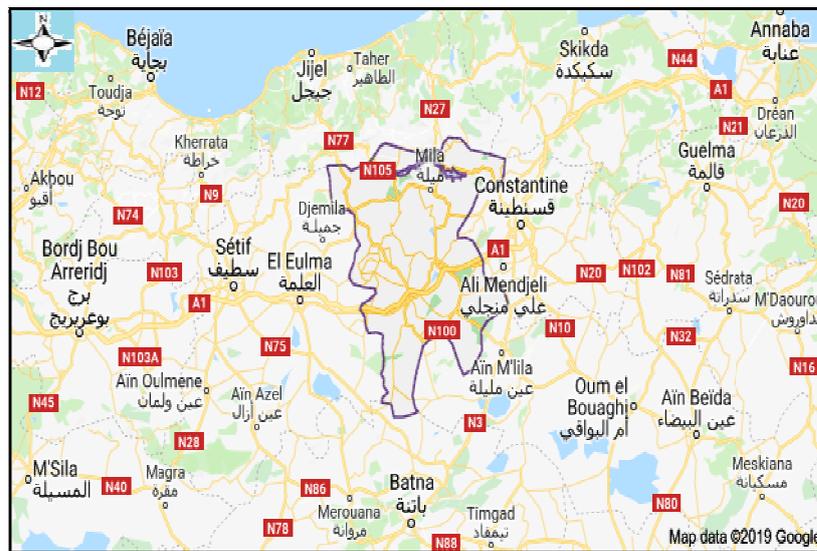


Figure 7. Localisation géographique de la wilaya de Mila (**Site internet 3**).

2.7.2. Topographique

La wilaya de Mila comporte 03 zones qui se distinguent vis-à-vis leurs reliefs :

- La zone du Nord : elle est de caractère montagnard, sa surface agricole labourée est de 14%, la pluviométrie annuelle oscille entre 600 mm et 1200 mm annuellement. Cette zone est connue par la production des arbres fruitiers particulièrement l'olivier mais aussi la pratique de l'apiculture.

- La zone médiane: elle occupe 68% de la surface agricole labourée, des tranches pluviométriques annuelles de 400 mm à 600 mm par an. Ici, on pratique les grandes cultures et l'élevage.
- La zone Sud : elle occupe 18% de la surface agricole labourée. C'est la zone des hauts plateaux. Les précipitations ne dépassent pas 350 mm par an. Cette zone est connue par la culture des céréales fourragères, l'élevage et l'aviculture mais aussi par les cultures maraichères en irrigué (**Belahlou, 2016**).

2.7.3. Géologie et hydrologie

La wilaya de Mila abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrage : le plus grand barrage d'eau au niveau national, barrage de Béni Haroun qui alimente une grande partie de l'Est Algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation, barrage de Oued El Athmania, et barrage de Oued Séguin. Les Oueds Rhumel et Oued Endja (Oued El-Kebir) sont les principales sources d'alimentation du barrage de Béni Haroun. Dont le cadre géologique complexe est caractérisé par la présence de nappes de charriage (**Belahlou, 2016**).

2.7.4. Pédologie

La wilaya de Mila renferme des terres relativement diversifiées :

- Nord de la wilaya, les Monts de Babors produit des sols pauvres au formés de charriages calcaires, gréseux et marneux sensibles à la solifluxion et au ravinement. Ces terres sont destinées à l'arboriculture et l'élevage. En piémonts de ce massif apparaissent des sols marno-argileux ou marno-calcaires qui sont pauvre en matière organique. Ils sont occupés par les cultures annuelles en sec.
- Au centre de la wilaya, les sols ont une texture argilo-limoneuse, limono sableuse, ces sols sont généralement fertiles et aptes à l'irrigation (**Belahlou, 2016**).

2.7.5. Climatologie

La climatologie est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée (**Aissaoui, 2013**). Aussi, la bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude. Ces données sont consolidées à la carte climatique élaborée par l'ANRH. La wilaya de Mila fait partie du domaine tellien qui caractérisée par un climat subhumide à humide sur les altitudes. Elle reçoit des tranches pluviométriques qui varient entre 600 et 1200 mm/an au Nord, entre 400 et 600 mm/an au centre de la wilaya et moins de 400 mm/an au sud (**Belahlou, 2016**).

Le tableau sous dessous donné les variations mensuelles de la température dans la région de Mila (**Tab. 1**).

Tableau 1 : Les moyennes mensuelles des températures (C°) enregistrées au cours de la période (octobre 2018 - mai 2019) dans la région de Mila (**Station Météorologique d’Ain Tinn, 2018 et Google Météo, 2019**).

Mois	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
T(C°)	16,8	13,3	10,2	10,9	13,6	16,9	19,5	23,9

2.7.6. Végétation

La superficie des forêts dans la wilaya de Mila est estimée à 38695 hectares (12 % de la superficie totale). Elle est composée de :

- Forêts naturelles représentants dont l’espèce dominante est le Chêne Liège ;
- Les reboisements sont les principales essences : le pin d’Alep et le Cyprés ;
- Les Maquis (Maquis de Chêne vert genévrier) ;
- Prairie naturelle de 23040 hectares (8%) ;
- Terre improductive de 16453 hectares (5%) (**Belahlou, 2016**).

Matériel et Méthodes

3. Matériel et Méthodes

3.1. Présentation des sites d'étude

On a choisi deux sites d'étude à Mila qui sont: Sidi Khelifa et Zeghaia.

3.1.1. Présentation du site « Sidi Khelifa »

La région de Sidi Khelifa (**Fig. 8a**) (N° 36° 21' 51,66", E° 6° 15'18,53") située au Sud du chef lieu de la wilaya de Mila. La commune dont l'altitude varie entre un minimum de 450 mètres et un maximum de 1210 mètres pour une altitude moyenne de 950 mètres, qui couvre une superficie de 45,17 km², la population de Sidi Khelifa est estimée de 5067 habitants en 2011. Le climat de la région est caractérisé par un climat humide et subhumide aux précipitations appréciables qui dépasse 974,2 mm, près de 80,6 % de pluies sont enregistrées en hiver et en automne, les vents prédominants sont de directions Nord-Ouest et Nord-Est. Elle distinguée par des terres agricoles très fertiles et du patrimoine ancien connu de Zaouïa Ben Cheikh El Hocine.

Sur le plan administrateur, la commune de Sidi Khelifa est rattachée à la daïra de Mila, elle est limitée:

- ✓ Au Nord par les communes de Mila et Ain Tine;
- ✓ Au Sud par les communes d'Ain Melouk et Oued Athmania;
- ✓ A l'Est par la commune d'Ibn Ziad (wilaya de Constantine);
- ✓ A l'Ouest par la commune d'Ahmed Rachedi (**Massinissa & Bougherza, 2017**).

3.1.2. Présentation du site « Zeghaia »

La région de Zeghaia (**Fig. 8b**) (N°36°28'17,20", E°6°10'24,39") est une petite commune de la wilaya de Mila, qui appartient administratif de Daïra Oued Endja, elle compte une superficie de 60 km² (5455 h) par un liste de population qui estimée à17551 habitants en 2008. Zeghaia située à l'Ouest de la wilaya de Mila à quelques encablures du chef lieu sur la RN79, elle est limitée:

- ✓ Au Nord par la commune de Terrai Bainen;
- ✓ Au Sud par Oued Endja;
- ✓ A l'Est par la commune de Mila et Sidi Mérouane;
- ✓ A l'Ouest par la commune d'Oued Endja.

La commune de Zeghaia dont l'altitude varie entre 470 mètres au niveau la surface de mer, qui est caractérisée par un climat chaud et sec en été (30 C°), pluvieux et froid en hiver (8 C°). Elle se distinguée par un monument historique nome El Bordj, la terre de Zeghaia est

une terre agricole très fertile, trouve aussi des forêts estimé à 550 hectare (A.N.D.I, 2013).



(a)

(b)

Figure 8. Cartographie des sites d'échantillonnage de : (a) Sidi Khelifa (b) Zéghaia (Site internet 4).

3.2. Inventaire des gastéropodes terrestres

Les mollusques font partie des invertébrés, animaux pluricellulaires, dépourvus d'axe vertébral. Ils possèdent une coquille dure et calcaire, qui peut cependant manquer dans des groupes importants. Par ailleurs, ils présentent une symétrie bilatérale primitive, mais susceptible de se trouver profondément altérée dans certains groupes (Gaillard, 1991). Les méthodes d'identification décrites par Bonnet *et al.* (1990) & Chevallier (1992) se basent sur le nombre de bandes spirales au niveau des coquilles ainsi que la couleur et la forme de ces dernières.

Sur le plan de la systématique, la classe des gastéropodes se divise en trois sous-classes (Gaillard, 1991 ; Grzimek & Fontaine, 1973) :

1. **Les Prosobranches**, qui constituent la quasi-totalité des gastéropodes marins à coquille (Gaillard, 1991).
2. **Les Opisthobranches**, qui constituent la totalité des gastéropodes marins adaptés à la vie benthique littorale ou à la vie pélagique. Certains possèdent une coquille, mais la grande majorité est d'aspect limaciforme (Grzimek & Fontaine, 1973).
3. **Les Pulmonés**, qui constituent la quasi-totalité des gastéropodes, avec ou sans coquille, habitant les domaines terrestres et les eaux douces (Gaillard, 1991). Ce sont les seuls mollusques bénéficiant d'une respiration pulmonaire. Ils sont fréquemment hermaphrodites (Grzimek & Fontaine, 1973).

L'inventaire est fait par la collecte des gastéropodes terrestres dans différents sites d'études, qui ont été ramenés au laboratoire pour identification et dénombrement.

3.3. Méthode d'échantillonnage

Le ramassage des mollusques gastéropodes terrestres (escargot et limace) s'est effectué durant la période allant du mois d'octobre 2018 jusqu'au mois de mai 2019, la fréquence des sorties sur le terrain est une fois par mois. Le choix d'échantillonnage était aléatoire simple consiste à réaliser des observations ou des prélèvements, au hasard dans l'espace; il dépendait notamment de la présence ou abondance d'un nombre suffisant d'individus, Le choix des stations été liée à plusieurs facteurs, notamment l'accessibilité et la présence de l'espèce.

3.3.1. Biométrie des espèces

La biométrie est une partie de la biologie qui applique des méthodes statistiques quantitatives avec des mesures biométrique aux êtres vivants. Elle est une technique qui permet de reconnaître et d'identifier des caractéristiques biologiques (**Site internet 5**). Pour chaque individu, on a mesuré le poids d'escargot, la hauteur (H) et le diamètre (D) de la coquille de l'organisme.

3.3.1.1. Poids des escargots

L'escargot est pesé par une balance analytique de précision (**Max: 3010g /d= 0,01g**).

3.3.1.2. Hauteur et diamètre de la coquille

Van Osselaer & Trusch (2000), on définit que ya deux mesures de la coquille, la hauteur (H) et le diamètre (D), ont été pris avec un pied à coulisse numérique (**Fig. 9**).



Figure 9. Photographie montre la mesure de deux paramètres biométriques (**H**: hauteur ; **D**: diamètre) de la coquille chez l'escargot (**Photo originale, 2019**).

3.3.2. Indice écologique

Pour caractériser le peuplement des gastéropodes dans cette étude, on a utilisé les indices écologiques de structure et les indices écologiques de composition.

3.3.2.1. Indice de structure

On utilisés deux indices écologiques de structure dans notre étude sont : l'indice de Shannon-Weaver (H') et l'indice d'équitabilité (E).

- **Indice de diversité de Shanon-Weaver (H')** : C'est la quantité d'information apportée par un échantillon sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre diverses espèces (**Daget, 1976**). Cet indice permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné et de comparer entre les faunes de différents milieux même lorsque les nombres d'individus récoltés sont très différents (**Dajoz, 1985**), et mesure le degré de complexité d'un peuplement.
- Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces, dont la distribution d'abondance est équilibrée.

Selon **Ramade (1984)**, cet indice est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^n [p_i \times \text{Log}_2 p_i] \text{ ou } p_i = n_i / N$$

H' : Diversité spécifique (s'exprime en bits).

N : Effectif total du peuplement.

n_i : Effectif de l'espèce (i).

- **Équitabilité (équi-répartition) (E)**: Elle constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (**Ramade, 1984**). L'équitabilité (E) est définie comme le rapport de la diversité spécifique (H') à la diversité maximale ($H \text{ max}$) (**Ponel, 1983**), elle s'exprime comme suit :

$$E = H' / H \text{ max}$$

$$H \text{ max} = \text{Log}_2 (S) \text{ (S = nombre d'espèces) (s'exprime en bits)}$$

Les valeurs de l'équitabilité varient entre 0 et 1. Quand E est inférieur à 0,5 et tend vers 0, ceci traduit que les effectifs des populations en présence sont en déséquilibre entre elles au sein d'un peuplement où une ou deux espèces seulement pullulent par rapport aux autres.

Si E est supérieur à 0,5 et tend vers 1, il s'établit un équilibre entre les effectifs des différentes espèces composant cette population.

3.3.2.2. Indice de composition

Les indices de composition utilisés dans cette étude sont : la richesse spécifique (S), la richesse moyenne (S'), la fréquence centésimale (F), et la constance (C).

- **Richesse spécifique (totale) (S)** : est le nombre d'espèces rencontrées dans la région d'étude (**Blondel, 1975 ; Ramade, 1984**).
- **Richesse moyenne (S')** : est exprimée par le quotient du nombre total d'individus (**Ki**) pour chacune des espèces sur le nombre total de relevés (**N**) effectuées (**Blondel, 1975**):

$$S' = Ki / N$$

- **Fréquence centésimale (F)**: elle permet d'étudier la distribution d'une espèce dans une région donnée et de dire si elle est commune, rare ou très rare (**Dajoz, 1985**). Elle est donnée par 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.

Espèce commune : présente dans plus de 50 % de relevés.

Espèce rare : présente dans 25 à 50 % de relevés.

Espèce très rare : présente dans moins de 25 % de relevés.

- **Constance (C)**: est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce (**i**) prise en considération, divisé par le nombre total de relevés (**Dajoz, 1985**), elle s'exprime de la manière suivante :

$$C = p / N \times 100$$

p : le nombre de relevés contenant l'espèce.

N : le nombre de relevés effectués.

Selon la valeur de **C**, on distingue les catégories suivantes :

Espèce omniprésente : si $C = 100 \%$.

Espèce constante : si $75 \% \leq C < 100 \%$.

Espèce régulière : si $50 \% \leq C < 75 \%$.

Espèce accessoire : si $25 \% \leq C < 50 \%$.

Espèce accidentelle : si $5 \% \leq C < 25 \%$.

Espèce rare : si $C \leq 4 \%$.

3.4. Inventaire de la flore dans les sites d'étude

Les escargots mangent essentiellement la nuit et lorsqu'il pleut. Ils sont phytophages et broient les aliments grâce à la radula. Parmi leurs aliments de prédilection, on peut citer la salade, le chou, les carottes, les orties, le colza, les pissenlits, la pomme. Dans les sites d'étude, on a recensé les espèces des végétaux, utilisées comme sources de nutrition par les escargots et les limaces.

3.5. Analyse des propriétés physico-chimiques du sol

L'analyse des paramètres physico-chimiques de sol est une procédure visant à caractériser la composition et les qualités physico-chimiques d'un sol. Cette analyse des sols est une application de la pédologie. Aujourd'hui, le sol est vu et jugé comme une entité vivante, il faut procéder à une analyse des sols afin de connaître le degré de fertilité de sa terre et permettre ainsi une amélioration et une évaluation de sa qualité. Parmi les paramètres physico-chimiques à étudier : Le pH_{eau} (acidité), la conductivité électronique (salinité), l'humidité (texture) et la porosité.

3.5.1. Prélèvement des sols

- Les échantillons du sol prélevés manuellement à l'aide d'une truelle à une profondeur d'environ 20 cm, en cinq différents points ; au centre et aux quatre coins du champ.
- Les échantillons de sol ont été conservés dans des sacs en polyéthylène.
- Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'air libre, puis ils ont été broyés à l'aide d'un mortier et tamisés à 2 mm à l'aide d'un tamis.

3.5.2. Paramètres physico-chimiques des sols

3.5.2.1. pH_{eau} de sol

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre /eau normalisée (1/5) des sols prélevés des différents sites au niveau de laboratoire.

Il indique aussi la concentration en ions H^+ présents dans l'eau (**Morel, 1986**). Le pH_{eau} variable dans le temps.

- 5g de sol sécher à l'air et 25ml d'eau distillée ont été mis dans un bécher de 50 ml.
- Le mélange a été agité par un agitateur culbuteur pendant (30 min);
- Laisser la solution reposer (un repos de 1h30 min);
- Après étalonnage, l'électrode a été introduite avec précaution dans la suspension, et le pH_{eau} a été mesuré à l'aide d'un pH mètre.

On compare les valeurs du pH_{eau} selon (**Gauchers & Solter, 1981**) dans le tableau suivant (**Tab. 2**).

Tableau 2 : La gamme de pH_{eau} des sols (**Gauchers & 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

3.5.2.2. L'humidité (la texture)

C'est la mesure de l'humidité d'une suspension de sol prélevé des différents sites dans de l'eau au niveau de laboratoire. Elle est réalisée selon la technique de **Gauchers (1968)** basée sur la méthode par saturation, qui consiste à mesurer le pourcentage d'humidité du sol (h %) et à le comparer à une échelle donnée.

- La texture du sol est présentée sous forme du pourcentage d'humidité (**Y**).
- Prendre 50 g de sol. On imbibe d'eau, goutte à goutte, tout en mélangeant jusqu'à ce que la pâte soit luisante, et glisse doucement lorsqu'on incline le récipient, puis :
- Peser une capsule vide (**P₁**);
- Prélever une quantité de pâte (sol mouillé) et la mettre dans la capsule puis on repese (**P₂**) ;

- Sécher à l'étuve à 150 °C pendant 24 heures;
- 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 :

$$X_1 = P_2 - P_3 \text{ (poids de l'humidité)}$$

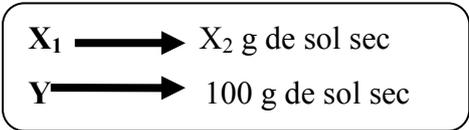
$$X_2 = P_3 - P_1 \text{ (poids du sol sec)}$$

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.



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

Tableau 3 : Echelle de la texture (**Gauchers, 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

3.5.2.3. Conductivité électrique (CE)

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 sol /eau normalisée = 1/5). La lecture se fait à l'aide d'un conductimètre (**Delaunois, 1976**). Les échantillons de sols prélevés des différents sites et préparés au niveau du laboratoire.

- 5g de sol sécher à l'air et 25 ml d'eau distillée ont été mis dans un bécher de 50 ml;
- Le mélange a été agité par un agitateur culbuteur pendant (30 min);
- Laisser la solution reposer (un repos de 1h 30 min);

- Après étalonnage, l'électrode a été introduite avec précaution dans la suspension, et le pH_{eau} a été mesuré à l'aide d'un pH maitre.

Les valeurs sont comparées à une gamme de salinité (**Tab. 4**).

Tableau 4 : Echelle de salinité du sol (**Delaunois, 1976**).

Conductivité électrique (ms/cm)	Salure
0 - 0,6	Non salé
0,6 -1,4	Peu salé
1,4 -2,4	Salé
2,4 - 6	Très salés

3.5.2.4. Porosité

La détermination de la porosité totale des petits agrégats de terre conduit à l'évaluation de la porosité texturale, ou l'estimation de la porosité minimale d'assemblage. Selon **Delaunois (1976)**, la porosité structurale comprend deux paramètres, la densité apparente (D_a) et la densité réelle (D_r).

- **Densité apparente « D_a » :**

On entoure de fil à coudre de poids négligeable un agrégat de sol (de 10 à 15 g), on le met dans l'étuve pendant 24 heures à une température de 105 °C, puis on pèse l'agrégat (P_1). On le plonge dans une solution de paraffine dissoute, puis on pèse l'échantillon avec la paraffine (P_2). Ensuite on replonge l'agrégat dans une éprouvette de 100 ml contenant un volume (V_1) de 50 ml d'eau distillée, et on note le changement de volume (V_2) (d'agrégat + paraffine).

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

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

P_1 : poids de l'échantillon.

P_2 : poids de l'échantillon + paraffine.

V_2 : volume du l'agrégat + paraffine.

➤ **Densité réelle « Dr » :**

Elle exprime la densité des éléments constituant la phase solide du sol; la « Dr » représente la masse du solide / le volume du solide, elle est généralement comprise entre 2,5-2,6 g/cm³ (Morel, 1989).

La densité réelle « Dr » est calculée selon la formule suivante :

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

La porosité est le rapport du volume des vides au volume total ; elle peut être exprimée par la formule suivante et la classification des sols d’après leur porosité est mentionnée dans le tableau 05 :

$$\text{Porosité (\%)} = 1 - \frac{\text{Densité apparente}}{\text{Densité réelle}} \times 100$$

La porosité doit être en relation avec la texture (Morel, 1989) (Tab. 5).

Tableau 5 : Classification des sols d’après leur porosité (Delaunois, 1976).

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

3.6. Traitement statistique des données

L’analyse statistique des données est effectuée avec logiciel MINITAB d’analyse et traitement statistique des données version (Version 16, PA State Collège, USA). La répartition des mesures biologiques (inventaire, indices écologiques, paramètres physico-chimiques des sols) répond à une loi normale et ces paramètres sont exprimées par leur moyenne et écart type (m ± s) établie sur un effectif ou un nombre des répétitions précisées dans les figures et les tableaux. La démonstration statistique des effets recherchés est réalisée à l’aide de tests paramétrique : ANOVA à deux critères de classification. Le niveau de signification est p < 0 ,05.

Résultats

4. Résultats

4.1. Inventaire des gastéropodes dans les sites d'étude

Le tableau 6 et la figure 10 présentent les résultats de l'inventaire des gastéropodes pulmonés terrestres (escargots et limaces) au niveau des deux sites d'étude. Cet inventaire montre la présence de huit (8) espèces appartenant à trois (3) familles. La famille des Helicidae, elle est présentée par deux sous-familles: Helicinae et Helicellinae, la famille des Milacidae et la famille des Subulinidae. Selon la classification de **Bonnet *et al.* (1990)**, **Chevallier (1992)** et **Germain (1969a & 1969 b)**, une liste de systématique des espèces retrouvée a été réalisée dans le tableau 6.

Tableau 6 : Les espèces des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa et Zeghaia) (octobre 2018 - mai 2019).

Famille	Sous-famille	Espèce
Helicidae	Helicinae	<i>Helix aperta</i> (Borne, 1778)
		<i>Helix aspersa</i> (Müller, 1774)
		<i>Dupotetia alabastra zonata</i> (Pallary, 1926)
		<i>Otala lactea</i> (Müller, 1774)
	Helicellinae	<i>Helicella virgata</i> (Da Costa, 1778)
Milacidae	/	<i>Milax gagates</i> (Draparnaud, 1801)
		<i>Milax nigricans</i> (Philippi, 1836)
Subulinidae	/	<i>Rumina decollata</i> (Linnaeus, 1758)

La famille des Helicidae est la plus riche spécifiquement avec cinq (5) espèces : *Helix aperta* (Borne, 1778), *Helix aspersa* (Müller, 1774), *Dupotetia alabastra zonata* (Pallary, 1926), *Otala lactea* (Müller, 1774) et *Helicella virgata* (Da Costa, 1778). Tandis que la famille des Milacidae contient deux espèces des limaces : *Milax gagates* (Draparnaud, 1801) et *Milax nigricans* (Philippi, 1836). La famille des Subulinidae est représentée par une seule espèce qui est *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758). On a noté que le site de Sidi Khelifa contient huit (8) espèces sont : *Helix aperta*, *Helix aspersa*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Rumina decollata*, *Milax gagates*, *Milax nigricans* et *Otala lactea*. Mais dans le site de Zeghaia on a trouvé six (6) espèces : *Helix aperta*, *Helix aspersa*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Rumina decollata* et *Milax gagates*.

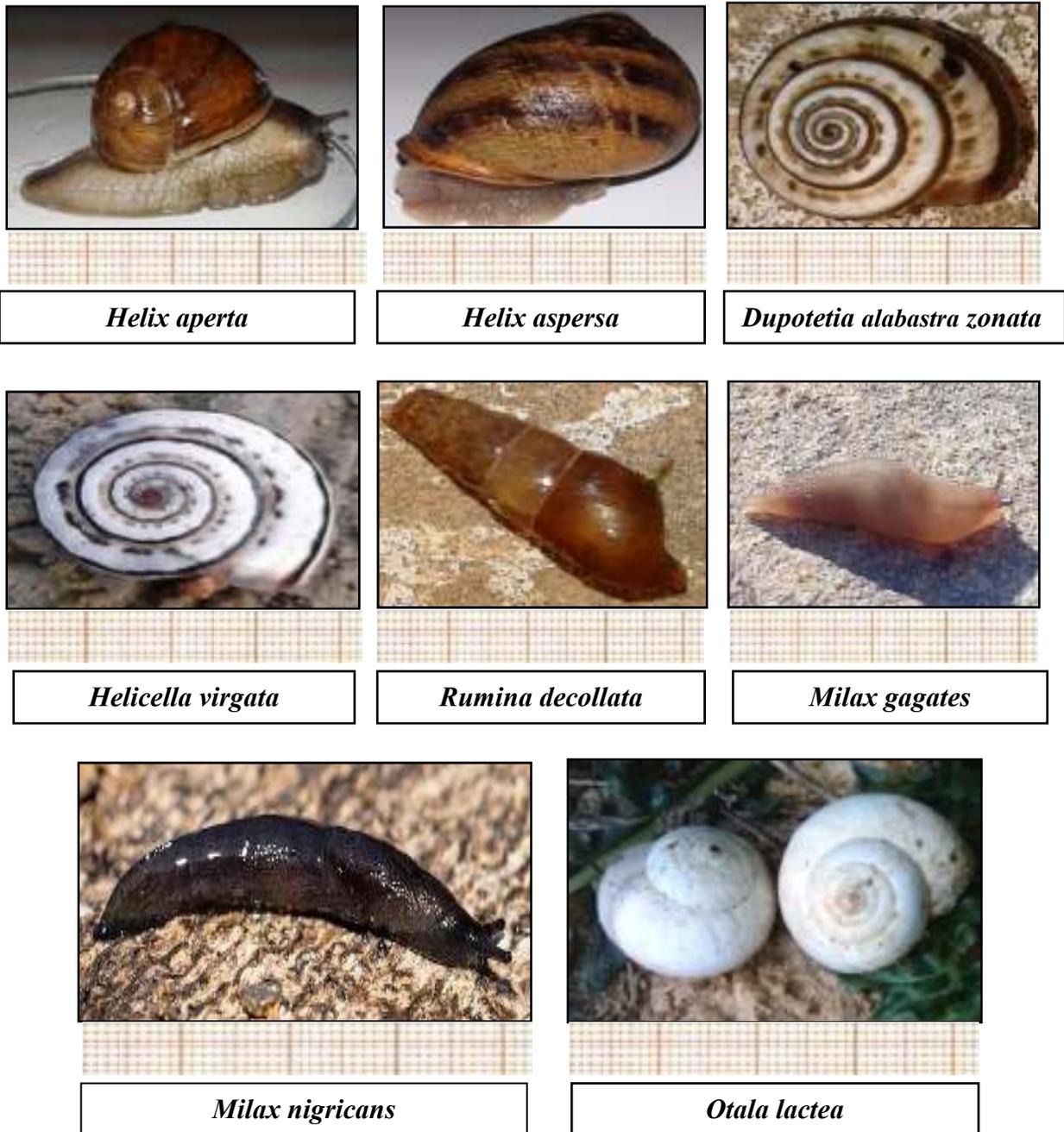


Figure 10. Les espèces des gastéropodes terrestres recensées dans les deux sites d'étude
(Photo originale, 2019).

Les tableaux 7 et 8 représentent l'effectif (nombre d'individus) des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa et Zeghaia). On note que l'effectif d'individus dans les deux sites (Sidi Khelifa et Zeghaia) est très variable pendant les différents mois et saisons. Dans le site de Sidi Khelifa, on a noté un grand nombre d'individus *D. a. zonata* (1395) la plus dominante pendant la période hivernale (décembre, janvier, février), suivie par l'espèce *H. virgata* (518) qui présente un nombre très important par

rapport aux autres espèces, ensuite par l'espèce *O. lactea* (231) et *H. aperta* (205). Les autres espèces *H. aspersa*, *R. decollata*, *M. gagates* et *M. nigricans* présentent un faible effectif d'individus. Tandis que dans le site de Zeghaia, l'espèce dominante est *H. aperta* (705) pendant la période hivernale (décembre, janvier, février), suivie par l'espèce *H. aspersa* (221) et *R. decollata* (213). Pour, les espèces : *H. virgata*, *D. a. zonata* et *M. gagates* sont marquées un faible effectif d'individus. De plus, on a observé aussi que l'effectif des gastéropodes pulmonés terrestres dans la période hivernale (décembre, janvier, février) est très élevé (essentiellement dans le mois décembre et janvier) par rapport à la période de printemps (mars, avril, mai), qui marque un faible effectif dans le mois de mars et mai. La période de printemps est caractérisée par la dominance des escargots juvéniles.

Tableau 7 : Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Sidi Khelifa (octobre 2018- mai 2019).

Mois Espèces	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Total d'individus/ 8mois
<i>H. aperta</i>	22	27	24	24	0	24	44	40	205
<i>H. aspersa</i>	21	0	25	23	0	22	24	34	149
<i>D. a. zonata</i>	155	65	250	284	220	108	153	160	1395
<i>H. virgata</i>	105	160	84	24	52	29	24	40	518
<i>R. decollata</i>	0	23	29	28	20	25	26	23	174
<i>M. gagates</i>	0	22	21	23	0	25	24	20	133
<i>M. nigricans</i>	0	22	0	0	0	23	26	21	92
<i>O. lactea</i>	0	45	27	23	37	23	34	42	231
Total d'individus/ mois	303	362	460	429	329	279	355	380	2897

Tableau 8 : Effectif des gastéropodes terrestres (nombre d'individus) recensés dans le site de Zeghaia (octobre 2018- mai 2019).

Mois Espèces	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Total d'individus / 8mois
<i>H. aperta</i>	39	100	120	142	111	93	65	35	705
<i>H. aspersa</i>	20	25	35	37	28	25	29	22	221
<i>D. a. zonata</i>	21	21	20	23	21	23	20	38	187
<i>H. virgata</i>	22	21	23	20	24	25	26	21	182
<i>R. decollata</i>	28	25	21	24	28	30	29	28	213
<i>M. gagates</i>	20	23	20	27	0	21	0	20	131
Totale d'individus/ mois	150	215	239	273	212	217	169	164	1639

4.1.1. Structure des gastéropodes terrestres dans les sites d'étude

Les deux figures 11 et 12 représentent la structure (%) des gastéropodes pulmonés terrestres recensés au niveau des sites : Sidi Khelifa et Zeghaia.

Le pourcentage d'individus des gastéropodes pulmonés terrestres est inégal et variable entre les espèces. Les résultats obtenus montrent que l'espèce *H. aperta* marqué un nombre minimal (7,08 %) à Sidi Khelifa et un nombre maximal (43 %) à Zeghaia. Concernant, le pourcentage des individus *H. aspersa* est variable entre (5,14 %) à Sidi Khelifa et (13,48 %) à Zeghaia. L'espèce *D. a. zonata* présente un pourcentage d'individus élevé (48,15 %) à Sidi Khelifa et faible (11,41 %) à Zeghaia. Ensuite l'espèce *H. virgata*, le nombre d'individus se varie entre (11,10 %) à Zeghaia et (17,88 %) à Sidi Khelifa. L'espèce *R. decollata* est généralement faible varie entre (6 %) à Sidi Khelifa et (13%) à Zeghaia. Pour l'escargot *O. lactea* arrive à un nombre important de (7,97 %) à Sidi Khelifa et absence à Zeghaia. Les limaces présentent un nombre également faible dans les deux sites varie entre (3 % à 8 %). Généralement, il y a une dominance de l'espèce *H. aperta* à Zeghaia (43 %) et l'espèce *D. a. zonata* (48,15 %) à Sidi Khelifa.

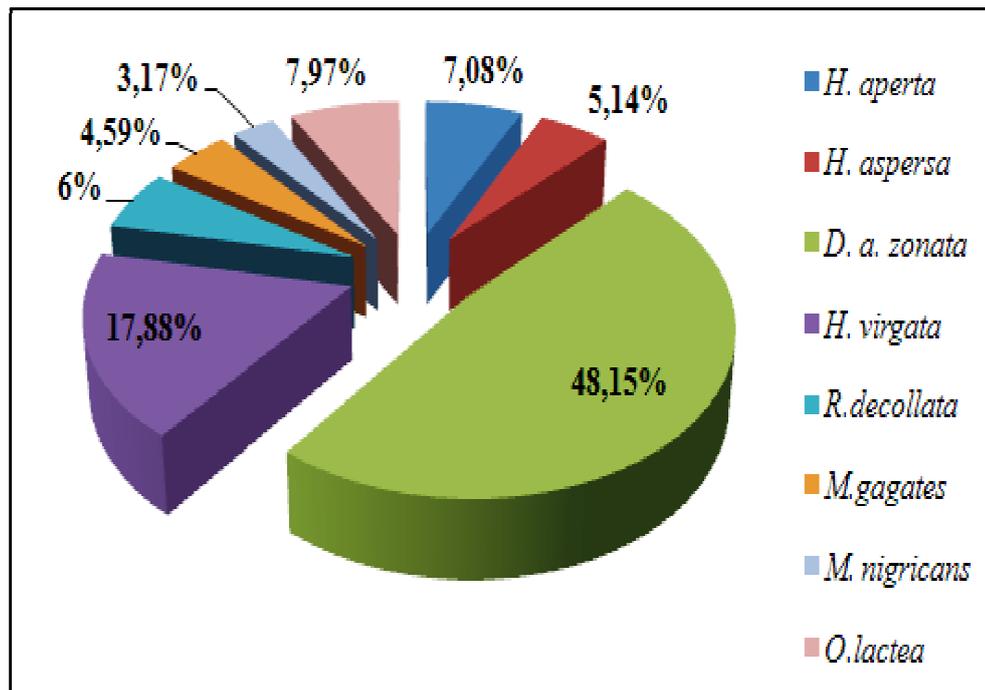


Figure 11. La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Sidi Khelifa.

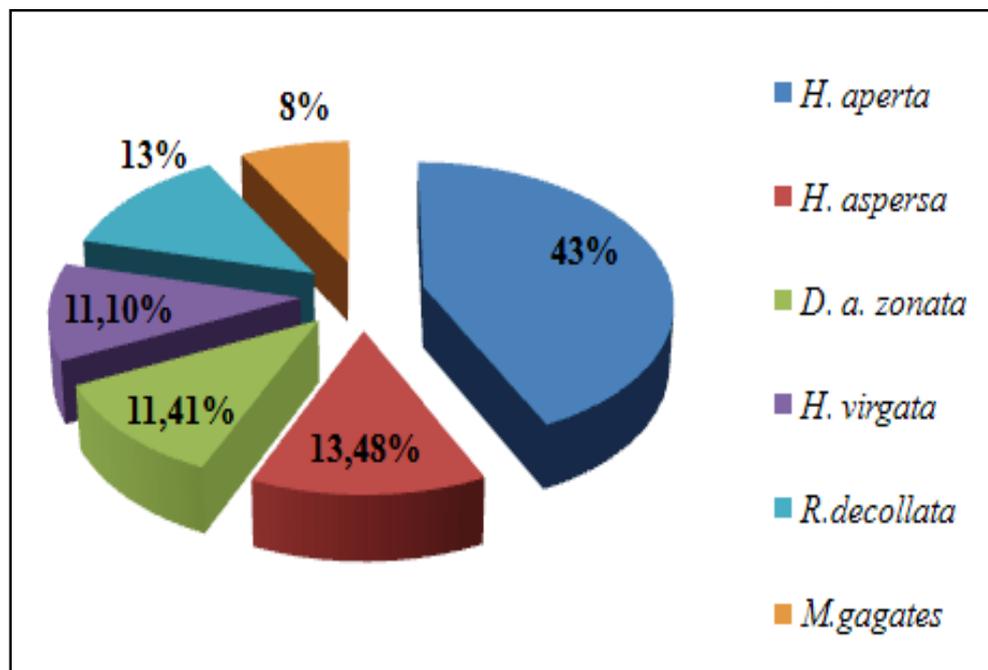


Figure 12. La structure (%) des gastéropodes recensés au niveau de Zeghaia.

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 des moyennes pondérales ($m \pm s$, g) des gastéropodes pulmonés terrestres récoltés au niveau des sites d'étude sont mentionnés dans les tableaux 9 et 10.

Ces résultats indiquent que le poids le plus élevé est enregistré chez l'espèce *H. aspersa* varie entre ($14,82 \pm 4,91$ g) à Zeghaia et ($14,85 \pm 3,51$ g) à Sidi Khelifa, cette espèce a un poids relativement important par rapport aux autres espèces ; elle est suivie par l'espèce *H. aperta* qui présente un poids moyen maximal de ($10,72 \pm 2,09$ g) à Sidi Khelifa et un poids moyen faible de ($6,60 \pm 2,17$ g) à Zeghaia. L'espèce *D. a. zonata* a un poids qui se varie entre de ($1,14 \pm 0,82$ g) à Sidi Khelifa et ($1,21 \pm 1,03$ g) à Zeghaia. Pour les hélices à coquilles blanches (*H. virgata*) a un poids faible par rapport aux autres escargots avec un poids moyen ($0,39 \pm 0,20$ g) à Zeghaia et ($0,83 \pm 0,52$ g) à Sidi Khelifa. L'escargot *R. decollata* se caractérise par des moyennes pondérales proches dans les deux sites ($2,30 \pm 1,00$ g) à Zeghaia et ($2,10 \pm 1,10$ g) à Sidi Khelifa. La famille des Milacidae présente des poids moyens ($0,47 \pm 0,28$ g) et ($1,00 \pm 0,42$ g) respectivement à Sidi Khelifa et Zeghaia pour l'espèce *M. gagates*, un poids moyen de l'espèce *M. nigricans* de ($0,96 \pm 0,37$ g) à Sidi Khelifa mais cette espèce inexistante dans l'autre site. Ces deux espèces se caractérisent par les poids les plus faibles par rapport aux autres espèces. Pour l'espèce *O. lactea* est enregistré un poids important à Sidi Khelifa ($2,49 \pm 0,97$ g) et absence à Zeghaia.

Tableau 9 : Moyennes pondérales (m ± s, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Sidi Khelifa (n = 20).

Mois Espèces	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyennes pondérales
<i>H. aperta</i>	11,23 ± 1,40	10,40 ± 1,25	11,46 ± 1,61	10,56 ± 1,39	–	7,48 ± 3,27	12,62 ± 2,93	11,32 ± 2,76	10,72 ± 2,09
<i>H. aspersa</i>	14,62 ± 3,84	–	14,91 ± 4,25	13,61 ± 3,74	–	13,93 ± 2,77	16,95 ± 3,17	15,05 ± 3,34	14,85 ± 3,51
<i>D. a. zonata</i>	2,24 ± 1,70	1,38 ± 1,02	1,04 ± 0,49	1,01 ± 0,98	0,94 ± 0,50	0,82 ± 0,46	0,77 ± 0,51	1,93 ± 0,88	1,14 ± 0,82
<i>H. virgata</i>	1,44 ± 1,41	0,68 ± 0,33	0,56 ± 0,32	0,39 ± 0,24	0,47 ± 0,30	1,54 ± 0,50	0,93 ± 0,75	0,64 ± 0,29	0,83 ± 0,52
<i>R. decollata</i>	–	3,00 ± 1,53	3,01 ± 1,23	1,53 ± 0,94	2,24 ± 1,18	2,77 ± 1,26	0,70 ± 0,53	1,43 ± 1,01	2,10 ± 1,10
<i>M. gagates</i>	–	0,44 ± 0,23	0,40 ± 0,18	0,72 ± 0,42	–	0,26 ± 0,18	0,56 ± 0,47	0,41 ± 0,22	0,47 ± 0,28
<i>M. nigricans</i>	–	1,19 ± 0,28	–	–	–	0,63 ± 0,50	1,07 ± 0,33	–	0,96 ± 0,37
<i>O. lactea</i>	–	3,90 ± 0,79	3,89 ± 0,78	3,21 ± 0,98	3,21 ± 1,04	2,10 ± 1,54	2,24 ± 0,81	2,05 ± 0,83	2,94 ± 0,97

Tableau 10 : Moyennes pondérales (m ± s, g) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Zeghaia (n = 20).

Mois Espèces	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne pondérales
<i>H. aperta</i>	6,28 ± 2,17	5,21 ± 2,03	9,60 ± 1,59	5,88 ± 2,54	5,95 ± 2,55	6,13 ± 2,47	5,5 ± 2,07	8,27 ± 1,95	6,60 ± 2,17
<i>H. aspersa</i>	17,03 ± 5,76	12,08 ± 1,24	11,61 ± 1,08	19,65 ± 8,55	17,51 ± 6,40	12,87±3,24	19,48 ± 8,26	8,36 ± 3,76	14,82±4,91
<i>D. a. zonata</i>	1,29 ± 1,22	1,47 ± 1,43	1,35 ± 1,31	1,82 ± 0,61	0,98 ± 0,96	1,43 ± 1,29	1,49 ± 1,23	0,85 ± 0,21	1,21 ± 1,03
<i>H. virgata</i>	0,09 ± 0,04	0,12 ± 0,09	0,34 ± 0,32	0,09 ± 0,05	0,08 ± 0,04	0,11 ± 0,05	0,29 ± 0,25	1,97 ± 0,72	0,39 ± 0,20
<i>R. decollata</i>	2,79 ± 1,36	2,90 ± 0,99	2,46 ± 0,62	1,67 ± 1,01	2,38 ± 1,12	2,68 ± 1,22	1,1 ± 0,81	2,49 ± 0,88	2,30 ± 1,00
<i>M. gagates</i>	0,97 ± 0,29	1,03 ± 0,42	1,25 ± 0,39	0,92 ± 0,54	–	1,11 ± 0,46	–	0,73 ± 0,44	1,00 ± 0,42

4.2.2. Le diamètre de la coquille des gastéropodes

Les moyennes des diamètres (mm) des escargots sont mentionnées dans les tableaux 11 et 12.

H. aspersa est l'escargot qui a un large diamètre de la coquille ($34,98 \pm 5,95$ mm) au niveau du site Sidi Khelifa et ($33,61 \pm 4,10$ mm) à Zeghaia. Pour l'escargot *H. aperta*, des diamètres moyens de la coquille presque proches dans les deux sites de ($24,15 \pm 3,44$ mm), ($23,04 \pm 4,43$ mm). L'espèce *D. a. zonata*, le diamètre est entre de ($15,00 \pm 4,9$ mm) à Zeghaia et ($15,64 \pm 3,02$ mm) à Sidi Khelifa. Ce qui concerne l'espèce *H. virgata*, elle présente un réduit de diamètre de la coquille par rapport aux autres espèces, varie entre ($11,48 \pm 1,52$ mm) à Zeghaia et ($12,55 \pm 3,31$ mm) à Sidi Khelifa. La même chose de l'espèce *R. decollata* qui présente un diamètre de la coquille se varie entre ($11,07 \pm 2,37$ mm) à Sidi Khelifa et ($11,30 \pm 2,33$ mm) à Zeghaia. Pour L'espèce *O. lactea* présente un diamètre varie entre ($26,12 \pm 4,21$ mm) à Sidi Khelifa.

Tableau 11 : Moyennes des diamètres ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Sidi Khelifa ($n = 20$).

Mois Espèces	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des diamètres
<i>H. aperta</i>	25,65 ± 5,04	25,65 ± 5,36	20,50 ± 3,91	26,90 ± 5,36	–	13,25 ± 2,90	25,15 ± 3,69	24,10 ± 4,74	23,03 ± 4,43
<i>H. aspersa</i>	29,80 ± 10,09	–	34,50 ± 8,24	37,20 ± 7,57	–	35,60 ± 7,29	39,13 ± 1,26	33,65 ± 1,26	34,98 ± 5,95
<i>D. a. zonata</i>	31,40 ± 6,95	14,28 ± 2,29	14,45 ± 2,13	11,53 ± 1,50	14,05 ± 3,39	16,20 ± 3,56	12,55 ± 2,70	10,68 ± 1,62	15,64 ± 3,02
<i>H. virgata</i>	17,05 ± 5,82	13,30 ± 2,56	11,66 ± 3,47	10,90 ± 2,10	10,6 ± 1,31	12,10 ± 6,79	11,78 ± 2,19	13,00 ± 2,25	12,55 ± 3,31
<i>R. decollata</i>	–	11,63 ± 2,83	11,63 ± 2,01	10,83 ± 2,77	12,05 ± 1,36	11,75 ± 1,48	9,95 ± 2,76	9,65 ± 3,38	11,07 ± 2,37
<i>O. lactea</i>	–	26,58 ± 1,48	28,68 ± 6,10	30,25 ± 7,72	24,20 ± 2,17	32,90 ± 6,09	21,25 ± 2,79	18,98 ± 3,11	26,12 ± 4,21

Tableau 12 : Moyennes des diamètres ($m \pm s$, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Zeghaia ($n = 20$).

Mois Espèces	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des diamètres
<i>H. aperta</i>	24,70 ± 3,28	22,62 ± 2,91	27,2 ± 1,90	24,00 ± 3,95	23,75 ± 3,89	21,40 ± 5,68	23,45 ± 3,43	26,10 ± 2,45	24,15 ± 3,44
<i>H. aspersa</i>	30,70 ± 8,56	34,85 ± 2,01	34,00 ± 1,78	35,30 ± 4,47	34,00 ± 5,79	33,41 ± 3,10	36,45 ± 2,98	30,20 ± 4,07	33,61 ± 4,10
<i>D. a. zonata</i>	16,35 ± 5,00	17,15 ± 5,62	16,80 ± 4,86	13,85 ± 4,26	14,65 ± 6,49	14,90 ± 5,33	16,05 ± 5,49	10,28 ± 2,15	15,00 ± 4,90
<i>H. virgata</i>	11,25 ± 1,12	11,00 ± 1,03	11,75 ± 2,27	11,00 ± 1,08	11,05 ± 1,05	10,18 ± 1,66	11,90 ± 1,68	13,71 ± 2,25	11,48 ± 1,52
<i>R. decollata</i>	11,48 ± 2,80	12,25 ± 2,02	11,80 ± 2,17	10,63 ± 2,75	11,85 ± 1,50	11,65 ± 1,84	10,05 ± 3,06	10,71 ± 2,48	11,30 ± 2,33

4.2.3. L'hauteur de la coquille des gastéropodes

Les tableaux 13 et 14 présentent les moyennes des hauteurs (mm) de la coquille des gastéropodes recensés dans les deux sites.

L'espèce *H. aspersa* enregistre une hauteur moyenne de $(22,74 \pm 6,83 \text{ mm})$ à Sidi Khelifa et de $(21,49 \pm 4,56 \text{ mm})$ à Zeghaia; une hauteur maximale de *H. aperta* est marquée à Zeghaia $(16,38 \pm 3,04 \text{ mm})$ et une autre minimale à Sidi Khelifa $(12,46 \pm 4,12 \text{ mm})$. L'escargot *D. a. zonata* présente une hauteur presque identique dans les deux sites $(8,34 \pm 2,36 \text{ mm})$ et $(8,61 \pm 1,57 \text{ mm})$. Pour l'espèce *R. decollata* présente une longue hauteur par rapport aux autres espèces entre $(25,48 \pm 7,85 \text{ mm})$ à Sidi Khelifa et $(28,33 \pm 5,62 \text{ mm})$ à Zeghaia. Concernant l'espèce *H. virgata* présente des hauteurs qui se varient entre 4,58 et 11,46 avec un moyen de $(6,19 \pm 1,82 \text{ mm})$ à Zeghaia, de la même façon à Sidi Khelifa qui présente des hauteurs varient entre 5,57 mm et 9 mm avec un moyen de $(7,13 \pm 1,83 \text{ mm})$. Ainsi que l'espèce *O. lactea*, montre une hauteur moyenne de la coquille de $(12,59 \pm 2,79 \text{ mm})$ à Sidi Khelifa.

Les limaces se sont des gastéropodes n'ont pas pourvus d'une coquille. On a noté une variation des paramètres biométriques entre sites et mois pour la même vérifier l'espèce revient aux conditions de milieu.

Tableau 13: Moyennes des hauteurs (m ± s, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Sidi Khelifa (n = 20).

Mois Espèces	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des hauteurs
<i>H. aperta</i>	12,40 ± 5,36	13,40 ± 5,61	12,30 ± 3,79	15,00 ± 5,57	–	6,95 ± 1,83	14,40 ± 2,64	12,80 ± 4,06	12,46 ± 4,12
<i>H. aspersa</i>	21,23 ± 8,82	–	24,30 ± 6,91	23,65 ± 7,25	–	24,05 ± 7,04	21,75 ± 4,65	21,45 ± 6,31	22,74 ± 6,83
<i>D. a. zonata</i>	17,49 ± 3,66	7,93 ± 1,58	8,25 ± 1,16	6,55 ± 1,28	7,23 ± 1,36	8,95 ± 1,39	6,65 ± 1,35	5,80 ± 0,78	8,61 ± 1,57
<i>H. virgata</i>	9,00 ± 2,70	7,15 ± 1,50	6,55 ± 1,40	6,58 ± 1,66	5,75 ± 1,02	8,40 ± 3,53	6,70 ± 1,57	6,93 ± 1,22	7,13 ± 1,83
<i>R. decollata</i>	–	24,28 ± 4,90	27,28 ± 6,22	27,20 ± 10,14	30,55 ± 5,42	21,25 ± 9,58	22,70 ± 7,65	25,10 ± 11,05	25,48 ± 7,85
<i>O. lactea</i>	–	13,58 ± 1,53	15,35 ± 4,31	14,40 ± 4,12	12,15 ± 1,42	11,25 ± 4,94	11,53 ± 1,64	9,90 ± 1,55	12,59 ± 2,79

Tableau 14: Moyennes des hauteurs (m ± s, mm) de la coquille des gastéropodes terrestres recensés au niveau de Zeghaia (n = 20).

Mois Espèces	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Moyenne des hauteurs
<i>H. aperta</i>	17,70 ± 2,41	16,71 ± 3,18	15,31 ± 1,88	17,90 ± 3,05	17,75 ± 3,01	15,40 ± 5,39	17,65 ± 2,87	12,61 ± 2,51	16,38 ± 3,04
<i>H. aspersa</i>	20,33 ± 7,21	24,00 ± 3,04	16,00 ± 3,08	22,05 ± 5,15	23,30 ± 5,46	23,30 ± 5,45	21,15 ± 2,95	21,78 ± 4,14	21,49 ± 4,56
<i>D. a. zonata</i>	8,70 ± 2,66	9,05 ± 1,67	8,90 ± 2,10	4,70 ± 2,35	7,60 ± 3,16	9,55 ± 2,14	8,58 ± 2,45	9,71 ± 2,33	8,34 ± 2,36
<i>H. virgata</i>	5,20 ± 2,14	5,40 ± 2,16	5,95 ± 1,67	5,25 ± 2,12	5,20 ± 2,14	4,58 ± 0,54	6,45 ± 2,31	11,46 ± 1,48	6,19 ± 1,82
<i>R. decollata</i>	24,98 ± 5,78	31,30 ± 3,87	32,95 ± 2,78	27,80 ± 10,33	29,95 ± 4,93	31,90 ± 7,81	20,83 ± 5,49	27,9 ± 3,95	28,33 ± 5,62

4.3. Indice écologique

4.3.1. Indice de composition

➤ Richesse totale (S) et moyenne (S')

Le tableau 15 et les figures 13, 14 et 15 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 région de Mila est riche en différentes familles et espèces malacologiques exprimées par une richesse totale de huit (8) espèces à Sidi Khelifa et six (6) espèces à Zeghaia. À propos de la richesse moyenne, on a obtenu une valeur maximale à Sidi Khelifa (362,13) et minimale à Zeghaia (204,88); ainsi que un nombre élevé d'individus marqué à Sidi Khelifa (2897), il est faible à Zeghaia (1639).

Tableau 15: Richesse totale (**S**) et moyenne (**S'**) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).

Sites	Sidi Khelifa	Zeghaia
Paramètres		
Richesse totale (S)	8	6
Nombre total d'individus (Ki)	2897	1639
Nombre de relevées (N)	8	8
Richesse moyenne (S')	362,13	204,88

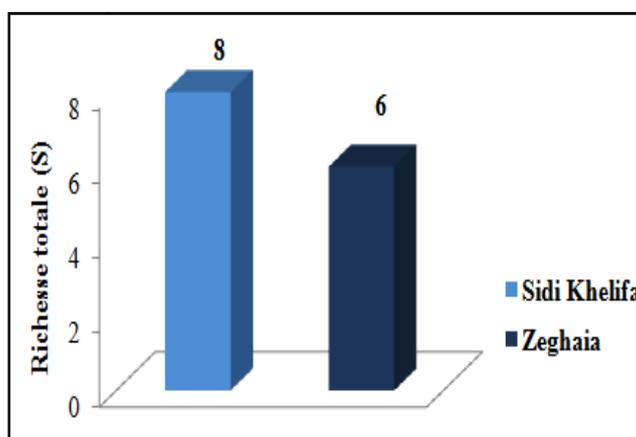


Figure 13. Richesse totale des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).

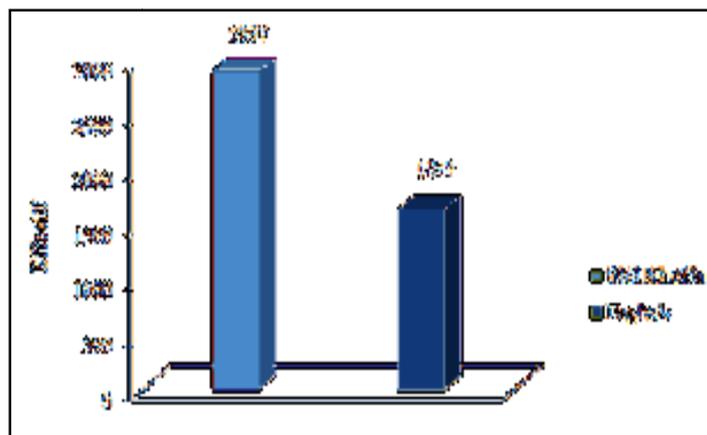


Figure 14. Nombre total d'individus (**Ki**) recensés dans les deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).

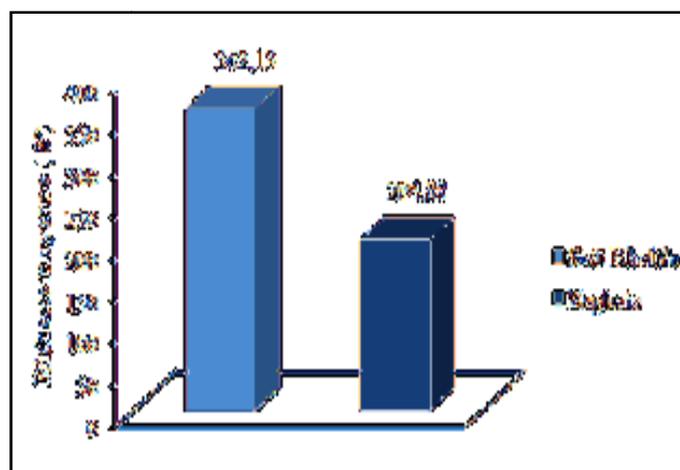


Figure 15. Richesse moyenne (**S'**) des gastéropodes terrestres recensés au niveau de deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).

➤ **Fréquence centésimale (F)**

Les données de la fréquence centésimale sont mentionnées dans le tableau 16 et la figure 16.

On a observé que l'espèce *H. aperta* présente un pourcentage très élevé à Zeghaia (43,01 %) et très faible à Sidi Khelifa (7,08 %). Ensuite, l'espèce *H. aspersa* présente une fréquence de (5,14 %) à Sidi Khelifa et une fréquence maximale à Zeghaia (13,48 %). Concernant l'espèce *D. a. zonata* présente un pourcentage minimal de (11,41 %) à Zeghaia et maximal à Sidi Khelifa de (48,15 %); ainsi que l'espèce *H. virgata* a une valeur maximale à Sidi Khelifa (17,88 %) et minimale à Zeghaia (11,10 %). Pour l'espèce *R. decollata*, la fréquence est une valeur de (13 %) à Zeghaia par contre une fréquence très faible à Sidi

Khelifa (6,01 %). un nombre très important de limace marquée de *M. gagates* avec (7,99 %) à Zeghaia, tandis qu'il est très faible à Sidi Khelifa (4,59 %). Pour les espèces : *O. lactea*, *M. nigricans* présentent des fréquences peu proches se varient entre (3,18 %) et (7,97 %) à Sidi Khelifa, inexistantes dans le site de Zeghaia, On a noté que la fréquence des espèces varie d'une espèce à l'autre. selon **Dajoz (1985)** des espèces rares ($25 < F < 50$) : *D. a. zonata* à Sidi Khelifa et *H. aperta* à Zeghaia, les autres espèces sont très rares ($F < 25$) dans les deux sites.

Tableau 16: La fréquence centésimale (F) en (%) des espèces recensées dans les deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).

Espèces	Sites	
	Sidi Khelifa	Zeghaia
<i>H. aperta</i>	7,08	43,01
<i>H. aspersa</i>	5,14	13,48
<i>D. a. zonata</i>	48,15	11,41
<i>H. virgata</i>	17,88	11,10
<i>R. decollata</i>	6,01	13
<i>M. gagates</i>	4,59	7,99
<i>M. nigricans</i>	3,18	-
<i>O. lactea</i>	7,97	-

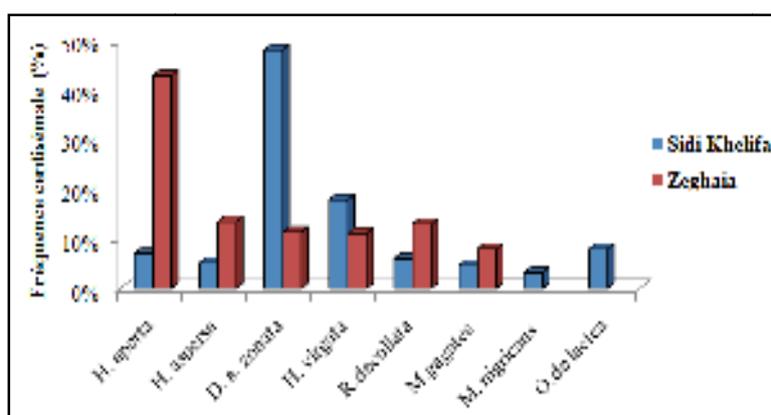


Figure 16. Fréquence centésimale (%) des espèces recensées dans les deux sites d'étude. (octobre 2018 – mai 2019).

➤ **Constance (C)**

Le tableau 17 présente les valeurs de la constance **C** (%) des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude.

Les espèces *D. a. zonata*, *H. virgata* dans le site de Sidi Khelifa et les espèces *H. aperta*, *H. aspersa*, *D. a. zonata*, *H. virgata* et *R. decollata* dans le site de Zeghaia présentent une constance de (100 %) ce qui explique que ce sont des espèces **omniprésentes** ($C = 100\%$) selon **Dajoz (1985)**. Les espèces *Helix aperta*, *Helix aspersa*, *R. decollata*, *O. lactea* et *M. gagates* à site de Sidi Khelifa, et *M. gagates* à Zeghaia, elles sont **constantes** ($75\% \leq C \leq 100\%$) avec une fréquence varie entre (75 % et 87,5 %). Concernant *M. nigricans*, c'est une espèce **régulière** ($50\% \leq C < 75\%$) à Sidi Khelifa.

Tableau 17: les valeurs de la constance **C** (%) des gastéropodes terrestres recensés dans les deux sites d'étude (octobre 2018 – mai 2019).

Espèces	Sites	
	Sidi Khelifa	Zeghaia
<i>H. aperta</i>	87,5	100
<i>H. aspersa</i>	75	100
<i>D. a. zonata</i>	100	100
<i>H. virgata</i>	100	100
<i>R. decollata</i>	87,5	100
<i>M. gagates</i>	75	75
<i>M. nigricans</i>	50	–
<i>O. lactea</i>	87,5	–

4.3.2. Indice de structure

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

Le tableau 18 et les deux figures 17 et 18 présentent les résultats d'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (Sidi Khelifa et Zeghaia).

Ces résultats montrent que l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') est très important dans les deux sites essentiellement à Sidi Khelifa (2,34 bits). Concernant l'équitabilité, elle se varie entre (0,78) à Sidi Khelifa et (0,88) à Zeghaia ; elle est élevée proche du 1 ; donc $0,5 < E < 1$; ce qui signifie que différentes espèces de cette population sont en équilibre entre elles.

Tableau 18 : Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensés au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 - mai 2019).

Indice	Sites	Sidi Khelifa	Zeghaia
Shannon - Weaver (H') (bits)		2,34	2,27
Equitabilité (E)		0,78	0,88

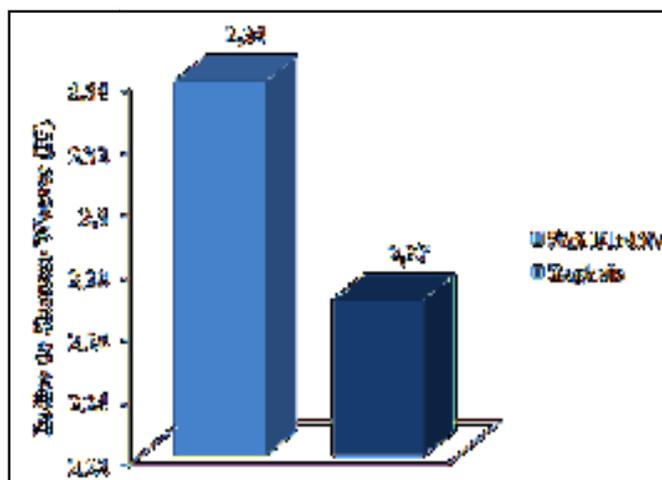


Figure 17. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') des gastéropodes terrestres recensée au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 - mai 2019).

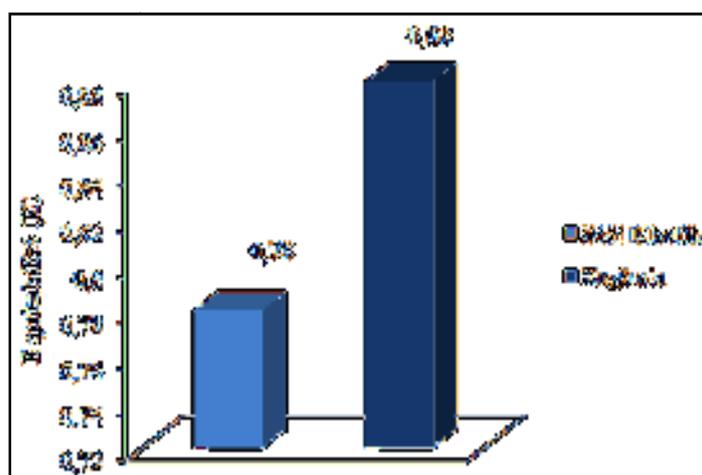


Figure 18. Indice de diversité de l'équitabilité (E) des gastéropodes terrestres recensée au niveau des deux sites d'étude (octobre 2018 - mai 2019).

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

Les plantes récoltées dans les deux sites d'étude, qui sont utilisées pour la nutrition par les gastéropodes terrestres sont présentées dans le tableau 19 et la figure 19.

Tableau 19 : Espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude.

Familles	Espèce
Asteraceae	<i>Silybum marianum</i> (Gaertn, 1791)
	<i>Cynara scolymus</i> (Gaertn, 1791)
Boraginaceae	<i>Borrago officinalis</i> (Linnaeus, 1758)



Silybum marianum



Cynara scolymus



Borrago officinalis

Figure 19. Les espèces botaniques recensées dans les deux sites d'étude (Photo originale, 2019).

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 différentes propriétés déterminent la capacité et les limites du sol pour assurer la fonction de support de biomasse, et conditionnent plus globalement l'utilisation des terres. Les paramètres analysés sont : pH_{eau} , conductivité, humidité et porosité.

Les résultats des paramètres physico-chimiques du sol des différents sites d'étude sont illustrés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Paramètres physico-chimiques des sols réalisée pendant les deux saisons (hiver et printemps) dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa et Zeghaia) ($m \pm s$, $n = 3$).

Paramètres	Sites	Sidi Khelifa		Zeghaia	
		Hiver	Printemps	Hiver	Printemps
pH_{eau}		$7,98 \pm 0,08$	$7,65 \pm 0,10$	$7,88 \pm 0,06$	$7,64 \pm 0,02$
Conductivité électrique (ms/cm)		$0,17 \pm 0,09$	$0,15 \pm 0,05$	$0,56 \pm 0,41$	$0,05 \pm 0,05$
<Humidité (%)		$66,33 \pm 20,27$	$57,39 \pm 11,93$	$74,33 \pm 22,85$	$47,80 \pm 11,40$
Porosité (%)		$18,00 \pm 2,65$	$15,67 \pm 4,16$	$17,33 \pm 3,79$	$18,00 \pm 2,00$

4.5.1. Le pH_{eau}

Le pH_{eau} des sols se varie entre (7,64 et 7,98) dans les deux sites. On a trouvé une valeur maximale de pH_{eau} marquée en hiver à Sidi Khelifa ($7,98 \pm 0,08$) et une valeur minimale marquée à Zeghaia ($7,64 \pm 0,02$) en printemps, le taux du pH_{eau} du sol en printemps presque similaire dans les deux sites d'étude. Ces résultats indiquent que les sols sont de pH_{eau} alcalins ($7,25 < pH < 8,5$) (Fig. 20).

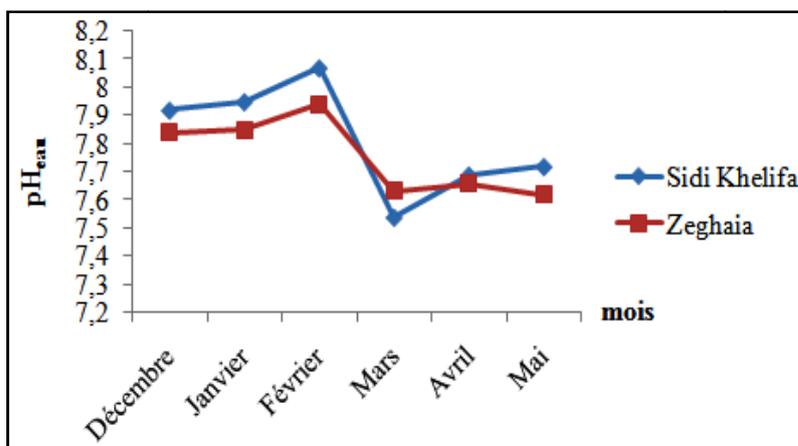


Figure 20. Variation de pH_{eau} mesuré dans les sols des sites d'étude ($n = 3$) (décembre 2018- mai 2019).

4.5.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique définit 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 (0,05 et 0,17 ms/cm), sauf à Zeghaia qui note une valeur élevée de conductivité électrique (0,56 ms/cm) en hiver. Les résultats de la conductivité électrique montrent que les sols des deux sites ne sont pas salés ($0 < CE < 0,6$ ms/cm) (Fig. 21).

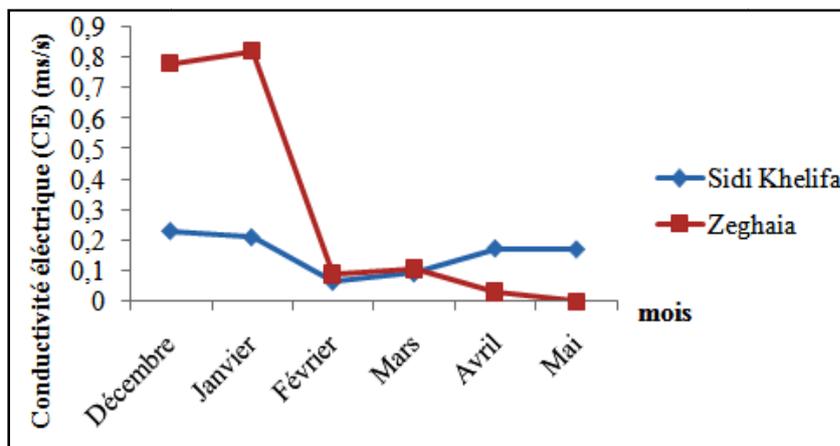


Figure 21. Variation de la conductivité électrique (ms/s) mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018 – mai 2019).

4.5.3. Humidité (h)

Les valeurs d'humidité en hiver sont importantes se varient entre ($66,33 \pm 20,27$ %) à Sidi Khelifa et ($74,33 \pm 22,85$ %) à Zeghaia. Des faibles valeurs d'humidité sont marquées pendant l'hiver dans les deux sites comparativement au printemps. Ces sols sont généralement qualifiés par une texture argilo-limoneuse (45- 75%) (Fig. 22).

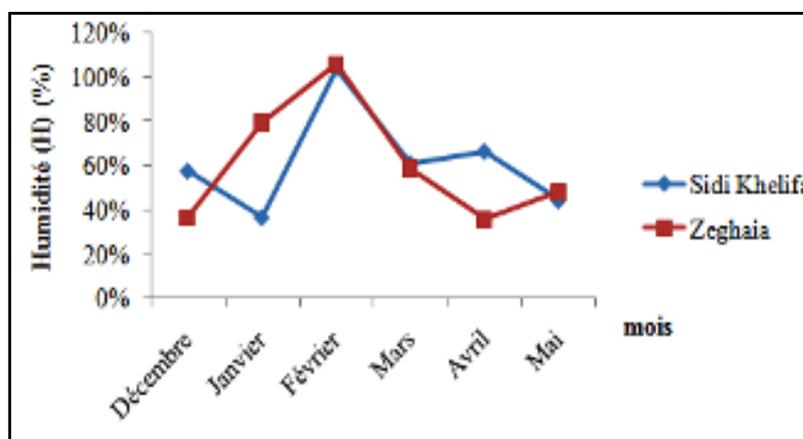


Figure 22. Variation de l'humidité (%) mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018 - mai 2019).

4.5.4. Porosité

Les valeurs de la porosité en hiver sont presque proches dans les deux sites d'étude comprises entre $(17,33 \pm 3,79 \%)$ à Zeghaia et $(18,00 \pm 2,65 \%)$ à Sidi Khelifa. Cependant, en printemps la porosité est minimale à Sidi Khelifa $(15,67 \pm 4,16 \%)$ et maximale à Zeghaia $(18,00 \pm 2,00 \%)$. Ces résultats indiquent que le sol se caractérise par une porosité assez faible (10 - 20 %) dans les deux sites durant les deux saisons (**Fig. 23**).

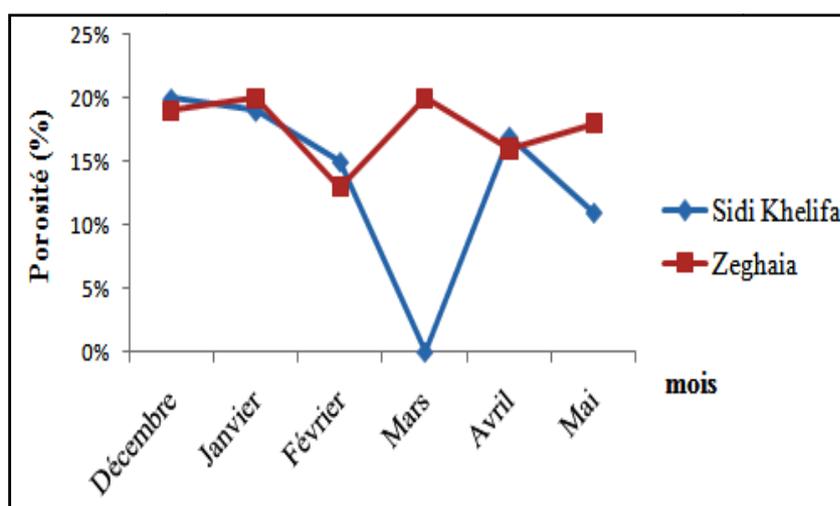


Figure 23. Variation de porosité (%) mesurée dans les sols des sites d'étude (n = 3) (décembre 2018 - mai, 2019).

L'ANOVA à deux critères de classification (site, saison) des paramètres physico-chimiques du sol (pH_{eau} , conductivité électrique, humidité et porosité) révèle **un effet saison hautement significatif** ($F_{1,8} = 51,12, p < 0,001$) pour le pH_{eau} , et un effet **non significatif** pour les paramètres :conductivité électrique ($F_{1,8} = 4,68, p < 0,05$), humidité ($F_{1,8} = 1,42, p < 0,05$), porosité ($F_{1,8} = 0,20, p < 0,05$), et un effet **site non significatif** pour tous les paramètres: pH_{eau} ($F_{1,8} = 2,14, p < 0,05$), conductivité électrique ($F_{1,8} = 1,54, p < 0,05$), humidité ($F_{1,8} = 0,00, p < 0,05$), porosité ($F_{1,8} = 0,20, p < 0,05$). Ainsi que l'interaction saison/site est **non significatif** pour tous les paramètres: pH_{eau} ($F_{1,8} = 1,27, p < 0,05$), conductivité électrique ($F_{1,8} = 3,92, p < 0,05$), humidité ($F_{1,8} = 0,35, p < 0,05$), porosité ($F_{1,8} = 0,63, p < 0,05$) (**Annexe I : Tableaux 1 à 4**).

Discussion

5. Discussion

La biodiversité des êtres vivants ainsi que la pollution de l'environnement sont considérés comme les préoccupations majeures de l'humanité (**Viard-La Rocca, 2004**). La biodiversité des invertébrés des sols et du milieu aquatique diminue très rapidement lorsque les facteurs pédologiques du sol, sont altérées par différentes causes telles que la pollution, les mauvaises pratiques des terres (**Caoduro et al., 2014**). Des études sur le terrain ont été réalisées pour étudier l'utilisation des gastéropodes terrestres comme bioindicateurs (**Bouche et al., 2005 ; Boudechiche, 2007; Bouffard, 2000; Tomizawa & Casida, 2003; Sacchi, 1971**). Les gastéropodes terrestres (escargots et limaces) présentent un important pouvoir bioaccumulateur des différents polluants (métaux, pesticides...), l'escargot est considéré comme l'un des concentrateurs les plus efficaces des ETM_S dans les habitats terrestres pollués. Cette résistance résulte de la capacité que présentent ces invertébrés terrestres de retenir et neutraliser les métaux toxiques soit par compartimentation intracellulaire et excrétion, soit par liaison avec des protéines, dont les métallothionéines, qui se lient fortement aux métaux surtout le cadmium et permettent leur stockage durant de longues périodes (**Le Bras, 2007**).

5.1. Inventaire des gastéropodes terrestres

La région de Nord-Est Algérien présente une diversité biologique très importante. Notre inventaire s'est déroulé en hiver, printemps ainsi que quelques mois de l'automne, 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 (Sidi Khelifa et Zeghaia) ont été effectué d'octobre 2018 à mai 2019. 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 des trois 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 cinq espèces : *Helix aperta* (**Borne, 1778**), *Helix aspersa* (**Müller, 1774**), *Dupotetia alabastra zonata* (**Pallary, 1926**), *Otala lactea* (**Müller, 1774**) et *Helicella virgata* (**Da Costa, 1778**). Tandis que la famille des Milacidae a été présentée par deux espèces de limaces : *Milax gagates* (**Draparnaud, 1801**) et *Milax nigricans* (**Philippi, 1836**) assez semblables

extérieurement qui ne diffèrent que par la taille mais *nigricans* pourrait être présente dans l'étage bioclimatique humide (Benzara, 1985). La famille des Subulinidae est représentée par une seule espèce qui est *Rumina decollata* (Linnaeus, 1758). Au niveau du site Sidi Khelifa on a inventorié huit (8) espèces qui sont : *Helix aperta*, *Helix aspersa*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Rumina decollata*, *Milax gagates*, *Milax nigricans* et *Otala lactea*, cependant dans le site de Zeghaia, six (6) espèces sont trouvées. Une dominance de l'espèce *Helix aperta* (43 %) dans le site de Zeghaia, une dominance de l'espèce *Dupotetia alabastra zonata* (48,15 %) dans le site de Sidi Khelifa, les espèces *Milax nigricans* et *Otala lactea* sont inexistantes dans le site de Zeghaia. 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: El-Hadjar, Ben M'hidi, Sidi Kaçi, 13 espèces sont recensées (Larba & Soltani, 2014) repartirent en 6 familles des gastéropodes, avec une richesse spécifique d'El Kala atteignant 14 espèces (Boudechiche, 2007). (Damerdji, 2008 ; Douafer & Soltani, 2014) qui montre une diversité des gastéropodes terrestres dans la région de Tlemcen, Guelma, Annaba, El Kala avec une dominance d'*Helix aspersa*.

5.2. Biométrie des espèces

Les résultats concernant la biométrie des espèces récoltées au niveau des sites d'étude révèlent que la moyenne la plus élevée du corporel a été enregistrée chez *Helix aspersa* (14,82) à Zeghaia et (14,85) à Sidi Khelifa, elle est suivie par *H. aperta* qui présente un poids peu important et les poids faibles ont été enregistrés chez *Helicella virgata*. D'après ces poids, on peut caractériser la taille des escargots par une taille moyenne selon la classification de Chevallier (1977). Ainsi on a noté que le poids des escargots durant la période hivernale (décembre, janvier, février) est très élevé par rapport à la période de printemps (mars, avril, mai), qu'il attribue à l'influence des conditions du milieu, notamment les facteurs climatiques (température, précipitation, et l'humidité)

Les valeurs de diamètre de la coquille indiquent que l'espèce *H. aspersa* présente un diamètre plus large dans les deux sites, tandis que *Rumina decollata* présente une longue hauteur de la coquille. Plusieurs auteurs, rapportent que les différences morphométriques entre des escargots appartenant à la même espèce peuvent être dues à la nature des sols, et la végétation (Gomot, 1997). Dans des autres études, Douafer & Soltani (2014) ont trouvé que l'espèce *Helix aspersa* est également la plus volumineuse dans la région Est du pays, qui marque des tailles maximales des gastéropodes chez la population d'El-Kala confirmant des

observations antérieures par **(Larba & Soltani, 2014)**, dans la région de Mila (Chigara et Boufouh) un diamètre de la coquille le plus élevé est *Helix aspersa* **(Bakhi & Bakhi, 2017)**. Dans la région de Tlemcen, la taille maximale des gastéropodes a été enregistrée en période hivernale **(Damerdj, 2001 ; 2012)**. Les variations des paramètres biométriques peuvent être expliquées par l'influence des facteurs abiotiques et biotiques qui restent importants dans la variation de la taille des coquilles d'un gastéropode terrestre **(Riddle, 1986)**. Donc certains caractères conchyliologiques particuliers, comme la taille, distinguent les espèces susceptibles de s'élever en altitude **(Damerdj, 2010)**.

5.3. Les indices écologiques

La région de Mila est riche en gastéropodes terrestres, le site de Sidi Khelifa est plus riche en espèces malacologiques avec une richesse totale de huit (8) espèces et six (6) espèces à Zeghaia. Cela peut être expliqué par la faible densité de population humaine, plus loin de source de pollution, riche en végétation et des conditions climatiques et pédologiques favorables. 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)**. Il existe 13 espèces **(Boudchiche, 2007)** à El Kala et 11 espèces **(Douafer & Soltani, 2014)** dans le Nord-Est Algérien (Guelma, Annaba, El Kala). Dans la région Ouest (Tlemcen), **Damerdj (2013)** a trouvé 11 espèces. La même valeur a été obtenue au printemps sur le romarin par **Damerdj et al. (2005)**, **Bigot (1965)** a rapporté 8 espèces de gastéropodes terrestres dans la Sansouire camarguaise (France), tandis que 66 espèces ont été recensées dans la Virginie-Occidentale **(Hotopp et al., 2008)**, 1129 espèces d'escargots terrestres sont enregistrées en Inde **(Sen et al., 2012)**. En Arabie Saudia, **Amr & Al-Shammari (2013)** ont rapporté 5 espèces dans la région de Ha'il.

La richesse moyenne, qui exprime le nombre d'espèce les plus représentatives du milieu, a une valeur maximale à Sidi Khelifa (362,13) et minimale à Zeghaia (204,88) ainsi qu'un nombre élevé d'individus à Sidi Khelifa (2897) mais faible à Zeghaia (1639). Donc le site de Sidi Khelifa est plus favorable pour la vie des gastéropodes. Ainsi que dans la même région de Mila (Boufouh et Chigara) **(Bakhi & Bakhi, 2017)** on a noté une valeur minimale (268,16) à été obtenue à Boufouh et une valeur maximale (292,33) à Chigara, le nombre total d'individus récoltés à Boufouh est faible de (1609) et plus élevé à Chigara (1789). **(Douafer & Soltani, 2014)** ont montré que la richesse moyenne avec une valeur maximale a été obtenue à El Kala de (508) et minimale à Néchmaya de (391,87) ; ainsi un nombre important d'individus à El Kala (4064) mais faible à Néchmaya (3135).

La fréquence centésimale (**F**) varie d'un site à l'autre en fonction des conditions climatiques de la région, 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. Comparativement des sites Boufouh et Chigara à Mila, les espèces *Helix aspersa* et *Helix aperta* sont des espèces rares, pour les espèces *Rumina decollata*, *D. alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Milax gagates*, sont des espèces très rares (**Bakhi & Bakhi, 2017**).

Concernant, la constance (**C**), elle est variée dans les deux sites, 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**. Qui présentent une biomasse significative et des pouvoirs adaptatifs aux différents climats et sols. 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. Dans la région de Boufouh et Chigara à Mila, *Helix aspersa* et *Helix aperta* sont des espèces **accessoires**, et les espèces : *Rumina decollata*, *D. alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Milax gagates*, sont des espèces **accidentelles** (**Bakhi & Bakhi, 2017**).

L'indice de Shannon - Weaver (H') utilisé dans ce travail pour comparer la richesse des deux sites en tenant compte des nombres d'espèces présentes d'une part et du nombre d'individus de chaque espèce d'autre part (**Blondel, 1975**). Cet indice de diversité dans les deux sites, il est compris entre (2,27 bits) et (2,34 bits), ce qui nous permet de dire que nos sites sont présentés une diversité importante et riche en espèces malacologiques. Une étude révèle que l'indice de diversité de Shannon-Weaver est le plus élevé au Parc National de El Kala (3,05 bits) (**Douafer & Soltani, 2014**) contre une valeur de 2,91 bits à El Kala par (**Larba & Soltani, 2014**) et 0,26 bits à Tlemcen (**Damerджи, 2008**), dans la région de Mila cet indice de diversité de Shannon-Weaver se varie entre (2,60 bits) à Boufouh et (2,67 bits) à Chigara (**Bakhi & Bakhi, 2017**). Les facteurs biotiques et abiotiques caractérisant un milieu agissent sur la richesse des gastéropodes dans le temps et dans l'espace.

L'équitabilité (**E**) confirme les résultats de l'indice de Shannon-Weaver, qui traduit d'une manière fidele cette diversité, elle est variée de 0 à 1 présentant respectivement la diversité minimale et la diversité maximale pouvant caractérisée le milieu considéré. Les valeurs de l'équitabilité sont varient entre (0,85 et 0,90), on proche de 1 peut dire qu'il y a un équilibre de la répartition des populations. Des résultats similaires ont également été obtenus à Boufouh et Chigara (Mila) l'équitabilité se varie entre (0,85 et 0,91) (supérieures à 0,50) (**Bakhi & Bakhi, 2017**), et au niveau de l'Est Algérie (Guelma, Annaba, El Kala)

(Douafer & Soltani, 2014), tandis qu'à Tlemcen, située dans une étage bioclimatique aride, l'équitabilité est inférieure à 0,50 (Damerdji, 2008). Donc cet indice de équitabilité et l'indice de Shannon – Weaver (H') sont en rapport avec la richesse en espèces (Puente, 1997).

Les variations de l'effectif et la distribution des espèces, la présence de certaine espèce dans un site et leur absence dans un autre site étude peut être revient à l'influence des conditions du milieu, notamment les facteurs climatiques qui jouent un rôle fondamental dans la croissance des gastéropodes, la reproduction, la distribution et la nutrition, ainsi d'autre facteur environnemental c'est le rayonnement qui influence la coloration des coquilles (Damerdji & Benyoucef, 2006) et la persistance des polluants. De plus, les facteurs pédologiques physico-chimiques, décrivant la nature du sol, essentiellement les paramètres principaux : le pH_{eau} , l'humidité du substrat (texture), la salinité (conductivité électrique), la porosité, la richesse en matière organique et en calcaire qui influence la distribution des gastéropodes en tant que le sol et l'habitat, la disponibilité des végétations utilisées comme nourriture pour les escargots ; la densité animale et la charge biotique.

5.4. Inventaire de la flore

L'étude sur l'inventaire de la flore montre la disponibilité des espèces végétales, utilisées comme sources de nutrition par les escargots et les limaces, la disponibilité du couvert végétale influence la présence et la richesse des espèces malacologique dans les deux sites d'étude. On a recensé deux familles botaniques Asteraceae (*Silybum marianum*, *Cynara scolymus*) et Boraginaceae (*Borrago officinalis*). Comparativement aux autres régions, à Mila (Boufouh et Chigara) présentes quatre espèces botaniques (*Picris inermis*, *Triticosecale Deschampsia cespitosa*, *Laitue virosa*, *Urospermum dalichampii*) appartiennent à trois familles (Bakhi & Bakhi, 2017). À Tlemcen, Damerdji (2013) trouve que la malacofaune associée aux quatre plantes médicinales (Thym, Romarin, Lavande et Marrube) se rapporte à quatre familles.

5.5. Les paramètres physico-chimiques du sol

Plusieurs caractéristiques physico-chimiques des sols sont importantes pour expliquer et prévoir le comportement des polluants, la porosité, la teneur en air et en eau, la densité, la perméabilité... etc. Les études de ces paramètres sont d'une importance majeure dans la dynamique des espèces terrestres (Viard-La Rocca, 2004). Les paramètres physico-chimiques analysés des propriétés du sol dans ce travail peuvent être considérés comme des indicateurs d'évaluation (Bailey, 1975 ; 1981). La température est un facteur écologique fondamental qui joue un rôle important dans le contrôle du métabolisme (Viard-La Rocca,

2004 ; **Bailey, 1975**) et de la répartition biogéographique de l'ensemble des espèces, directement ou en relation avec d'autres facteurs écologiques comme la salinité, l'humidité ou le pH_{eau} (**Duchaufour, 1989**).

Les valeurs enregistrées du pH_{eau} indiquent les sols des deux sites sont **alcalins** probablement liée à la présence de carbonates (**Baize & Jabiol, 1995**). Ces derniers jouent un rôle important dans le maintien du pH_{eau} des sols. Plusieurs auteurs ont montré que le pH_{eau} des sols dépend de la nature géologique du substrat. Comparativement à d'autre étude, dans la région de Mila **Bakhi & Bakhi (2017)** ont noté que les sols des sites Boufouh et Chigara sont **neutres**, **Douafer (2014)** indique que les sols étudiés sont des sols **alcalins**, dans les sites d'El Kala, Guelma, Néchmaya et El Bouni, **Larba (2014)** a signalé que les variations saisonnières du pH_{eau} 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.

Concernant la salinité ou la conductivité électrique est une mesure physico-chimique qui nous donne une idée sur la concentration des électrolytes dans un sol (**Godin, 1984 ; McBride, 1994**). Les résultats montrent que les sols ont une conductivité électrique faible à moyenne (0 - 0,6 ms/cm). Le minimum de salinité est de (0,17 ms/cm) à Sidi Khelifa et le maximum est de (0,56 ms/cm) à Zeghaia en hiver, par contre en printemps trouve des valeurs presque faible dans les deux sites d'étude. Ces résultats prouvent que les sols de Sidi Khelifa et Zeghaia ne sont pas 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**); Bouteldja, El Tarf et El Kala ne sont pas salé, par contre les sols de Ben M'hidi et Sidi Kaçi sont des sols peu salés et le sol d'El-Hadjar est un sol salé (**Larba & Soltani, 2014**).

L'humidité hygroscopique représente la quantité d'eau que peut retenir un sol soumis aux conditions naturelles d'assèchement (**Godin, 1984**). 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 sol. Dans notre travail, le pourcentage de l'humidité du sol a été compris entre (45-75 %) dans les deux sites, donc ces sols ont une texture argilo-limoneuse selon la classification de **Gaucher (1968)** qui retiennent plus d'eau que les sols sableux à structure particulaire (**Baize & Jabiol, 1995**). Autres ont marquées des valeurs maximales d'humidité à El-Hadjar avec un maximum de (67,73 %) en

Hiver. Par contre les valeurs minimales à El-Kala avec un minimum de (10,36 %) en Automne ; 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 (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. 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**). 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**). Dans des 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 saisons humides (automne, hiver et printemps) sont riches en espèces et ont une importante biodiversité par rapport à l'été, donc tous les pulmonés ont besoin d'eau et d'air humide (**Ricou, 1964 ; Damerdji & Djedid, 2008**) pour la croissance et la survie. La majorité des limaces et des escargots n'est active que si l'humidité du milieu est suffisante (**Jeppesen & Nygard, 1976 ; Bachelier, 1978 ; Charrier & Daguzan, 1982**). Ainsi que la température et la photopériode jouent un rôle important dans la croissance et la reproduction des gastéropodes terrestres (**Bailey, 1975 ; 1981 ; Jess & Marks, 1998**).

les paramètres physico-chimiques du sol varient en fonction des condition climatiques, géologiques et de la végétation (**Prescott et al., 1995**). La pédologie s'intéresse des problèmes agricoles, de fertilité, érosion, désertification, ainsi que de la pollution des sols car les sols

constituent le fonctionnement de la vie des hommes, des animaux et des plantes, ainsi que le lieu d'une activité biologique (**Bonin, 2006**).

La biodisponibilité joue un rôle fondamental dans la toxicité des polluants, elle varie avec les propriétés physico-chimiques des sols et influence sur la solubilisation, précipitation, absorption, désorption, oxydoréduction, hydrolyse, complication des substances polluantes (**Portail, 2005**). Dans le sol, les ETM_S se répartissent essentiellement dans la phase solide; argile, oxydes de fer, de manganèse et matière organique sont les principaux compartiments concernés, dans le cas de sols calcaires, les carbonates de calcium sont les constituants majeurs intervenant dans la fixation des éléments-traces métalliques. En premier lieu, ces éléments viennent s'accumuler dans l'horizon de surface. Ils peuvent être stockés, transformés, lessivés vers les cours d'eaux, et repris par les êtres vivants. Leur accumulation dans le sol peut compromettre l'usage de ce dernier et induire des dangers pour les organismes exposés tels les microorganismes, la flore et la faune (**Chassin et al., 1996**). Ces dangers peuvent se traduire par des changements majeurs dans la structure du compartiment biologique. La contamination engendre ainsi des modifications de la densité et la biodiversité, et influence les différentes activités des communautés vivant dans le sol. Pour résister à cette contamination, on utilise les gastéropodes comme bons bioindicateurs de l'état de ces sols, l'escargot qui intègre les polluants essentiellement des ETM_S via différentes voies d'exposition : digestive par ingestion de nourriture (plantes, particules de sols) (**Gomot et al., 1989**); cutanée par diffusion des polluants du sol à travers l'épithélium du pied (**Coeurdassier et al., 2002 ; Gomot-de Vaufleury & Pihan, 2002**); respiratoire par inhalation de gaz et/ou de particules atmosphériques (**Ismert et al., 2002 ; Regoli et al., 2006**).

Aussi une variation significative a été notée entre les différents paramètres physico-chimiques 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

Ce travail a pour objectif d'évaluer la biodiversité et la distribution des gastéropodes terrestres dans deux sites de la région du Mila (Sidi Khelifa et Zeghaia). Afin, obtenir une espèce bioindicatrice de la qualité du sol par un inventaire corrélés par les analyses physico-chimiques.

Dans cette inventaire on a recensé huit (08) espèces malacologiques dans le site de Sidi Khelifa (*Helix aperta*, *Helix aspersa*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Rumina decollata*, *Milax gagates*, *Milax nigricans* et *Otala lactea*) et six (06) espèces malacologiques (*Helix aperta*, *Helix aspersa*, *Dupotetia alabastra zonata*, *Helicella virgata*, *Rumina decollata* et *Milax gagates*) à Zeghaia. Dans le site de Sidi Khelifa, c'est l'espèce *D. alabastra zonata* est la plus dominante, suivie par l'espèce *H. virgata*. De parallèle, dans le site de Zeghaia, c'est l'espèce *H. aperta* l'abondante suivi par l'espèce *H. aspersa*.

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est important dans les deux sites (2,27 à 2,34 bits), cet indice affirmé la biodiversité des espèces, de plus l'équitabilité est supérieure à 0,5 et proche à 1 indique que les populations du Zeghaia et Sidi Khelifa sont en équilibre entre elles. Les variations observées dans les paramètres biométriques (poids, hauteur et diamètre de la coquille) et la répartition des espèces seraient en relation avec le climat et les caractéristiques des sols qui influencent la biologie et la physiologie des mollusques. Les données écologiques justifient le choix de l'espèce *Helix aspersa* dans la bioindication de la pollution des sols ainsi l'espèce *D. alabastra zonata*.

Les propriétés physico-chimiques des sols étudiés dans ce travail indiquent qu'il y a une similarité entre les deux sites. Les sols étudiés ne sont pas salés, de pH_{eau} alcalin, de texture argilo-limoneuse avec une porosité assez faible. Ces résultats nous amènent à conclure que les sols présentent un biotope favorable pour la survie, la distribution et la diversité des gastéropodes terrestres.

En perspectives, il serait intéressant de :

- Faire un inventaire dans d'autres sites à la wilaya de Mila pour avoir une cartographie générale de la distribution et la diversité des gastéropodes dans la région.
- Analyse des autres paramètres physico-chimiques du sol (matière organique, calcaire, dosage des métaux, dosage du biomarqueurs du stress oxydatif au niveau des espèces bioindicatrices (Ache, GSH, CAT).
- Etude profond de la biologie des espèces mentionnées bioindicatrices.
- Mettre les loi et décrets législatifs contre le ramassage non autorisée des gastéropodes pour protéger la biodiversité et l'environnement.

*Références
bibliographies*

7. Références bibliographiques

-**Abdel Halim K.Y., Abo El Saad A.M., Talha M.M., Hussein A.A. & Bakry N.M., 2013.** Oxidative stress on land snail *Helix aspersa* as a sentinel organism for ecotoxicological effects of urban pollution with heavy metals. *Chemosphere*, 93 (6): 1131.

-**Achuba F.I., 2008.** African land snail *Achatina marginatus*, as bioindicator of environmental pollution. *North-Western Journal of Zoology*, 4 (1): 1-5.

-**Aissaoui R., 1998.** Contribution à l'étude de la toxicité d'un insecticide organochloré, le lindane: Impact sur quelques organes d'un poisson Téléostéen d'eau douce, *Gombusia affinis*. *Mémoire de Magister. Université d'Annaba*. 45p.

-**Amr M.Z. & Al-Shammari A.M., 2013.** Terrestrial snails of Ha'il region, Saudi Arabia. *Int. Jour. Curr. Scie.*, 5: 1-5.

-**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.

-**A.N.D.I., 2013.** Agence Nationale de Développement de l'Investissement de la Wilaya de Mila.

-**A.N.I.R.E.F., 2013.** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière de la Wilaya de Mila.

-**Anonyme, 2012.** La conservation des forêts de la wilaya de Mila.

-**Astrid, 2011.** Oeufs d'escargot. Dans Escargots. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'url : <http://leblogdastrid.canalblog.com/archives/2011/10/27/22492885.html>.

-**A.T.P.I.A., 2004.** Agence Tunisienne de Promotion des Investissements Agricoles. Etude sectorielle: l'élevage d'escargots-Partie monographique, Rapport final, 108 p.

-**Bachelier G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. Ed: organisme rech.sc-Tech-outr Mer (O.R.S.T.O.M). Paris, Initiations, Documentations techniques, n° 38,391p.

-**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. *Jorn. 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., 2001.** The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Oxon, Wallingford, UK, 567 p.
- 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.
- Beeby & Richmond, 2011.** Magnesium and the deposition of lead in the shell of three populations of the garden snail *Cantareus aspersus*. *Environmental Pollution*, 159(6): 1667-1672.
- Beedy, A., 1985.** The role of *Helix aspersa* as a major herbivore in the transfer of lead through a polluted ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, **22**: 267-275.
- Belahlou Selma, 2016.** Biodiversité des lombriciens dans la wilaya de Mila. Département de Biologie Et Ecologie Végétale. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine. 37, 38,43p.
- Belhaouchet N., Djebar M.R., Meksem L., Grara N., Zeriri I. & Berrebbah H., 2012.** Evaluation of the biomarkers of the oxidative stress induced by a biopesticide : The Spinosad on an alternat model : *Helix aspersa*. *Journal of Applied Sciences Research*, 8 (8): 4199-4206.
- Benyacoub S., Chabi Y., 2000.** Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El- Kala. *Revue des Sciences et Technologie. Synthèse*, 7 : 7 p.
- Benzara A., 1985.** Contribution à l'étude systématique et bioécologique des Mollusques terrestres en Algérie. Thèse Magister, Inst, nati, Agro., El Harrach, 97p.

- Berger B. & Dallinger R., 1993.** Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25: 6584.
- Bigot L., 1965.** Essai d'écologie quantitative sur les invertébrés de la Sansouire camargaise. Imprimerie M. Declume, Lons-Le Saunier, 100 p.
- Bigot L., & Aguesse P., 1984.** Considération sur les adaptations de la faune des Invertébrés aux conditions particulières de fonctionnement des écosystèmes d'un Delta méditerranéen (la Camargue ou delta du Rhone). *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 44, 7-17.
- Blondel J., 1975.** L'analyse des peuplements d'oiseaux-élément d'un diagnostic écologique: la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). *Rev. écol. (Terre et vie)*, 29 (4): 533-589.
- Bonavita D., 1964.** Conditions Ecologiques de la Formation de l'Epiphragme chez Quelques Hélicidés de Provence, *Vie et Milieu*, Vol. 15, N°3, pp. 21 – 755.
- 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.
- Bonin, S., 2006.** Les souhaits des personnes en fin de vie : un inventaire systématique et structure. pp. 1-48.
- Bonnet J. C., 1990.** Escargot biologie et élevage, multiplication et croissance des escargots, 3-4p.
- Bonnet J.G. & Vrillons J. L., 1990.** L'escargot *Helix aspersa*, biologie-élevage ; Institut National de l'Agronomie, paris, 124p.
- Bonnet J.C., Aupinel P. & Vrillons J.L., 1990.** L'escargot *Helix aspersa*, biologie, élevage. Du labo au terrain, *INRA*, 1-5. Born de sites tunisiens en conditions contrôlées : influence de la photopériode.
- Born I., 1778.** Index rerum naturalium Musei Caesarei Vindobonensis. Pars I.ma. Testacea. Verzeichniß der natürlichen Seltenheiten des k. k. Naturalien Cabinets zu Wien. Erster Theil. Schalthiere. pp. [1-40], 1-458, [1-82]. Vindobonae.

- Boschi C., 2011.** Die Schneckenfauna der Schweiz. Ein umfassendes Bild- und Bestimmungsbuch. Bern / Stuttgart / Wien, Haupt. 624 pp. Ecology, 1920-1931.
- Bouche P., Rocroi J.P., Frda J., Hausdorf B., Ponder W., Valdes A. & Warén A., 2005.** Classification and nomenclator of gastropod families. *Malacologia: International Journal of Malacology*, Conch Books: Hackenheim, Germany, 47(1, 2): 1-397.
- Bouchebbah Souhila, 2014.** Etude de la variation de la morphologie de l'appareil reproducteur chez des individus adultes *Helix aperta* Born (Gastéropode, Pulmoné) appartenant à diverses Populations. Mémoire de Magister en Sciences de la Nature et de la vie, option Ecologie et Environnement. Département des Sciences Biologique de l'Environnement. Université A/MIRA de Béjaia. 10 p.
- Boudechiche L., 2007.** Biodiversité des hélicidés du Parc National d'El-Kala (extrême Nord-Est Algérien). *Bulletin de l'INSTM.*, 12 (NS): 12-123.
- Bouffard V., 2000.** Milieux humides artificiels pour l'amélioration de l'efficacité de traitement des eaux usées domestiques d'une petite municipalité. p.150.
- Boyd R.S., 2010.** Heavy metal pollutants and chemical ecology: exploring new frontiers. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 46-58.
- Cameron R.A.D., 1973.** Some wood land mollusk faunas from southern England. *Malacologia.*, 14: 355-370.
- Caoduro G., Battiston R., Giachino P.M., Guidolin L. & Lazzarin G., 2014.** Biodiversity indices for the assessment of air, water and soil quality of the "Biodiversity Friend" certification in temperate areas. *Biodiver. Jour.*, 5 (1): 69-86.
- Charrier M. & Daguzan J., 1978.** Etude de la croissance de l'escargot « petit gris » *Helix aspersa* Müller (Mollusque gastéropode pulmoné). *Haliotis*, Vol 9 (1) : 15 p.
- Chassin P., Baize D., Cambier P. & Stecheman T., 1996.** Les éléments traces métalliques et la qualité des sols. Impacts à moyen et à long terme. *Etude et Gestion des sols* 3:297-306.
- Chaussod R., 1996.** La qualité biologique des sols. Evaluation et implications. *Etude et gestion des sols*, 3, 261-277.

- Chevalier H., 1982.** Facteurs de croissance chez les Gastéropodes Pulmonés terrestres paléarctiques en élevage. *Haliotis*, 12: 29-46.
- Chevallier H., 1971.** Inventaire des Mollusques continentaux actuels de la France. *Haliotis*. Vol, 1 : 57-58 p.
- Chevalier H., 1992.** L'élevage des escargots : production et préparation du « Petit-gris » .Ed. Du point vétérinaire. 144 p.
- 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.
- Chevallier H., 1992.** L'élevage des escargots : production et préparation du « Petit-gris». Ed. *Du point vétérinaire*; Maisons-Alfort, Francia 144 p.
- Cluzeau D., Guernion M., Chaussod R., Martin-Laurent F., Villenave C., Cortet J., Ruiz-Camacho N., Pernin C., Mateille T., Philoppot L., Bellido A., Rougé L., Arrouays D., Bispo A., Pérès G. 2012.** Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna parameters for different land-use types. *European Journal of Soil Biology*, 49, pp 63-72.
- Coeurdassier M., Gomot-de Vauflery A. & Badot P. M., 2000.** Dose dependent growth inhibition and bioaccumulation of hexavalent chromium in the land snail (*Helix aspersa aspersa*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19 (10): 2571-2578.
- Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot-de Vauflery A., Ribera D. & Badot P.M., 2001.** The garden snail (*Helix aspersa*) as bioindicator of organophosphorus exposure: effects of dimethoate on survival, growth and acetylcholinesterases activity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20:1951-1957.
- Coeurdassier M., Gomot-de Vauflery A., Lovy C. & Badot P. M., 2002.** Is the epithelial cadmium uptake from soil important in bioaccumulation and toxic effects for snails. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53: 425-431.
- Cortet J., Gomot de Vauflery A., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C. & Cluzeau D., 1999.** The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology*, 35 (3): 115-134.
- Cosel R.V., 1992.** Sea shells of tropical West Africa. Edition l'ORSTOM, 64p.

- Da Costa, 1778.** Historia naturalis testaceorum Britanniae, or, the British conchology; containing the descriptions and other particulars of natural history of the shells of Great Britain and Ireland: illustrated with figures. In English and French.-Historia naturalis Britannique ; Contenant les description & autre particularités d'histoire naturelle des coquilles de la Grande Bretagne & de l'Irlande : avec figure en taille douce .En anglais & François ; i-xii, 1-254,i-vii,(1), I.I-XVII. London. (Millan,White,Emsley&Robson) ; available online at [http://www.biodiversitylibrary.org/item/47268#page/7/mode/1up,page\(s\):238-239](http://www.biodiversitylibrary.org/item/47268#page/7/mode/1up,page(s):238-239).
- Daget J., 1976.** Les Modèles Mathématiques En écologie 8. Ed Masson (Paris, New York), 170 p.
- Dajoz R., 1985.** Précis d'Ecologie. Ed. Bordas, Paris, 505 p.
- Dallinger, R., Berger, B., Triebkorn, R., Köhler, H., 2001.** Soil Biology and ecotoxicology. In: Barker, G.M. (ed.). The biology of terrestrial mollusks. CAB International, Oxon, Wallingford, UK, p. 489-525.
- Damerdji A., 2001.** Impact des facteurs abiotiques et biotiques sur la taille des coquilles de *Sphincterochila candidissima* (Mollusca-Sphincterochilidae) dans la région de Tlemcen (Algérie). *Revue I.N.R.A.A.*, **9** :101-109.
- Damerdji, A., Ladjmi, L., Doumandji, S., 2005.** Malacofaune associée à *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae): Inventaire et aperçu bioécologique près de Mansourah (Tlemcen, Algérie). *Revue sciences et technologie, Constantine, Algérie. C- N° 23*, juin (2005) 11-20
- Damerdji A. & Benyoucef, B., 2006.** Impact des différents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen (Algérie). *Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°4*. Département de Biologie, Faculté des Sciences et Unité de Recherche sur les Matériaux et Energies Renouvelables. Université Abou bakr Belkaïd , Tlemcen, 267- 276p.
- Damerdji A., 2008.** Contribution à l'étude écologique de la malacofaune de la zone Sud de la région de Tlemcen (Algérie). Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. *Afrique SCIENCE.*, 4 (1): 138-153.
- Damerdji A. & Djedid A., 2008.** Diversité et aperçu bioécologique de la faune malacologique associée au Genêt (*Calycotome spinosa*) dans les environs de Tlemcen (Algérie). *Bull. Mus. Hist. Nat. de Marseille. Mésogée.* 64, 47-57 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., 2012.** Diversité de la malacofaune sur deux espèces de Cistacées (*Cistus salvifolius* L. et *C. ladaniferus* L.) Dans la région de Tlemen (Nord-Ouest Algérien). Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 19: 102-113.
- Damerdji A., 2013.** Malacological diversity on some Lamiaceae in the Region of Tlemcen (Northwest Algeria). *Jour.Life. Scien.*, 7 (8):856-861.
- Delaunois A., 1976.** Travaux pratiques de pédologie générale. 2-86p.
- Désiré C.H. & Villeneuve F., 1962.** L'escargot petit gris, livre de zoologie, Edition BORDAS, Paris, 62 - 68p.
- de Vaufléury A. & Gomot A., 1998.** Use of land snails to monitor environmental pollution. Laboratoire de Biologie et d'Ecophysiologie, Besançon, France et Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Paris, France, 86 p.
- Douafer L., 2014.** Evaluation de la pollution des sols de quelques biotopes de l'Est algérien par l'utilisation d'un bioindicateur, *Helix aspersa* (Mollusca, Gasteropoda): inventaire, activité enzymatique et composition physico-chimique du sol. Magister en Biologie et Physiologie Animale ; Université Badji Mokhtar, Annaba. P 44-52.
- 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.
- Draparnaud J. P. R., 1801.** Tableau des mollusques terrestres et fluviatiles de la France.- pp.1-2,1-116.Montpellier, Paris. (Renaud ; Bossange, Masson & Besson).
- Druart C., Scheifler R., Millet M. & de Vaufléury A., 2012.** Land snail eggs bioassays: a new tool to assess embryo toxicity of contaminants in the solid, liquid or gaseous phase of soil. *Applied Soil Ecology*, 53: 56-64.
- 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. Baillière, Paris, 265p.
- Edwards H. Milne., 1834.** Eléments De Zoologie Ou Leçons. Sur l'anatomie, la physiologie, la classification et les mœurs des animaux. Edition PAUL RENOARD, PARIS. «Chez Crochard, Libraire, place de L'école de Médecin », N° 5. p1084 :438- 440.
- Edwards 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, pp.67-84.
- Eijsackers H., 1983.** Soil fauna and soil microflora as possible indicators of soil pollution. *Environmental Monitoring and Assessment.* (3), 307-316p.
- Fischer P. H., 1948.** Données sur la Résistance et la Vitalité des Mollusques, Extrait Jour. Conche. Vol. LXXXVIII, Paris, pp. 100 - 140.
- Forbes V. E. & Forbes T. L., 1997.** Ecotoxicologie. Théorie et applications. INRA, Paris, France.
- Gaertn J., 1791.** *De fructibus et seminibus plantarum : Volumen alterum*, Tubingae, Guilielmi Henrici Schramnii, , 520 p.
- Gaillard J., 1991.** Les Mollusques. Document polycopie du module de la conférence sur les animaux venimeux au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, juillet 99. p 1-18.
- Gargominy O., Prié V., Bichain J. M., Cucherat X. & Fontaine B, 2011.** Liste de référence annotée des mollusques continentaux de France. *MalaCo*, 7, pp 307-382.
- Gauchers G., 1968.** Traité de Pédologie Agricole. Le sol et ses caractéristiques agronomiques. Ed. Dunod. Paris, 578 p.
- Gauchers F & Solter H., 1981.** Base de la production végétale : le sol, Edition Techniques agricoles.
- Germain L., 1905.** Sur la distribution géographique de l'*Helix aspersa* Müller. Extrait de la feuille des jeunes Naturalistes, pp.1-4.

- Germain L., 1908.** Etude sur les Mollusques recueillis par M. Henry Gadeau de Kerville pendant son voyage en Khroumirie. (Tunisie). Ed. Baillière et fils, Paris, 296p.
- Germain L., 1969a.** Mollusques Terrestres et Fluviales. Ed. Kraus, Nendeln, Liechtenstein, 21, 477 p.
- Germain L., 1969b.** Mollusques Terrestres et Fluviales. Ed. Kraus, Nendeln, Liechtenstein, 22, 240 p.
- Gimbert F., de Vaufleury A., Douay F., Scheifler F., Coeurdassier M. & Badot P.M., 2006.** Modelling chronic exposure to contaminated soil: A toxicokinetic approach with the terrestrial snail *Helix aspersa*. Science Direct, *Environmental Pollution*, 32: 866-875.
- Gimbert, F., 2006.** Cinétiques de transfère de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de doctorat. *Université de Franche Comté. Sciences de la vie.* 5-6.
- Gimbert F., Mench M., Coeurdassier M., Badot P.M & de Vaufleury A., 2008.** Kinetic and dynamic aspects of soil-plant-snail transfer of cadmium in the field. *Science Direct, Environmental Pollution*, 152: 736-745.
- Godin P.M., 1984.** Analyse et traitement des sols pollués. Projet de cahier technique, Secrétariat chargé de l'environnement, 155p.
- Gomot A & Gomot L., 1995.** Neurohormonal control of body and shell growth of the snail *Helix*. *Bull. Inst. Océa.* Monaco, 14, 141-149.
- 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 A., Rerat A., Nordmann R & Boudène, C., 1997.** Effets des métaux lourds sur le développement des escargots. Utilisation des escargots comme bioindicateurs de pollution par les métaux lourds pour la préservation de la santé de l'homme. *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 181(1): 59-75.
- Gomot A., 1997b.** Double labelling of neural grafts for identification of sites mediating growth in snails. *Biol. Cell*, 89, 133-140.

- Gomot A., Gomot L., Boukraa S & Bruckert S., 1989.** Influence of soil on the growth of the land snail *Helix aspersa*. An experimental study of the absorption route for the stimulating factors. *Journal of Molluscan Studies*, 55: 1-8.
- Gomot-de Vaufleury A. & Pihan F., 2000.** Growing snails used as sentinels to evaluate terrestrial environment contamination by trace elements. *Chemosphere*, 40 (3): 275-284.
- Gomot-de Vaufleury, A., et Pihan, F., 2002.** Methods for toxicity assessment of contaminated soil by oral or dermal uptake in land snails: metal bioavailability and bioaccumulation. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **21**, 820-827.
- Gretia, 2009.** Gastéropodes terrestres, Invertébrés continentaux des Pays de la Loire. La Lettre des Naturalistes Vendéens, n°19, 2003.379p.
- Grzimek B & Fontaine M., 1973.** Räumliche Effekte von Totholzstrukturen bei Landschnecken (Mollusca Gastropoda). *Forst und Holz*. 64 (2): 22-27.
- Guessoum A., 2001.** L'effet de l'irrigation sur la salinité du sol dans la région de Saada Biskra., Thèse ing, Agro, Univ Batna., 50 P.
- Heim M., Oehlmann J. & Market B., 2000.** Use of snails for soil quality assessment. *Global Environmental. Issues in the 21st Century: Problems, Causes and Solutions*, 3rd *Society of Environmental Toxicology and Chemistry World Congress*, 21-25 May, Brighton, Royaume- Uni.
- Heller J., 2001.** Life-history strategies, in: J.M. Baker (Ed.), *The Biology of Terrestrial Mollusca*, C.A.B. International, Wallingford, UK, pp. 413–445.
- Hopkin S.P., 1993.** In situ biological monitoring of pollution in terrestrial and aquatic ecosystems. In: Calow P (Ed). *Handbook of écotoxicologie*. Blackwell, Oxford, p. 397-427.
- Hotopp K.P., Pearce T.A. & Dourson D.C., 2008.** Land snails of the Cheat River Canyon, West Virginia (Gastropoda: Pulmonata). *Banisteria*. **31**: 40-46.
- Ismert M., Guillemain C., Oster T. & Bagrel D., 2000.** Phase I and phase II enzyme activities in snail (*Helix aspersa*): sensitivity to atmospheric contamination by naphthalene. 17th International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds, Bordeaux, France.

- Ismert, M., Oster, T., Bagrel, D., 2002.** Effects of atmospheric exposure to naphthalene on xenobiotic-metabolising enzymes in the snail *Helix aspersa*. *Chemosphere*. 46, 273-280.
- ISO 17402, 2008.** Soil quality - Guidance for the selection and application of methods for the assessment of bioavailability of contaminants in soil and soil materials. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- 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 p.
- Kaouritchev I., 1970.** Manuel pratique de pédologie. Sciences de la vie. Tome I. Moscou. 278p.
- Kerney M.P & Cameron, R.A.D., 2006.** Guide des escargots et limaces d'Europe. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Kiddy H., 1999.** Tous au sujet des escargots, 36- 38p.
- Kramarz P., De Vaufleury A., Gimbert F., Cortet J., Tabone E., Neumann A.M. & Krogh P.H., 2009.** Effects of Bt-maize material on the life cycle of the land snail *Cantareus aspersus*. *Applied Soil Ecology*, 42: 236-
- 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.
- Larba R., 2014.** Biosurveillance de l'environnement dans la région Est : mesure de biomarqueurs chez *Helix aspersa* et corrélation avec les caractéristiques physico-chimiques des sols. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 105 p.
- Laskowski, R., Hopkin, S.P., 1996b.** Accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd in the garden snail *Helix aspersa*: implication for predators. *Environmental pollution*. **91**, 289-297.
- Le Bras G.J., 2007.** Ecotoxicologie et méthodes d'investigation « les bio-indicateurs ». *version 2.0*, ISA & Université Catholique de Lille. 91p.

- Linnaeus, 1758.** Systema Naturae per rzgna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differntilis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Laurentius Salvius :Holmiae. ii, 824pp.
- Llabador, 1970.** Sur la variété Saharienne de *Rumina decollata* linné, 1758 et sa dispersion géographique et altimétrique. Repr. Journ. Conchylo., Vol. CVIII, Fasc.1, pp.6-15.
- Marigomez J.A., Angulo E. & Saez V., 1986.** Feeding and growth responses to copper, zinc, mercury and lead in the terrestrial gastropod *Arion ater* (Linnaeus), *Journal of Molluscan Studies*, 52: 68-78.
- Mason C.F., 1970.** Snail populations, beech litter production and the role of snail in litter decomposition. *Oecologi.* (5): 215-239 p.
- Massinissa Amir & Bougherza Adel, 2017.** Etude de la chaine d'adduction de la commune de Sidi Khelifa á partir de la station de traitement d'Oued Athmania, barrage Béni Haroun (W. Mila). Diplôme de Master en Hydraulique. Université Abderrahmane MIRA, Bejaia. P 2- 4.
- McBride M.B., 1994.** Environmental Chemistry of soils. Oxford University Press. New York, 406 p.
- Meech R.W. & Standen, N.B., 1975.** Potassium activation in *Helix aspersa* neurones under voltage clamp: A component mediated by calcium influx. *Journal of Physiology*, 249 (2): 211–239.
- Merhi, M., 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse doctorat. Toulouse. Pathologie, Toxicologie, Génétique & Nutrition.140 p.
- Moerman Romain, 2013.** BIOL.F-2002-Zoologie. Travaux pratiques.
- Morel R., 1986.** Les Sols Cultivés. Lavoisier.1ére édition. Paris. 64 p.
- Morel R., 1989.** *Les sols cultivés.* Lavoisier 2ème édition. Paris., 51-74.

- Müller O. F., 1774.** Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusoriorum, helminthicorum, et testaceorum, non marinorum, succinct historia. Volumen alterum. - pp. I-XXXVI [= 1-36], 1-214, [1-10]. *Havniæ & Lipsiæ*. Heineck et Faber, p. 59.
- Notten M.J.M., Oosthoek, A.J., Rozema, J. & Aerts R., 2005.** Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environnemental Pollution*, 138: 178-190.
- Noumeur S., 2008.** Biodégradation du 2,4- dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Magister en Microbiologie appliquée et Biotechnologies microbiennes. Université Mentouri Constantine. 74 :1p.
- Pallary P., 1926.** Première addition à la faune malacologique de la Syrie. Mémoire présentés à l'institut d'Egypte et publiés sous les auspices de sa Majesté Fouad I^{er}, Roi d'Egypte ; vol.2.
- Philippi, 1836.** Enumeratio molluscorum Siciliae cum viventium tum in tellure tertiaria fossilium, quae in itinere suo observavit. Vol.1. Schropp, Berlin (Berolini): xiv+267p; pl. 1-12, available online at <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/100735#/summary>, page(s):15; pl.2 fig.4.
- Phillips D.J.H., 1977.** The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. A review. *Environnemental pollution*. 13, 281-317p.
- Pimentel D., 1995.** Amounts of pesticides reaching target pest: environmental impacts and reality subjects by HPLC: Relation to sex aging, Biological variables and lif habits. *Clin. Chem.* 41(10), 1509-1517.
- Ponel P., 1983.** Contribution à la connaissance de la communauté des arthropodes psammophiles de l'isthme de Giens. *Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros.*, 9: 149-182.
- Ponge J.F., Pérès G., Guernion M., Ruiz-Camacho N., Cortet J., Pernin C., Villenave C., Chaussod R., Martin-Laurent F., Bispo A., Cluzeau D. 2013.** The impact of agricultural practices on soil biota: A regional study. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, pp 271-284.

- Popescu C. C., & Tuffs R.J., 2009.** Modelling the SEDs of spiral galaxies. European Astronomical Society Publications Series, 34: 247-256.
- Portail, A., 2005.** Ecotoxicologie des sols pollués. Enjeux, outils, retours d'expérience d'un laboratoire. *INTERSOL, Paris*. pp.1-33.
- Prescott, Harley, Klein., 1995.** Microbiologie. ED Masson. p. 15-64.
- Puente A.I., 1997.** Estudio taxonomico y biogeografico de la Superfamilia Helicoidea Rafinesque, 1815 (Gastropoda: Pulmonata: Stylommatophora) de la Peninsula Ibericae Islas Baleares. Thesis Doctoral. (U.P.V /E .M.U), 970 p.
- Rabitsch W.B., 1996.** Metal accumulation in terrestrial pulmonates at a lead/zinc smelter site in Arnoldstein, Austria. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(3): 475-482.
- Ramade F., 1984.** Elément d'Ecologie Fondamentale. Ed MC Grow-hill. Paris, 171 p.
- Ramade F., 2007.** Introduction à l'écotoxicologie. Editions Tec & Doc. Lavoisier, Paris.
- Regoli, F., Gorbi, S., Fattorini, D., Tedesco, S., Notti, A., Machella, N., Bocchetti, R., Benedetti, M., Piva, F., 2006.** Use of the land snail *Helix aspersa* as sentinel organism for monitoring ecotoxicologic effects of urban pollution: An integrated approach. *Environmental Health Perspectives*. **114**, 63-69.
- Ricou G., 1964.** Relations entre l'activité des limaces grises et la température. Overdr Mededel de Landbou Whogeschool Opzoekings, staat Gent, 29, pp. 1071 – 1080.
- Riddle W.A., 1986.** Physiological ecology of land snails and slugs. In: Russell-Hunter, W.D. Ed. *The Mollusca Academic*, 6, 431-461 p.
- Russell L.K., Haven de J.J. & Botts R.P., 1981.** Toxic effects of cadmium on the garden snail (*Helix aspersa*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 26: 634-640p.
- Rüetschi J., Stucki P., Müller P., Vicentini H. & Claude F., 2011.** Liste rouge Mollusques (Escargots et bivalves). Espèces menacées en Suisse, état 2010. Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Neuchâtel. 148 p.

- Sacchi C.F., 1971.** Ecologie Comparée des Gastéropodes Pulmonés des Dunes Méditerranéennes et Atlantiques, Nature. Soc. It. Sc. Nat. Musco, Civ. St, nat. e Acquario Cio., Milano, Vol. 62, N°3, pp. 277 - 358.
- Sandrine., Sylvie., Louissette pirame., 1972.** Contribution a l'étude de la pathologie estivale de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa*) : Reproduction expérimentale, Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire, devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse, 99:19 p.
- Scheifler, R., Gomot-de Vaufleury, A., Toussaint, M.L., Badot, P.M., 2002a.** Transfer and effects of cadmium in an experimental food chain involving the snail *Helix aspersa* and the predatory carabid beetle *Chrysocarabus splendens*. *Chemosphere*. **48**, 571-579.
- Schilthuizen M. & Ruties H.A., 2001.** Land snail diversity in a square kilometer of tropical rainforest in Sabah, Malaysian Borneo. *Journal of Molluscan Studies*, 67(4), 417-423p.
- Sen S., Ravikanth G. & Aravind N.A., 2012.** Land snails (Mollusca: Gastropoda) of India: status, threats and conservation strategies. *Jott. Rev.*, 4 (11): 3029-3037. Series.5:113-119.
- Solem A., 1984.** A world model of land snail diversity and abundance. *World-wide Snails, Biogeographically studies on non-marine Mollusca*. Brill & Backhuys, Leiden, 6-22 p.
- Spellerberg, I.F., 2005.** Monitoring ecological change. Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge, England, 410 p.
- Station Météorologique d'Ain Tinn, 2018.** Office National de la Météorologie, Direction Régionale Est, Mila.
- Sverdrup, L.E., de Vaufleury, A., Hartnik, T., Hagen, S.B., Loibner, A.P., Jensen, J., 2006.** Effects dans uptake of polycyclic aromatic compounds in snails (*Helix aspersa*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, **25**: 1941-1945.
- Terver A.P., 1939.** Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles observés dans les possessions françaises au Nord de l'Afrique. Paris-Lyon, 40 p.
- Tomizawa M. & Casida J.E., 2003.** Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annu. Rev. Entomol.*, **48**: 339-364.
- Tsai C.L., 2004.** Introduction of slug in plant quarantine; Council of Agriculture plant protection Université de Mentouri, Constantine. 2 p.

-**Van Osselaer C.H. & Tursch B., 2000.** Variability of the genital system of *Helix pomatia* L., 1758 and *Helix lucorum* L., 1758 (Gasteropoda: Stylommatophora). *J. Moll. Stud.* (2000). 66, 499-515 p.

-**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 C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M. & Peakall D.B., 2006.** Principles of ecotoxicology, Third ed. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA. -*Invertébrés continentaux des Pays de la Loire - Gretia, 2009* © F. Karas Gastéropodes terrestres, page 397.

-**Williams P.H., & Humphries C.J., 1996.** Comparing character diversity among biotas," in K. J. Gaston (ed.), *Biodiversity. A Biology of Numbers and Differences*. London: Chapman and Hall, pp. 54-76.

-**Woodward D" S. P., Halph Tate A. L. S., A. L. S., F. G. S., 1870.** Manuel Conchyliologie ou histoire Naturelle Des Mollusques Vivants et Fossile, Livre de zoologie. Edition F. Savy, Paris « Libraire-éditeur 24, Rue HAUTEFBUILLE, S4 ».N° 607, 723 : 23-32p.

-**Zhao Q., Smith M. L., Stesto B. K., 1994.** The ω - conotoxin SNX 111, an N-type Ca^{2+} channel blocker dramatically ameliorates brain damage due to transient focal ischemia. *Acta Physiol. Scand.*, 150: 459-461.

➤ **Sites Internet**

1. <http://www.cosmovisions.com>.

2. <http://www.jaitoutcompris.com/animaux/l-escargot-153.php>.

3. www.google.fr/maps, 2019.

4. www.google.com/intel/fr/earth, 2019.

5. www.ljourlactu.fr.

Annexe

8. Annexe I : Etude statistique

Tableau 1: Analyse de la variance à deux critères de classification (site, saison) de pH_{eau} des sols dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa, Zeghaia).

Two-way ANOVA: ph_1 versus sai_1; sit_1 ($F_{1, 8} = 2, 14, p < 0, 05$).

Source	DL	SC	CM ajust	F	P
Saison	1	0,243675	0,243675	51,12	0,000***
Site	1	0,010208	0,010208	2,14	0,182
Intersai/sit	1	0,006075	0,006075	1,27	0,292
Erreur	8	0,038133	0,004767		
Total	11	0,298092			

S = 0, 06904 R-Sq = 87, 21% R-Sq (adj) = 82,41%.

Tableau 2: Analyse de la variance à deux critères de classification (site, saison) de la conductivité électrique des sols dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa, Zeghaia).

Two-way ANOVA: c versus sai_1_3; sit_1_3 ($F_{1, 8} = 4, 68, p < 0, 05$). ($F_{1, 8} = 1, 54, p < 0, 05$).

Source	DL	SC	CM ajust	F	P
sai_1_3	1	0,211205	0,211205	4, 68	0,062
sit_1_3	1	0,069312	0,069312	1, 54	0,250
Intersai/sit	1	0,176661	0,176661	3, 92	0,083
Error	8	0,360946	0,045118		
Total	11	0,818125			

S = 0, 2124 R-Sq = 55, 88% R-Sq (adj) = 39, 34%

Tableau 3: Analyse de la variance à deux critères de classification (site, saison) de l'humidité des sols dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa, Zeghaia).

Two-way ANOVA: H versus sai_1_3_3; sit_1_3_3 ($F_{1, 8} = 1, 42, p < 0, 05$). ($F_{1, 8} = 0, 00, p < 0, 05$).

Source	DL	SC	CM ajust	F	P
sai_1_3_3	1	946, 79	946,786	1, 42	0,267
sit_1_3_3	1	1, 76	1,756	0, 00	0,960
Intersai/sit	1	230, 48	230,476	0, 35	0,572
Error	8	5322, 06	665,258		
Total	11	6501, 08			

S = 25, 79 R-Sq = 18, 14% R-Sq (adj) = 0, 00%.

Tableau 3: Analyse de la variance à deux critères de classification (site, saison) de porosité des sols dans les deux sites d'étude (Sidi Khelifa, Zeghaia).

Two-way ANOVA: P versus sai_1_3_3_1; sit_1_3_3_1 ($F_{1,8} = 0,20$, $p < 0,05$). ($F_{1,8} = 0,20$, $p < 0,05$).

Source	DL	SC	CM ajust	F	P
sai_1_3_3_1	1	2,0833	2,0833	0,20	0,670
sit_1_3_3_1	1	2,0833	2,0833	0,20	0,670
Intersai/sit	1	6,7500	6,7500	0,63	0,449
Error	8	85,3333	10,6667		
Total	11	96,2500			

S = 3,266 R-Sq = 11,34% R-Sq (adj) = 0,00%.

DL: degré de liberté.

SC séq: somme des carrés des écarts.

CM ajust : carré moyen.

F: F observé.

P: seuil de signification.