RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE ET LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE DOCTORAT

SPÉCIALITÉ : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET DES ORGANISMES

PRÉSENTÉE PAR : Mr. RAMDINI RAMDANE

Thème :

DIVERSITÉ DES GASTÉROPODES TERRESTRES D'ALGÉRIE.

Soutenu le : 12 / 10 / 2021

Devant le jury composé :

Président	Mr. AMROUN MANSOUR	Professeur	Univ. Tizi-Ouzou
Directeur de thèse	Mme. MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja	Professeur	Univ. Tizi-Ouzou
Examinateurs	Mr. SOLTANI Noureddine	Professeur	Univ. Annaba
	Mme. CHAOUCHI-TALMAT Noura	MCA	Univ. Tizi-Ouzou
	Mme. BENBELLIL-TAFOUGHALT Saida	Professeur	Univ. Bejaia
	Mr. RAMDANE Zouhir	Professeur	Univ. Bejaia

Remerciements

Une thèse de doctorat est un travail long, épuisant et parfois dur, il est le fruit d'une collaboration et de l'entraide d'un ensemble de personnes, c'est pourquoi je souhaite remercier ceux qui ont contribués, scientifiquement et/ou moralement, à la réalisation de ce modeste travail.

Je voudrais tout d'abord remercier chaleureusement et sincèrement ma directrice de thèse **Mme MEDJDOUB-BENSAAD FERROUDJA**, professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui m'a ouvert les portes du laboratoire, pour m'avoir généreusement accueilli au sein de son équipe. Elle était particulièrement disponible et consciencieuse durant tout mon travail de thèse d'une manière très professionnelle et néanmoins très humaine. Elle m'a accordé sa confiance et son soutien et m'a toujours encouragé. Il s'agit pour moi d'un immense honneur d'avoir effectué mon travail sous sa direction. Merci encore une fois.

Mes vifs et sincères remerciements à **Mr AMROUN MANSOUR,** professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour tous ses conseils durant mon cursus universitaire et pour avoir accepté la charge de présider le jury de ce travail malgré ses nombreuses obligations.

Je souhaite remercier chaleureusement **Mr SOLTANI NOURDDINE,** professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba, **Mme CHAOUCHI-TALMAT NOURA,** maitres de conférences classe A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, **Mr RAMDANE ZOUHIR** et **Mme BENBELLIL-TAFOUGHALT SAIDA,** professeurs à l'université Abderrahmane Mira de Bejaia, pour avoir consacré de leur temps à lire, juger et apporter des critiques constructives à ce travail de thèse.

Je remercie vivement **Mme BOUAZIZ-YAHIATENE HOURIA**, maîtres de conférences classe A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, de m'avoir initié à la malacologie et pour tous ses conseils qui me sont d'une grande utilité durant mon travail.

Mes remerciements les plus profondes à **Mme EZZINE ISSAAD KAWTHER**, docteur à l'Institut Supérieur de Biotechnologie, laboratoire de Génétique, Biodiversité et Valorisation des Bioressources, Monastir, Tunisie, pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire, ses conseils et son temps consacré à ma formation en malacologie et de m'avoir transmis son savoir.

Un grand merci également à **Dr LIBERTO FABIO**, Chercheur indépendant en Malacologie, Italie, pour toutes les informations qui m'a transmis durant nos discussions. Je le remercie

également pour son aide précieuse et pour les dessins des organes génitaux des limaces, qu'il a réalisées soigneusement.

Je tien à remercie **Mme SADOUK GHANIA**, Doctorante à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour son aide précieuse dans mes manipulations et mes travaux au laboratoire. Mes vifs remerciements à **Mme BOULAHIA SIHAM,** d'être patiente avec moi, pour son aide et son soutien.

Enfin, je voudrais aussi exprimer ma gratitude à mes **PARENTS,** mes **FRÈRES** et **SŒURS**, que je ne pourrai jamais remercier autant, pour leurs soutiens, aides et sacrifices.

Tanmirt-nwen

Ramdane Ramdini

Figure 1 : Position des Mollusques dans le règne animal (Lecointre et Guyarder, 2001) 5
Figure 2 : Schéma structurel d'un mollusque type (His et Cantin, 1995).....6
Figure 3 : Résultats de l'analyse de l'horloge moléculaire détendue (Kocot et *al*., 2020) 7
Figure 4 : Exemple d'un Solenogastres *Pruvotina artabra* (Zamarro et *al.,* 2012).....8
Figure 5 : Exemple d'un Bivalve *Musculium lacustris* (Originale, 2020).....9
Figure 6 : Morphologie externe d'un Gastéropode terrestre (Originale, 2019) 11
Figure 7 : Photographie d'une coquille de *Cantareus* sp. (Originale, 2019) 12
Figure 8 : Système nerveux d'un escargot (Meglitsch, 1974).....15
Figure 9 : Appareil génital de *Cantareus apertus* (Bouaziz-Yahyiatene et *al.*, 2019).....17
Figure 10 : Prédation des gastéropodes par une larve de Coléoptère (Originale, 2019).....22
Figure 11 : Situation géographiques des régions d'études.....27
Figure 12 : Carte hydrologique de la région d'étude 28
Figure 13 : Températures minimales, maximales et moyennes des régions d'Alger et de Boumerdes entre 2018- 2019 (ONM, 2020) 29
Figure 14 : Précipitations moyennes mensuelles des régions d'Alger et de Boumerdes entre 2018 et 2019 30
Figure 15 : Humidité relative moyenne mensuelle des régions d'Alger et de Boumerdes entre 2018- 2019 (ONM, 2020).....31
Figure 16 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pour les régions d'Alger et de Boumerdes durant la période de 2010-2019.....32
Figure 17 : Climagramme d'Embertger pour les régions d'Alger et de Boumerdes durant la période de 2010-2019.....34
Figure 18 : Tamisage de la litière (Originale, 2019).....36
Figure 19 : Piégeages des escargots et les limaces (Originales, 2019) 36
Figure 20 : Collection des escargots terrestres (Originale, 2019).....38
Figure 21 : Morphologie et nomenclature de la coquille d'un gastéropode terrestre *Mastus pupa* (Originale, 20219) 38
Figure 22 : Méthode de mesure la coquille et de comptage des tours (Welter-Schultes, 2012).....39
Figure 23 : Forme générale des coquilles des gastéropodes terrestres (Ruiz, 2006) 40
Figure 24 : Type de sculpture sur les coquilles des gastéropodes (Ruiz, 2006) 41
Figure 25 : Morphologie externe d'une limace (South, 1992).....42
Figure 26 : Différentes étapes de dissection (Originale, 2019).....44
Figure 27 : Classification des textures pédologiques (Duchaufour, 1997) 49

Figure 28 : Nombre d'espèces de gastéropodes terrestres en fonction des familles dans l'inventaire qualitatif.....57
Figure 29 : Variation de l'abondance relative des espèces malacologiques recensées au niveau de la région d'Alger.....59
Figure 30 : Richesse spécifique des différentes stations de la région d'Alger.....60
Figure 31 : Part des familles des gastéropodes recensées dans les différentes stations de la région d'Alger. 61
Figure 32 : Variation des indices écologiques de structure (H', E) dans les différentes stations de la région d'Alger.....68
Figure 33 : Variation saisonnière de la richesse spécifique dans les différentes stations de la région d'Alger 69
Figure 34 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Dely Ibrahim 71
Figure 35 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau d'Ain Benian 73
Figure 36 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Sidi Moussa.....75
Figure 37 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Tamentfout 77
Figure 38 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Douera 79
Figure 39 : Graphe de l'Analyse Factorielle des Correspondances des stations de la région d'Alger 82
Figure 40 : Corrélation des propriétés des sols et la richesse spécifique au niveau d'Alger ..85
Figure 41 : Courbe d'accumulation de la richesse spécifique avec les différents estimateurs pour la région d'Alger.....87
Figure 42 : Variations de l'abondance relative des espèces malacologiques recensées au niveau de la région de Boumerdes.....88
Figure 43 : Richesse spécifique des différentes stations de la région de Boumerdes 89
Figure 44 : Part des familles des gastéropodes recensées dans les différentes stations de la région de Boumerdes.....90
Figure 45 : Variation des indices écologiques de structure (H', E) au niveau des stations de la région de Boumerdes.....95

Figure 46 : Variation saisonnière de la richesse spécifique au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes.....96
Figure 47 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau des Issers.....98
Figure 48 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de la station d'Afir 100
Figure 49 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Corso 102
Figure 50 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Chabet El Ameur..... 104
Figure 51 : Graphe de l'Analyse Factorielle des Correspondances des stations de la région de Boumerdes..... 107
Figure 52 : Corrélation des propriétés des sols et la richesse spécifique à de Boumerdes .. 110
Figure 53 : Courbe d'accumulation de la richesse spécifique avec les différents estimateurs pour la région de Boumerdes 112
Figure 54 : Part des familles des limaces dans différentes régions d'échantillonnage 113
Figure 55 : Longueur d'une *Milax nigricans* a l'extension (Originale, 2020)..... 115
Figure 56 : Morphologie externe de *Milax nigricans* (Originale, 2020)..... 115
Figure 57 : *Milax nigricans* (Originale, 2020) 117
Figure 58 : Morphologie externe de *Milax gagates* (Originale, 2020) 118
Figure 59 : *Milax gagates* (Originale, 2020)..... 119
Figure 60 : Morphologie externe de *Ambigolimax nyctelius* (Originale, 2020)..... 121
Figure 61 : Dessin des organes génitaux de *Ambigolimax nyctelius* (Originale, 2020)..... 122
Figure 62 : Morphologie externe de *Lehmannia* sp. (Originale, 2020) 124
Figure 63 : *Lehmannia* sp. (Originale, 2020)..... 125
Figure 64 : Morphologie externe de *Testacella riedeli* (Originale, 2020) 127
Figure 65 : Coquille de *Testacella riedeli* (Originale, 2020) 127
Figure 66 : *Testacella riedeli* (Originale, 2020)..... 128
Figure 67 : Morphologie externe de *Deroceras* sp. (Originale, 2020)..... 129
Figure 68 : *Deroceras* sp. (Originale, 2020) 130

Tableau 1 : Stations d'échantillonnage au niveau de la région d'étude.....25
Tableau 2 : Classification des sols selon le taux de la matière organique 47
Tableau 3 : Valeurs de pH et leurs qualifications (Baize, 1989) 48
Tableau 4 : Liste systématique des gastéropodes terrestres inventoriés dans les différentes stations d'échantillonnage 54
Tableau 5 : Liste des espèces de gastéropodes terrestres recensées au niveau d'Alger et Boumerdes.....58
Tableau 6 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Dely Ibrahim 63
Tableau 7 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Ain Benian.....64
Tableau 8 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Sidi Moussa 65
Tableau 9 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Tamentfoust.....66
Tableau 10 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Douera 67
Tableau 11 : Variation saisonnière des indices écologiques de structure dans les stations de la région Alger.....81
Tableau 12 : Valeurs du coefficient de similarité de Sorensen appliquées à différentes espèces de gastéropodes terrestres dans les stations de la région d'Alger 81
Tableau 13 : Caractères physicochimiques du sol des stations de la région d'Alger 84
Tableau 14 : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse spécifique des gastéropodes terrestres au niveau de la région d'Alger.....85
Tableau 15 : Estimateurs de diversité dans la région d'Alger 86
Tableau 16 : Estimation de la richesse spécifique totale des gastéropodes terrestre d'Alger.86
Tableau 17 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées aux Issers.....91
Tableau 18 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Afir 92
Tableau 19 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Corso 93
Tableau 20 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Chabet El Ameur.....94

Tableau 21 : Variation saisonnière des indices écologiques de structure dans les différentes stations de Boumerdes..... 106

Tableau 22 : Valeurs du coefficient de similarité de Sorensen appliquées à différentes espèces de gastéropodes terrestres dans les stations de la région de Boumerdes..... 106

Tableau 23 : Caractères physicochimiques du sol des stations de de la région Boumerdes 109

Tableau 24 : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse Spécifique des gastéropodes terrestres au niveau de la région Boumerdes 110

Tableau 25 : Estimateurs de diversité dans la région d'Alger ..... .111

Tableau 26 : Estimation de la richesse spécifique totale des gastéropodes terrestre d'Alger 111

Sommaire

Remerciements
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction 1

Chapitre I : Généralités sur les Mollusques

1 Généralités sur les mollusques 5
2 Gastéropodes au sein des Mollusques 6
2.1 Solenogastres 7
2.2 Monoplacophores 8
2.3 Polyplacophores 8
2.4 Scaphopodes 8
2.5 Céphalopodes 9
2.6 Bivalves 9
2.7 Caudofoveate 10
2.8 Gastéropodes 10
3 Classification des gastéropodes 10
4 Organisation générale d'un gastéropode 10
4.1 Morphologie externe 10
4.1.1 Coquille 11
4.1.2 Corps 12
4.1.3 Tégument 13
4.2 Anatomie interne 13
4.2.1 Appareil digestif 13
4.2.2 Appareil excréteur 14
4.2.3 Appareil circulatoire 14
4.2.4 Système nerveux 14
4.2.5 Appareil reproducteur 15
5 Biologie et écologie des gastéropodes terrestres 17
5.1 Régime alimentaire 17
5.2 Rythme d'activité des gastéropodes terrestres 17
5.2.1 Activité journalière 18
5.2.2 Activité saisonnière 18
5.3 Reproduction et cycle de vie 18
5.4 Respiration 19
5.5 La vision 20

5.6 Habitat 20
5.7 Dispersion 20
5.8 Effet de la densité de la population 21
5.9 Parasitisme et Prédation 21
5.9.1 Parasitisme 21
5.9.2 Prédation 22
6 Intérêt des gastéropodes terrestres 22
6.1 Intérêt médical et thérapeutique 22
6.2 Bio-indicateurs de pollution des écosystèmes 23
6.3 Intérêt économique 23

Chapitre II : Présentation des stations d'étude

1 Choix des stations 24
2 Présentation des régions d'étude 24
2.1 Ain Benian 25
2.2 Dely Ibrahim 25
2.3 Douera 25
2.4 Sidi Moussa 26
2.5 Tamentfoust 26
2.6 Afir 26
2.7 Corso 26
2.8 Issers 26
2.9 Chabet El Ameur 27
3 Hydrologie 27
4 Facteurs climatiques 28
4.1 Température 29
4.2 Précipitations 30
4.3 Humidité relative 31
4.4 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen 32
4.5 Climagramme d'Emberger 33

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Méthodes de prélèvements 35
1.1.1 Recherche à vue 35
1.2 Tamisage de la litière 36
1.3 Piégeage 36

1.4 Utilisation d'une épuisette 36
2. Technique d'étude 37
3. Tri et identification des espèces 37
3.1 Nomenclature de base de la coquille 38
3.2 Mesure de la longueur et la hauteur et nombre de tours de la coquille 39
3.3 Forme générale de la coquille 39
3.4 Type de sculpture sur la coquille 40
4. Méthodes d'étude des limaces 41
4.1 Généralités sur les limaces 41
4.2 Identification des limaces 41
4.3 Méthode de collecte et conservation 42
4.4 Méthode de dissection 43
5. Analyses physico-chimiques des sols 44
5.1 Préparation des sols 45
5.2 Calcaire total 45
5.2.1 Mode opératoire 45
5.2.2 Interprétation 46
5.3 Matière organiques 46
5.3.1 Mode opératoire 46
5.3.2 Interprétation 47
5.4 pH 47
5.4.1 Mode opératoire 47
5.4.2 Interprétation 48
5.5 Analyses granulométriques 48
6. Traitement des données 49
6.1 Indice écologique de composition 49
6.1.1 Richesse spécifique totale (S) 49
6.1.2 Densité (D) 50
6.1.3 Abondance relative (Ar%) 50
6.1.4 Fréquence d'occurrence (F%) 50
6.2 Indice écologique de structure 50
6.2.1 Indice de diversité de Shannon (H') 51
6.2.2 Indice d'Équitabilité (E) 51
6.2.3 Indice de similitude de Sorensen (S') 52

7. Analyses statistiques 52
7.1 Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C) 52
7.1.1 Test de corrélation 52

Chapitre IV : Résultats

1 Résultats de l'inventaire qualitatif 54
1.1 Nombre d'espèces de gastéropodes terrestres en fonction des familles dans l'inventaire qualitatif 56
2 Résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif 57
3 Diversité et abondance relative des gastéropodes terrestres recensés dans la région d'Alger 59
3.1 Richesse spécifique des différentes stations de la région d'Alger 60
3.2 Densité des familles des gastéropodes terrestres au niveau des différentes stations de la région d'Alger 60
4 Distribution des espèces des gastéropodes terrestres dans les différentes stations de la région d'Alger 62
4.1 Station de Dely Ibrahim 62
4.2 Station de Ain Benian 64
4.3 Station de Sidi Moussa 65
4.4 Station de Tamentfoust 66
4.5 Station de Douera 67
5 Variation des indices écologiques de structure au niveau des stations de la région d'Alger .. 68
6 Variation saisonnière de la richesse spécifique au niveau des stations de la région d'Alger .. 69
7 Variations saisonnières des fréquences relatives des espèces de gastéropodes dans les stations de la région d'Alger 70
7.1 Station de Dely Ibrahim 70
7.2 Station de Ain Benian 72
7.3 Station de Sidi Moussa 74
7.4 Station de Tamentfoust 76
7.5 Station de Douera 78
8 Variation saisonnière des indices écologiques de structures au niveau des différentes stations de la région d'Alger 80
9 Indice de similitude S' entre les stations de la région d'Alger 81
10 Analyse Factorielle des Correspondances pour les stations de la région d'Alger 82
11 Résultats des Analyse physico-chimique des sols des stations de la région d'Alger 84
11.1 Analyse des corrélations au niveau de la station d'Alger 85

12 Estimation de la richesse spécifique dans la région d'Alger 86
13 Diversité et abondance relative des gastéropodes terrestres recensés dans la région de Boumerdes 87
13.1 Richesse spécifique des différentes stations de Boumerdes 88
13.2 Densité des différentes familles des gastéropodes terrestres au niveau des stations de la région de Boumerdes 89
14 Distribution des espèces des gastéropodes terrestres dans les différentes stations de la région de Boumerdes 91
14.1 Station des Issers 91
14.2 Station d'Afir 92
14.3 Station de Corso 93
14.4 Station de Chabet El Ameur 94
15 Variation des indices écologiques de structure au niveau des stations de la région de Boumerdes 95
16 Variation saisonnière de la richesse spécifique au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes 96
17 Variations saisonnières de la fréquence relative des différentes espèces de gastéropodes dans les stations de la région de Boumerdes 97
17.1 Station des Issers 97
17.2 Station de Afir 99
17.3 Station de Corso 101
17.4 Station de Chabet El Ameur 103
18 Variation saisonnière des Indices écologiques de structure au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes 105
19 Indice de similitude S' entre les stations de la région de Boumerdes 106
20 Analyse Factorielle des Correspondances de stations de la région de Boumerdes 107
21 Résultats des Analyse physico-chimique des sols de la région de Boumerdes 109
21.1 Analyse des corrélations au niveau de la station de la région de Boumerdes 110
22 Estimation de la richesse spécifique dans la région de Boumerdes 111
23 Limaces 112
23.1 Part des familles des limaces échantillonnées 112
24 Identification anatomique des espèces de limaces 114
24.1 *Milax nigricans* (Philippi, 1836) 114
24.1.1 Systématique 114
24.1.2 Description 115
24.2 *Milax gagates* (Draparnaud, 1801) 118

24.2.1 Systématique 118
24.2.2 Description 118
24.3 *Ambigolimax nyctilus* (Bourguignat, 1861) 120
24.3.1 Systématique 120
24.3.2 Description 120
24.4 *Lehmannia* sp. 123
24.4.1 Systématique 123
24.4.2 Description 123
24.5 *Testacella riedli* (Giusti, Manganelli et Schambri, 1995) 126
24.5.1 Systématique 126
24.5.2 Description 126
24.6 *Deroceras* sp. 129
24.6.1 Systématique 129
24.6.2 Description 129
Chapitre V : Discussion 131
Conclusion 148
Références bibliographiques 152
Annexes
Résumé
Abstract

Introduction

Les mollusques sont des animaux à corps mou non segmenté, avec un nombre de 118061 espèces décrites, soit environ 7% de total du règne animal, ils constituent l'embranchement le plus diversifié après celui des arthropodes qui contient les insectes, arachnides, crustacés et autres groupes d'invertébrés à pattes articulées (Zhang, 2013). Ils sont une très ancienne lignée monophylétique d'invertébrés, datant d'avant le cambrien (Barker, 2001), le nombre d'espèces fossiles de mollusques est inconnu avec précision, il est estimé entre 60 000 et plus de 100 000 espèces (MolluscaBase, 2021).

Les mollusques occupent un large éventail d'habitats, depuis les fosses marines jusqu'aux zones montagneuses (Cuttelod et *al.,* 2011), ils sont présents sur tous les continents, jusqu'à la périphérie de l'Antarctique (Linse et *al.,* 2006). Ils possèdent une grande variété de stratégies alimentaires, ils peuvent être herbivores, carnivores, prédateurs, filtreurs, détritivores et même parfois parasites (Hickman et *al.,* 2011). Cet embranchement compte huit classes qui sont les Caudofoveata, Solenogastres, Monoplacophora, Polyplacophora, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, et Scaphopoda (Kocot et *al.,* 2020).

Les mollusques non-marins appartiennent à la classe des Bivalves et Gastéropodes. Cette dernière forme la classe la plus importante en nombre d'espèces au sein des mollusques, avec environs 35 000 espèces existantes (Solem, 1984 ; Van Bruggen, 1995).

Traditionnellement, les gastéropodes sont répartis en trois ordres, les Prosobranches, les Opisthobranches et les Pulmonés. Cependant, les techniques d'analyses anatomiques et moléculaires développées durant ces trente dernières années ont permis de préciser l'organisation taxonomique des gastéropodes. Aujourd'hui les mollusques sont répartis en 6 groupes, Patellogastropoda, Cocculiniformia, Neritopsina, Vetigastropoda, Caenogastropoda et Heterobranchia (Grande et *al.,* 2008; Strong et *al.,* 2008).

À l'origine les gastéropodes terrestres sont des organismes marins. Le passage d'une vie aquatique à une vie aérienne s'est produit indépendamment dans au moins 10 lignées différentes de gastéropodes (Barker, 2001a) et essentiellement au sein des stylommatophores. Cet ordre regroupe plus de 95% des gastéropodes terrestres pulmonés (Mordan et Wade, 2008), il possède à lui seul plus de 20 000 espèces sur les 24 000 décrites (Heller, 2001 ; Bouchet, 2007).

Une série d'adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales permettraient la régulation de l'hydratation corporelle qui est essentielle au succès du stylommatophores (Cook, 2001). En effet, le pneumostome contractile, qui réduit la durée d'exposition de la cavité palléale

aux exigences d'évaporation du milieu ambiant, a joué un rôle central dans ce succès (Barker, 2001a).

D'autre part, l'activité humaine réduit la capacité de la planète à maintenir la vie, à une époque où l'augmentation de la population et de la consommation pose des exigences de plus en plus élevées. Pour atténuer les effets de cette situation, un des critères de base de l'action doit être orienté vers la connaissance des espèces qui y vivent afin de promouvoir la protection et la sauvegarde de leurs habitats et la conservation de leur patrimoine génétique.

Le bassin méditerranéen, par sa richesse faunistique et floristique et par l'importance de son endémisme, figure parmi les 34 points chauds mondiaux de la biodiversité (Myers, 2000). En effet, sa situation géographique est considérée comme un corridor pour la biodiversité, tant nord-sud qu'est-ouest (Kosswig, 1955).

L'Algérie, avec sa localisation à la rive sud du bassin méditerranéen et étant le plus grand pays d'Afrique, constitue un carrefour entre les continents, dont son histoire est méconnue, aussi bien que du point de vue humain que du côté faunistique, notamment la faune malacologique continentale (Ahmim, 2019).

En Algérie, la malacofaune est largement inexploitée (Bouaziz-Yahiatene et Medjdoub-Bensaad, 2016). Poiret était le premier qui s'est intéressé à la faune malacologique du pays en1789, où il a signalé 65 espèces dont une dizaine est terrestre. Néanmoins, l'étude de la malacofaune a pris ses débuts dès les premières années de la colonisation française par Michaud en 1833, qui décrit dans son catalogue 114 espèces, dont 26 sont terrestres. Il a recensé et décrit plusieurs nouvelles espèces ou peu connues. Nous citons *Helix soluta = Alabastrina soluta* Michaud, *Helix hieroglyphicula = Archelix hieroglyphicula* et *Helix lenticula* de Ferussac = *Caracollina lenticula*. En 1839, Terver vient pour actualiser la liste des gastéropodes terrestres de l'Algérie, son travail a fait ressortir une liste de 61 espèces. Plus tard, Bourguignat (1864) a inventorié une richesse plus importante que les travaux de ses prédécesseurs, avec un total de 319 espèces réparties en 37 genres différents.

Depuis aucune étude complète sur la faune malacologique Algérienne n'a été établie. Ce qui fait que la faune malacologique de l'Algérie soit encore insuffisamment connue.

Par ailleurs, des études régionales en Algérie sont fortement manquantes. Il est utile d'ajouter que de nombreuses localités ne sont guère mentionnées dans la malacologie de l'Algérie faite

par Bourguignat qui date de 1864, une époque à laquelle les études de l'habitat présentaient peu d'intérêt.

Dans les travaux qui suivent, comme ceux de Bourguignat (1877), Letourneux (1870) et Pechaud (1883), certaines indications de lieux plus précis sont mentionnées.

En 1990, Damerdji, dans son travail en biosystématique des mollusques gastéropodes pulmonés terrestres dans la région de Tlemcen, a pu enregistrer une richesse spécifique de 68 espèces différentes. Néanmoins, l'application de la systématique ancienne rend la nomenclature erronée en raison de mauvaise application des noms scientifiques.

Au cours de ces dernières années, l'étude de la malacologie terrestre de l'Algérie a connu une importante évolution (Damerdji, 2008, 2009, 2015, 2018 ; Bouaziz-Yahiatene et Medjdoub-Bensaad, 2016 ; Bouaziz-Yahiatene, 2017 ; Belhiouani et *al.*, 2019 ; Ameur et *al.*, 2019).

Bouaziz-Yahiatene (2017) a étudié la bioécologie des gastéropodes terrestres dans la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou), son inventaire a révélé une richesse spécifique de 27 espèces et sous-espèces différentes, et a mis en évidence la distribution de ces dernières selon un transect altitudinale de la mer à la montagne.

Des analyses anatomiques et moléculaires ont permis de revoir la classification et la description de certaines espèces des gastéropodes terrestres. Seules deux études dans ce sens sont réalisées ou le genre *Eobania* qui est désormais *Massylaea* (Bouaziz-Yahiatene et *al.*, 2017). L'étude sur le genre *Cantareus* a démontré que dans région de la Kabylie, la seule espèce qui existe pour ce genre est et *C. koraegaelius* et non *C. apertus* (Boauziz-Yahiatene et *al.*, 2019).

Pour la région d'Alger et de Boumerdes et depuis les travaux de Lallemont (1889), dans son catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles des environs d'Alger, où il a pu mettre une liste systématique de 126 espèces de mollusques, dont 120 espèces de gastéropodes et 6 espèces de bivalves, aucune étude complète sur la malacofaune dans la région algéroise et aux ses alentours n'a été conduite.

Ainsi, dans le même concept et dans le cadre de cette étude, nous ciblons trois objectifs principaux, dont le premier consiste à dresser un inventaire qualitatif des gastéropodes terrestres et dulçaquicoles dans plusieurs localités en Algérie. Élaborer un inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres pulmonés dans les régions d'Alger et de Boumerdes. Enfin, faire une étude anatomique et morphologique des limaces échantillonnées dans nos régions d'étude.

Pour ce faire, ce manuscrit sera structuré en cinq chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à une bibliographie sur la biologie, physiologie et l'écologie des mollusques notamment les gastéropodes terrestres. Le deuxième chapitre comprendra une présentation générale de la zone d'étude, dont l'aspect climatique et bioclimatique sera présenté pour chaque région. Le troisième chapitre est consacré à la présentation de matériel utilisé, les techniques d'échantillonnage adoptées et les méthodes de prélèvement des gastéropodes terrestres ainsi que les méthodes d'identifications et de nomenclature. Les méthodes d'identification morphologique et anatomique (par dissection) des limaces sont décrites dans ce chapitre, ajoutant la présentation des différents indices écologiques de structures et de compositions calculés et les tests statistiques adoptés pour l'analyse des résultats.

Le quatrième chapitre sera spécifié pour la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations. Enfin, une discussion des différents résultats sera présentée dans le cinquième chapitre, le tout sera clôturé par une conclusion générale et quelques perspectives pour les futurs travaux.

Chapitre I
Généralités sur les Mollusques

1 Généralités sur les mollusques

Les mollusques, du latin « molluscan », qui signifie écorce molle, un nom qui est en rapport avec leur corps. Ils sont des animaux métazoaires, triploblastiques à symétrie bilatérale à corps mou, non segmenté. Ils mènent une vie libre en milieu marin (Seiche, Pieuvre), en eau douce (Limnées) ou en milieu terrestre (Escargots et Limaces). Certains d'entre eux présentent cependant un mode de vie fixé (Moule) ou encore parasite comme chez les Parenteroxenos (Fig. 1) (Heusser et Dupuy, 2008).

Les Mollusques constituent l'embranchement le plus diversifié en termes de nombre d'espèces après les arthropodes (Lydeard et *al.*, 2004 ; O'connor et Crowe, 2005), avec environ 118 000 espèces décrites (Zhang, 2013). D'après Cuttelod et *al.* (2011), les mollusques occupent la quasi-totalité des habitats, depuis les fosses marines jusqu'aux régions montagneuses terrestres.

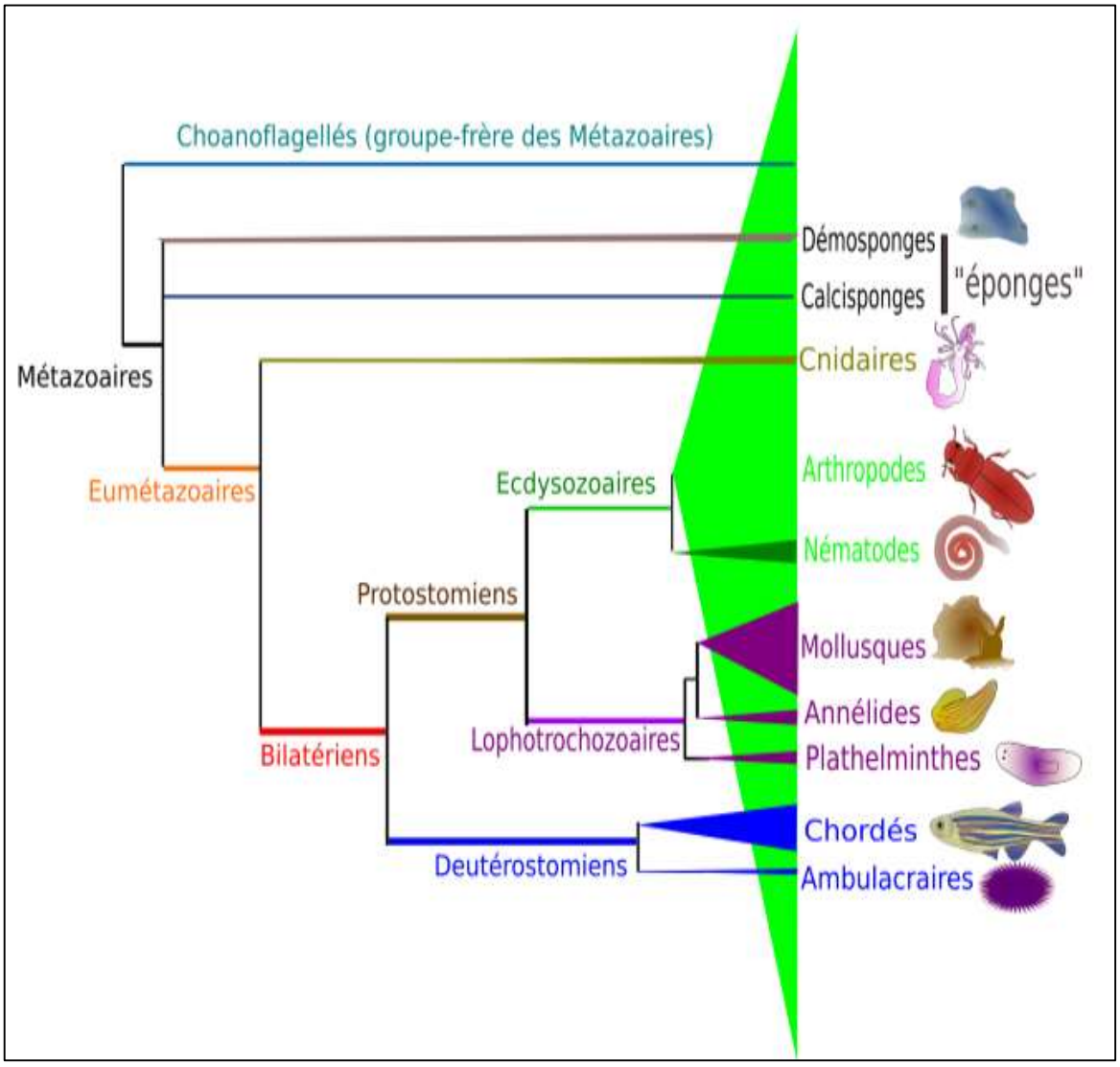


Figure 1 : Position des Mollusques dans le règne animal (Lecointre et Guyarder, 2001).

Du point de vue structurel, les mollusques présentent une morphologie et une anatomie assez homogènes, ce qui est résumé par His et Cantin (1995) avec une représentation schématique d'un mollusque type (Fig. 2), montrant les structures en communs des mollusques représentées par :

- Un manteau, couvrant la partie supérieure du corps, un organe qui permet la sécrétion de la coquille, et la protection des organes internes ainsi que la masse viscérale.
- Une masse viscérale, une poche qui regroupe tous les organes de l'animal. Elle joue un rôle primordial dans la respiration et le maintien d'un taux d'humidité adéquat au bon fonctionnement de l'organisme.
- Un pied ventral ou sole qui sert d'appareil locomoteur.

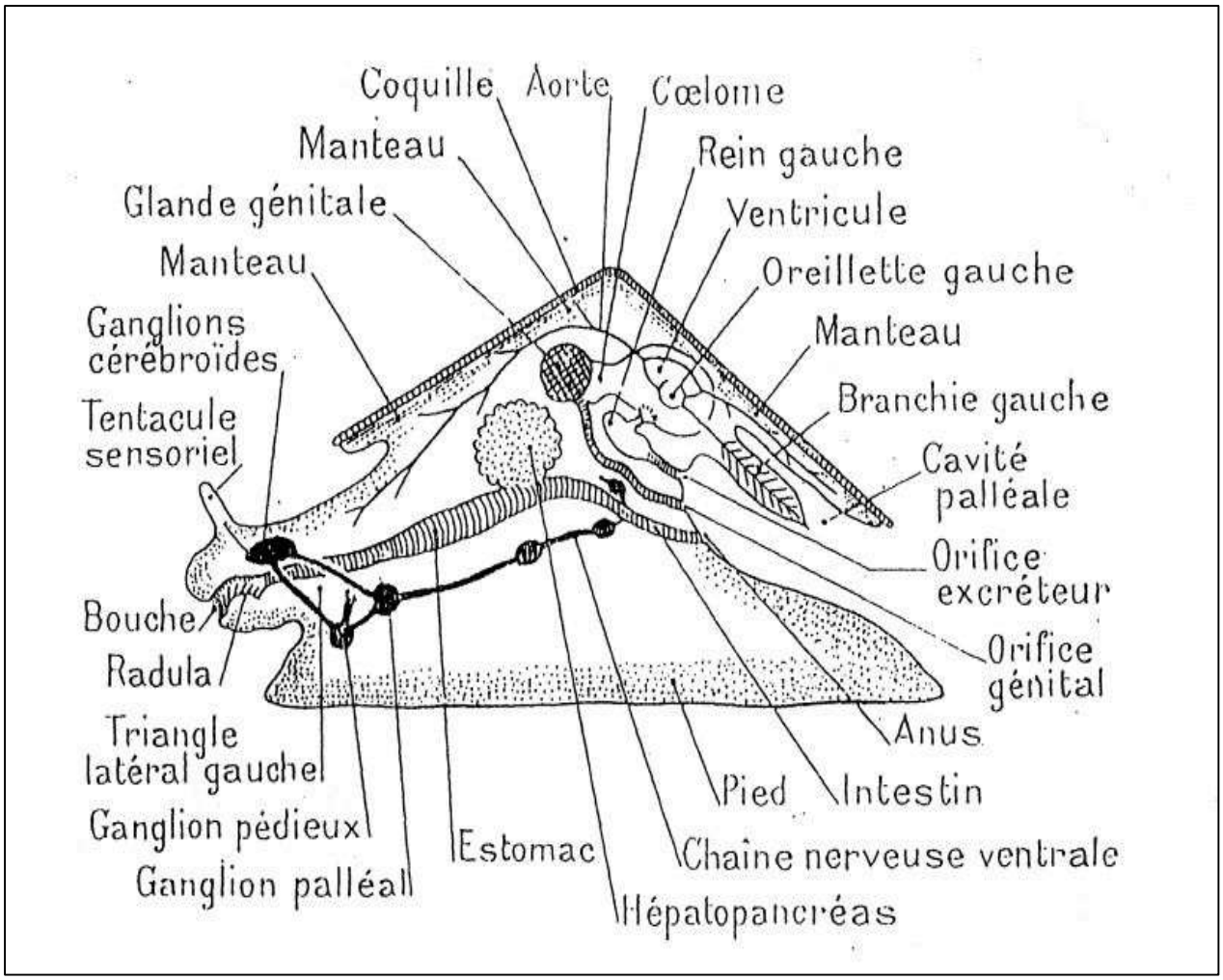


Figure 2 : Schéma structurel d'un mollusque-type (His et Cantin, 1995).

2 Gastéropodes au sein des Mollusques

Les mollusques forment un phylum très diversifié (Audibert et Bertrand, 2014) et très ancien qui remonte au cambrien (Beaumont, 2006), ou au précambrien (Fedonkin et Waggoner,

1997). Jadis, les mollusques sont devisés en 6 classes qui sont : les Céphalopodes, les Ptéropodes, les Acéphales, les Gastéropodes, les Brachiopodes et les Cyrrhopodes (Cuvier, 1849, Willows, 1973). Cependant, d'après Kocot et *al.* (2020), l'embranchement des mollusques se subdivise en huit classes (clades), qui sont les Bivalves (palourdes, huîtres), Caudofoveate (chaetodermomorpha), Céphalopodes (pieuvres, calmars), Gastéropodes (escargots et limaces), Monoplacophore (tryblidia ; mollusques d'eau profonde ressemblant à des patelles), Polyplacophore (chitons), Scaphopode et Solenogastres (neomeniomorpha) (Fig. 3).

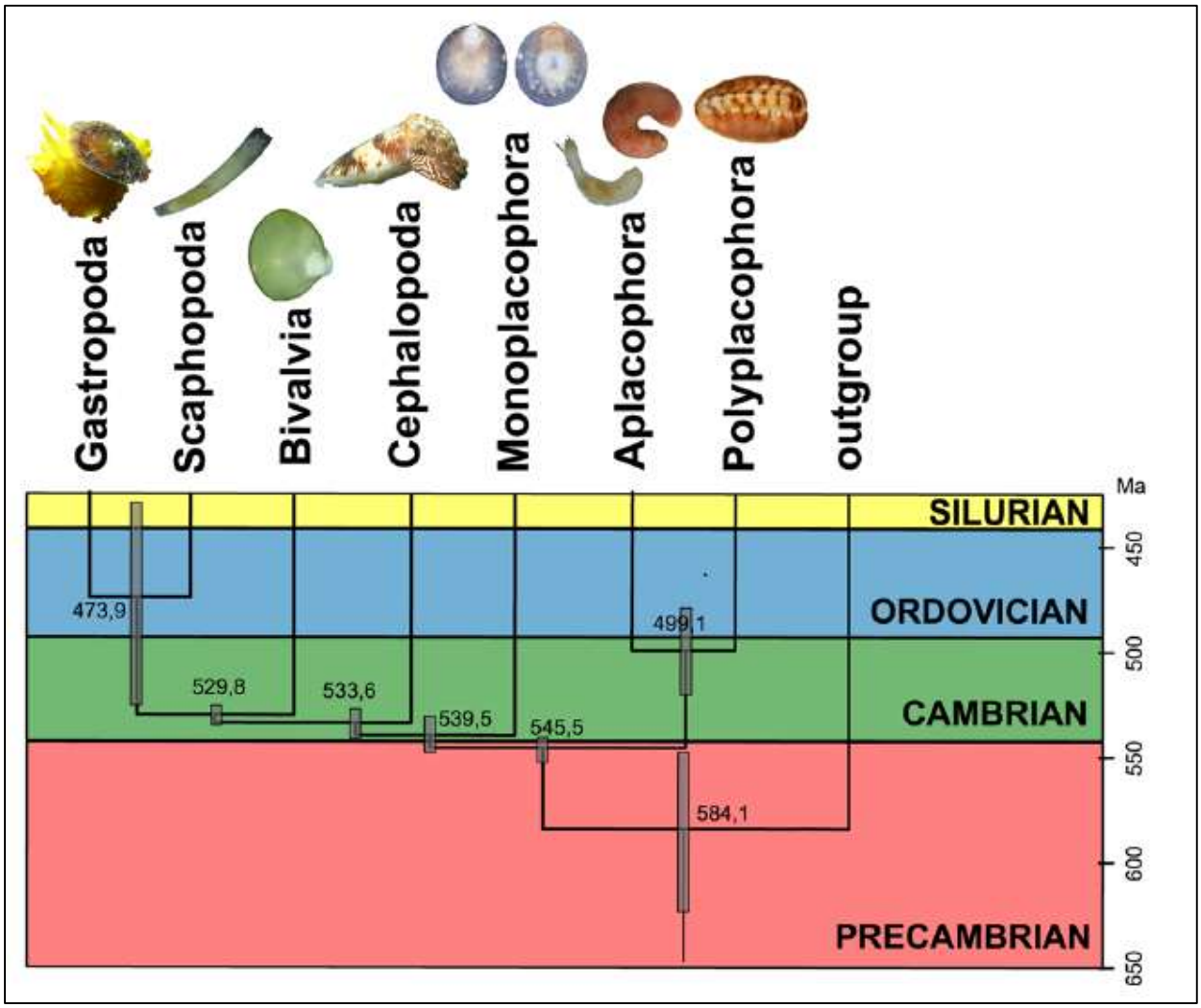


Figure 3 : Phylogénétique la plus récente basée sur les données moléculaires montrant la relation entre tous les taxons des mollusques (Kocot et *al*., 2020).

2.1 Solenogastres

Les Solenogastres ou Neoméniomorphes sont une petite classe de mollusques marins, ils comptent moins de 300 espèces décrites (Haszprunar, 2020), qui ont une forme de vers et dépourvus de coquille (Fig. 4). Ils ont une partie commune, et parfois abondante, des biotypes

benthiques, habitant les fonds marins à des profondeurs de 1 à 6 850 m (principalement en dessous de 50 m), ils sont carnivores et se nourrissent principalement de Cnidaires. La classe des Solenogastres comprend environ 260 espèces regroupées en 23 familles au sein de 4 ordres (Zamarro et *al.*, 2013).

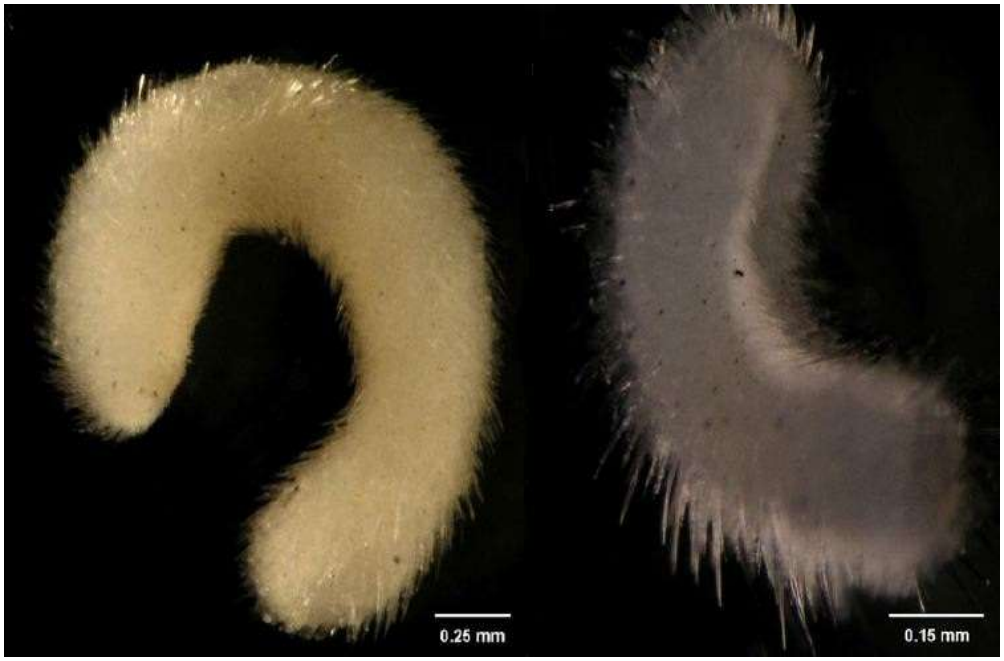


Figure 4 : Exemple d'un Solenogastres *Pruvotina artabra* (Zamarro et *al.*, 2013).

2.2 Monoplacophores

Les monoplacophores sont des mollusques marins pourvus d'une coquille conique et univalve ressemblent à une patelle, ils ont une respiration branchiale et un corps à symétrie bilatérale (Grassé et Doumenc, 1995). Les membres de ce petit groupe qui compte que 30 espèces décrites (Haszprunar, 2020), ils se trouvent généralement en haute mer et semblent se nourrir de dépôts (Ponder et *al.*, 2019).

2.3 Polyplacophores

Les polyplacophores communément appelés Chitons habitent les zones littorales marines, leur organe locomoteur est un pied en forme d'une sole large avec un corps non métamérisé et une coquille segmentée (Grassé et Doumenc, 1998). Un groupe qui n'est pas si fortement diversifié, actuellement il ne compte que 100 espèces différentes (Haszprunar, 2020).

2.4 Scaphopodes

Les Scaphopodes sont des mollusques marins, la coquille en forme de défense d'éléphant est ouverte des deux extrémités (Chapron, 1999). Le pied fouisseur ventral est cylindrique, ses

mouvements d'extensions et de rétractions permettent la circulation du sang. Le système circulatoire est dépourvu du cœur, la respiration est assurée par la surface ciliée du manteau. Les deux sexes sont séparés et la fécondation est externe. Bien que les scaphopodes constituent l'une des plus petites classes de mollusques en termes de diversité d'espèces, ils ont une répartition mondiale allant de la zone intertidale à des profondeurs excédant les 6000 m (Reynolds, 2002). Actuellement le nombre d'espèces pour ce groupe s'est élève à 900 espèces différentes (Haszprunar, 2020).

2.5 Céphalopodes

Mollusques strictement marins et carnivores, les céphalopodes sont dotés d'une tête pourvue des tentacules et munie d'un orifice buccal avec un bec et une radula. Le manteau à plusieurs formes suivant les espèces, leur respiration est branchiale, ils ont des sexes séparés et la fécondation est interne (Giese et Pearse, 1977). Le nombre d'espèce décrite actuellement est d'ordre de 900 espèces vivantes et 40000 fossiles découverts (Haszprunar, 2020).

2.6 Bivalves

Les bivalves sont des mollusques acéphales avec un corps aplati latéralement possédant une symétrie bilatérale (His et Cantin, 1995). La tête est non distincte du corps, enveloppée par un manteau contenu dans une coquille à deux valves (Fig. 5). Ce sont des animaux aquatiques à respiration branchiale, sont dioïques, mais certaines espèces sont hermaphrodites (Cuvier, 1849). Parmi les groupes les plus diversifiés des mollusques avec 20000 espèces décrites (Haszprunar, 2020).

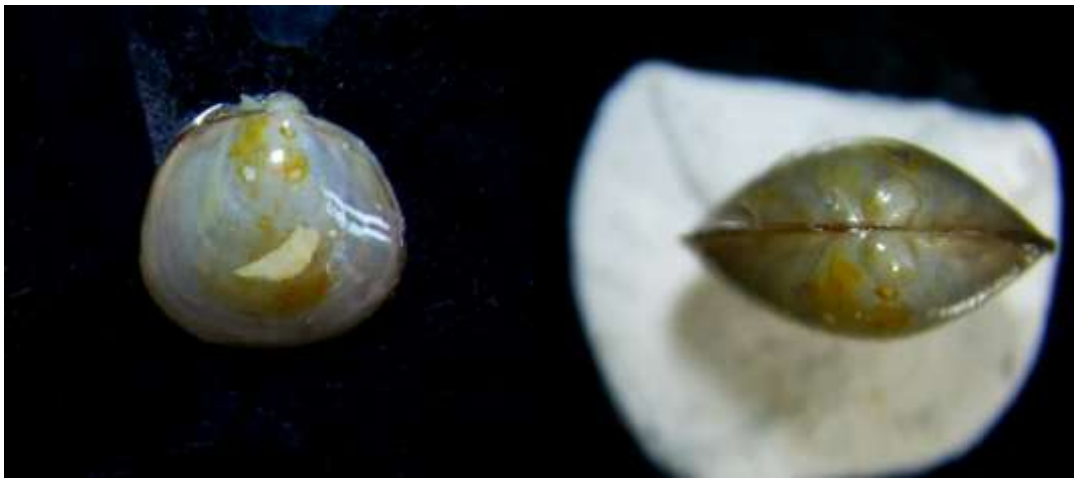


Figure 5 : Exemple d'un Bivalve *Musculium lacustris* (Originale, 2020).

2.7 Caudofoveate

Les Caudofoveata également connus sous le nom de Chaetodermomorpha sont une petite classe au sein de l'embranchement des mollusques avec 150 espèces décrites (Haszprunar, 2020). La classe est souvent combinée avec Solenogastres et appelée Aplacophora, mais certaines études ont mis en doute la monophylie de ce groupe (Giribet et *al.*, 2006).

2.8 Gastéropodes

Les gastéropodes sont des métazoaires triploblastiques à structure asymétrique résultante d'une organisation particulière (Gobert et Gobert, 1979). Ils représentent la classe la plus importante des mollusques, environs 2/3 de total avec environs 70000 espèces décrites (Belanger, 2009 ; Cuttelod et *al.*, 2011 ; Haszprunar, 2020).

3 Classification des gastéropodes

Traditionnellement les gastéropodes sont divisés en trois sous-classes, Prosobranche, Opistobranche et Pulmonés (Maissaiat et *al.*, 1998). Ces derniers sont scindés en deux groupes les Basomatophores qui regroupent les Limnées, les Planorbes et les Physes et les Stylommatophores qui incluent plus de 95 % des gastéropodes terrestres (Mordan et Wade, 2008), en regroupant plus de 30 000 espèces (Barker, 2001a), réparties dans 103 familles (Bouchet et Rocroi, 2005 ; Bouchet et *al.*, 2017). Ils forment donc le groupe d'animaux le plus diversifié au sein des écosystèmes terrestres, assurant plusieurs fonctions écologiques essentielles (Barker, 2001b).

Au cours des dernières années, des techniques anatomiques et moléculaires sont développées et ont permis de diviser les gastéropodes en six groupes : Patellogastropoda, Cocculiniformia, Neritopsina, Vetigastropoda, Caenogastropoda et Heterobranchia (Grande et *al.*, 2008; Strong et *al.*, 2008). Les gastéropodes terrestres se retrouvent au sein du dernier groupe d'Heterobranchia.

4 Organisation générale d'un gastéropode

Les gastéropodes terrestres, comme les mollusques, ont une morphologie externe et interne assez homogène.

4.1 Morphologie externe

Selon Germain (1830), la morphologie externe des gastéropodes terrestres est assez homogène, ils ont un corps mou couvert d'une coquille externe univalve (escargots), à l'extrémité postérieure de corps, le cas de la faille des Testacellidae, ou interne et rudimentaire chez les limaces de la famille des Milacidae et Limacidae et parfois totalement

absente chez les Arionidae. Une tête bien distincte à l'avant du corps, qui porte les tentacules et un pied musculeux, qui sert à la locomotion (Fig. 6).

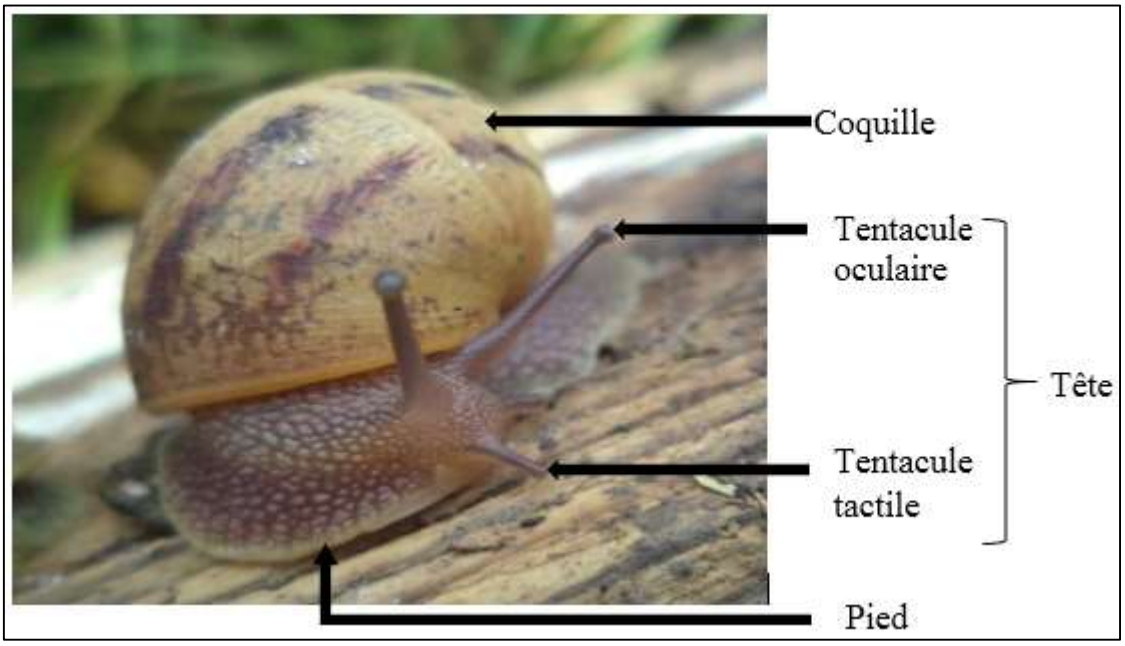


Figure 6 : Morphologie externe d'un Gastéropode terrestre (Originale, 2019).

4.1.1 Coquille

La coquille des gastéropodes est extrêmement diversifiée en forme et en taille, elle représente un critère de détermination du premier ordre (André, 1968). Elle est constituée de cristaux de calcite et d'aragonite synthétisés à partir de 90 % de carbonate de calcium présent dans l'environnement et de 10% des protéines sécrétées par le manteau (Audibert et Bertrand, 2014). Elle est formée d'une seule pièce ou univalve (Fig. 7), résultant de l'enroulement en hélice ou en spirale (Boue et Chanton, 1958). L'axe autour duquel les spires enroulent (la columelle), qui peut être plein ou creux, et dans ce dernier cas, il s'ouvre au niveau de l'ombilic (His et Cantin, 1995).

Les tours de la spire sont juxtaposés. Le dernier tour délimite l'ouverture de la coquille qui est bordée par le péristome (His et Cantin, 1995).

L'ouverture de la coquille (péristome) peut être simple et tranchante ou présente un ourlet (Beaumont et Cassier, 2004). La plupart des coquilles sont naturellement de la forme dextre, mais elle peut être présente en forme senestre chez certaines espèces (Leveque, 1980).

Chez les limaces, la coquille est atrophiée à une petite plaque calcaire interne, la limacelle, ou à des petites granulations calcaires, retrouvée chez les Milacidae, les Limacidae et

Agriolimacidae, ou totalement absente comme chez les Arionidae. Chez les Testacellidae, la coquille est externe, de petite taille et elle se situe à la partie postérieure du corps.

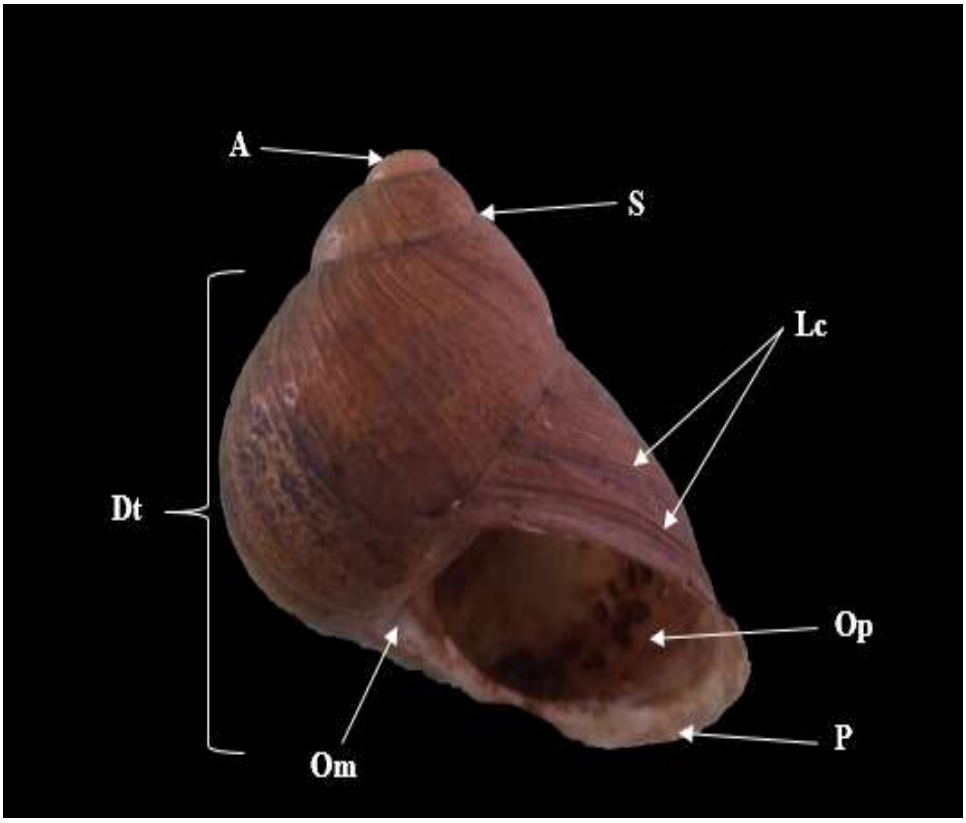


Figure 7 : Photographie d'une coquille de *Cantareus* sp. (Originale, 2019).

A : Apex ; **Lc** : Ligne de croissance ; **Op** : Opercule ; **P** : Péristome ; **Om** : Ombilic ; **Dt** : Dernier tours ; **S** : Suture.

4.1.2 Corps

Le corps est divisé en trois parties bien distinctes, avec une tête antérieure, un pied ventral, d'où leurs noms qui dérive de (Gaster=Ventre et Podos=Pied), et une masse viscérale couverte par le manteau qui secrète la coquille (Maissaiat et *al.*, 2005).

La tête occupe la partie antérieure du corps (Kerney et Cameron, 2015). Elle porte une à deux paires de tentacules rétractiles, selon les espèces, qui portent à l'extrémité ou à la base de la paire antérieure les yeux, elle est dotée d'une bouche et d'une radula, sorte d'une longue râpeuse (Grassé et Doumenc, 1995).

La masse viscérale enveloppée par un manteau qui secrète la coquille (Amroun, 2006). Une masse prolongée en tortillons, elle contient essentiellement une partie du tube digestif et l'appareil génital. Elle est revêtue par un épithélium mince (André, 1968).

Un pied qui est, selon Grassé et Doumenc (1995), un organe musculeux qui sert à la locomotion. Il est aplati en une sole ventrale couverte d'un épiderme sécrétant un mucus qui permet la reptation (Kerney et Cameron, 2015).

4.1.3 Tégument

D'après Bandel (1982), le tégument des gastéropodes possède un épiderme formé de deux assises épaisses de deux types de cellules :

- **Cellules de revêtement**, formées d'une partie très fine recouverte par la coquille et une autre partie épaisse couvre les organes sortant de la coquille.
- **Cellules glandulaires**, jouent le rôle dans la sécrétion et où sont distinguées :

- **Cellules à mucus**, le mucus est une substance qui couvre la totalité du corps, il sert à garder une certaine humidité corporelle et facilite les déplacements et protège le corps lors de la reptation contre les accidents de terrain.
- **Cellules calcaires**, secrétant de Carbonate de Potassium qui est un élément essentiel pour la synthèse de la coquille, elles se retrouvent essentiellement dans le manteau, mais aussi dans l'appareil génital.
- **Cellules à conchyoline**, secrètent la conchyoline qui avec le mucus et les secrétions salivaire forme l'opercule.

4.2 Anatomie interne

La cavité palléale est limitée d'une part par le plafond de la masse viscérale et d'autre part, à sa partie supérieure, par le manteau dont sa face externe forme un organe de protection et sa face interne forme la surface respiratoire (poumon) par l'intermédiaire des lacunes qu'elle contient. Le poumon s'ouvre à l'extérieur par un orifice appelé pneumostome (Beaumont et Cassier, 1998).

4.2.1 Appareil digestif

Le tube digestif des gastéropodes terrestres est ouvert à ses deux extrémités, et par l'effet de la torsion et de l'enroulement en spiral de la masse viscérale, l'anus est situé à la partie antérieure de l'animal, au voisinage de la tête. Il est de forme d'un « U » (Beaumont et Cassier, 1998). La bouche est équipée d'une longue rappeuse appelée la radula (Heusser et Dupuy, 2015).

D'une longueur différente, selon les espèces, le tube digestif de ces animaux est formé d'un bulbe buccal suivi d'un œsophage qui est, en arrière, renflé pour former le jabot. Ensuite un estomac et un intestin enroulé dans l'hépatopancréas puis un rectum qui se termine par un anus (Heusser et Dupuy, 1998).

4.2.2 Appareil excréteur

L'appareil excréteur des gastéropodes pulmonés est asymétrique, il est formé d'un seul rein et un canal excréteur (André, 1968). Le rein ou organe de Bojanus se situe au côté droit de l'animal et pourvu de deux orifices, le canal excréteur loge le rein de côté extérieur du péricarde puis le rectum pour déboucher au niveau de l'anus (Bouillon, 1960). L'orifice excréteur est situé près de l'anus et le pneumostome (Grassé et Doumenc, 1995). Cependant, des différences anatomiques de l'appareil excréteur chez les différentes espèces sont observées (Wendelaar Bonga et Boer, 1969 ; Cosin, 1977). Les déchets arrivent au niveau de rein par la voie sanguine et par l'intermédiaire de l'hémolymphe et s'éliminent sous forme d'acide urique et purine (Peschen, 1939).

4.2.3 Appareil circulatoire

Les gastéropodes pulmonés ont un appareil circulatoire ouvert, comportant un cœur formé d'une seule oreillette et d'un ventricule, il assure la propulsion de l'hémolymphe (Heusser et Dupuy, 2015). Selon Beaumont et Cassier (1998), l'appareil circulatoire des escargots et les limaces comporte au départ du ventricule une aorte, qui se dirige vers la masse hépato pancréatique, où elle se divise en une aorte antérieure et une postérieure.

4.2.4 Système nerveux

Les gastéropodes terrestres ont un système nerveux bien développé (Kerney et Cameron, 2015). Il est formé de ganglions cérébroïdes dorsaux, ganglions pédieux, palléaux et viscéraux ventraux (Heusser et Dupuy, 2015).

Le ganglion cérébroïde situé au-dessus de l'œsophage, il innerve les yeux et les tentacules tactiles, les ganglions pédieux réunis par une commissure et innervent le pied, ils se localisent sous l'œsophage et réunis aux cérébroïdes par deux connectifs qui forment un premier collier œsophagique. Les ganglions viscéraux aussi sous l'œsophage, sont reliés au cérébroïdes par deux connectifs formant un deuxième collier œsophagique (Guyard, 2009). À cette position s'ajoute deux autres paires de ganglions situés à la trajectoire de deux grands connectifs reliant les cérébroïdes aux pédieux, il s'agit alors de deux ganglions palléaux qui innervent le manteau. Ils sont reliés aux pédieux par deux connectifs, et deux ganglions intestinaux qui innervent l'intestin (Fig. 8).

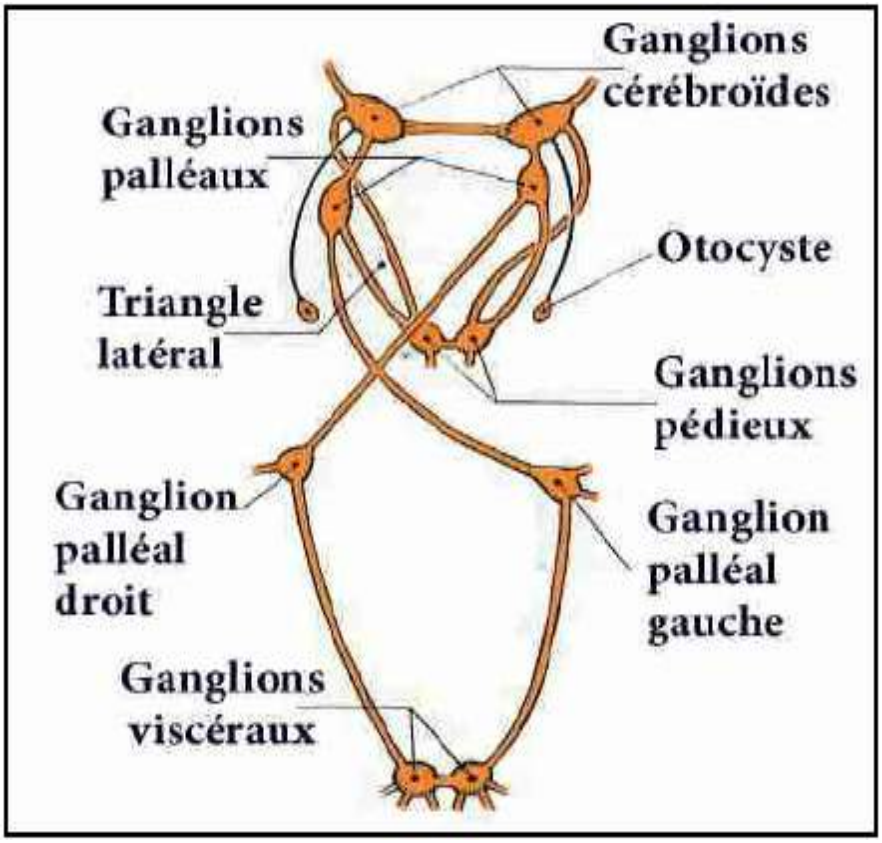


Figure 8 : Système nerveux d'un escargot (Meglitsch, 1974).

4.2.5 Appareil reproducteur

La majorité des gastéropodes terrestres sont hermaphrodites, ils possèdent deux organes génitaux fonctionnels, un organe mâle et un autre femelle (Gomez, 2001). Toutefois, les espèces appartenant aux familles des Cochlomastidae et Pomatiidae sont gonochoriques. Chez les pulmonés, la fécondation doit être croisée avec un transfert du sperme entre deux individus, le développement embryonnaire est direct (Dreyfuss et Rondelaud, 2011).

La structure générale d'un appareil génital d'un escargot terrestre est composée de (Fig. 9) :

A. Gonade mâle comprenant ;

- **Le Pénis** : Un organe copulateur, il se trouve dans la papille pénienne. Ce dernier a une variabilité considérable au sein des Stylommatophores (Zajac et Kramarz, 2017). Il est démontré que la position, la taille et la forme de l'orifice de la papille pénienne représentent les critères d'identification des espèces (Gomez, 2001).
- **Le Muscle rétracteur du pénis** : Il permet le relâchement et la rétraction de pénis lors des accouplements.

- **L'Epiphallus :** Synthétise le spermatophore lors de l'accouplement. La longueur de l'épiphallus et de spermatophore est largement utiliser dans la classification des gastéropodes terrestres (Hausdorf et Sauer, 2009).
- **Le Flagelle :** Synthétise, avec l'épiphallus, le spermatophore qui protège les spermatozoïdes (Heusser et Dupuy, 2011). Sa forme pendant la copulation a une signification taxonomique spécifique à l'espèce.
- **Le Canal déférent :** Assure l'auto sperme du canal hermaphrodite jusqu'au flagelle (Hausdorf et Sauer, 2009).

B. Gonade femelle, composée de :

- **Sac de dard :** Le dard est une fléchette calcaire (Chung, 1986). Le nombre de sacs varie selon les genres, il représente un critère de classification générique des gastéropodes terrestres. Des études suggèrent l'implication du dard dans le système d'échappement à la digestion enzymatique du sperme au niveau de la bourse copulatrice (Koene et Chase, 1998).
- **Glandes multifides :** Elles ont une structure ramifiée, secrétant l'allohormone et le mucus qui jouent un rôle dans la locomotion, respiration et la protection contre la déshydratation et les accidents lors de la reptation.
- **Diverticule :** Un tractus de la bourse copulatrice, il protège le spermatophore et les spermatozoïdes contre la digestion au niveau de la bourse copulatrice (Barker, 2001).
- **Glande à albumine :** Elle produit l'albumine, des substances vitellines et du galactogène enrichissant les ovocytes après la fécondation (Duncan, 1975).
- **Spermovudicte :** Canal hermaphrodite permettant le transport des ovocytes et les spermatozoïdes (Zajac et Kramarz, 2017).
- **Bourse copulatrice :** Elle élimine les excès de spermatozoïdes et les résidus du spermatophore (Beese et *al.*, 2009).
- **Glande hermaphrodite :** Elle est formée de plusieurs tubes contenant des cellules germinales mâle et femelle (Zajac et Kramarz, 2017). C'est le centre de la gamétogenèse (Heusser et Dupuy, 2011).
- **Atrium génital :** Organe hermaphrodite, il constitue le point de réunion des gonades mâle et femelle (Wiktor, 1989).

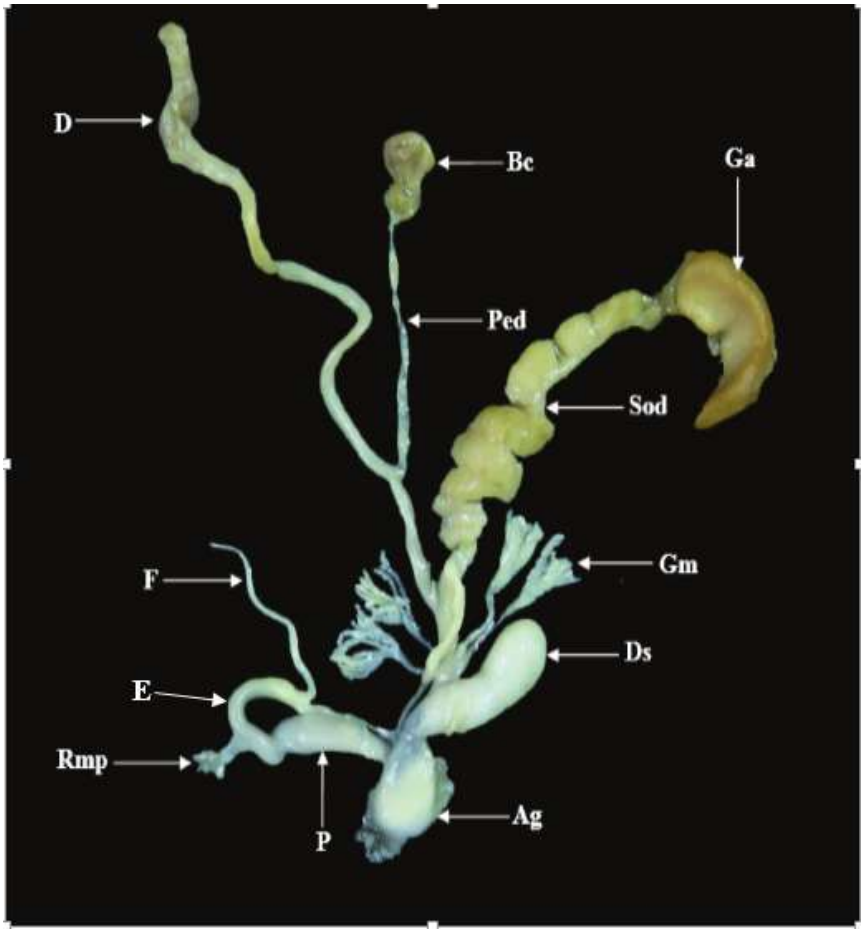


Figure 9 : Appareil génital de *Cantareus apertus* (Bouaziz-Yahyiatene et *al.*, 2019).

Ag : Atrium génital ; **Ds** : sac à dard ; **Gm** : Glande à mucus ; **Sod** : Spermoviduc ; **Ga** : Glande à albumen ; **Bc** : Bourse copulatrice ; **Ped** : Pédoncule ; **D** : Divérticulum ; **F** : Flagelle ; **E** : Epiphalus ; **Rmp** : Muscle rétracteur de pénis ; **P** : Pénis.

5 Biologie et écologie des gastéropodes terrestres

L'étude de la biologie et l'écologie des gastéropodes terrestres consiste à l'étude de son régime alimentaire, leurs développements et leurs activités ainsi leurs interactions intra et interspécifiques et avec leurs habitas.

5.1 Régime alimentaire

Les choix alimentaires des gastéropodes terrestres sont influencés par la composition qualitative de l'aliment, sa disponibilité, son accessibilité ainsi que le besoin nutritionnel de l'animal (Speiser, 2001). Par la diversité des habitats occupés par ces animaux dans lesquels les types de la nourriture diffèrent, le régime alimentaire varie considérablement même au sein de la même espèce (Iglesias et Castillejo, 1999). Il se détermine également par le type de la radula (Barker et Efford, 2004).

Le régime alimentaire varie, suivant les espèces, des détritivores, phytophages qui occasionnent parfois des dégâts très importants dans les cultures, des espèces omnivores

Rumina decollata et *Zonite algirus*. Enfin, il existe des carnivores du genre *Oxychilus*, *Testacella* **(**Audibert et Bertrand, 2014). Le sol fait également partie du régime alimentaire des gastéropodes, il constitue la source du calcium indispensable à la formation de la coquille. (Dallinger et *al.,* 2001). Par ailleurs, Baur (1987) a signalé qu'un phénomène de cannibalisme est observé chez de nombreuses espèces de gastéropodes terrestres.

5.2 Rythme d'activité des gastéropodes terrestres

Les escargots et les limaces sont des animaux poïkilothermes (Pirame, 2003). Les variations continues des taux d'humidité et des températures ambiantes poussent ces organismes à s'adapter aux conditions régnantes par adoption des comportements d'activités et d'inactivités, journaliers et saisonniers (Cobbinah et *al.,* 2008).

5.2.1 Activité journalière

Le développement des gastéropodes terrestres est fortement influencé par les facteurs environnementaux (De Vaufleury, 2001). Hors les conditions journalières optimales de température et d'humidité, les escargots se mettent en phase d'inactivité en se réfugiant dans des endroits frais et ombragés, pour reprendre leur activité en quête de nourriture et de partenaire sexuel durant les nuits qui semblent plus favorables (Kerney et Cameron, 2015).

5.2.2 Activité saisonnière

La vie des gastéropodes terrestres est une succession de période d'activité (reproduction et nutrition) et de repos (estivation et hibernation) (Griffond et Vincent, 1985). Dans les conditions défavorables, les gastéropodes terrestres adoptent un mode de vie ralenti (Codjia et Noumanvi, 2002).

D'après Pepin et *al.* (1973), l'estivation est un rythme de vie ralenti, observé durant la saison estivale. Dans cette phase les gastéropodes diminuent leurs réserves d'eau et énergétiques (Cobbinah et *al.* 2008).

L'hibernation est une réponse aux baisses des températures (Pepin et *al.,* 2003). Il est à signaler que pendant cette saison ces animaux ralentissent les échanges gazeux (respiration), et ils perdent du poids corporel (Bellion, 1909).

5.3 Reproduction et cycle de vie

Les gastéropodes pulmonés sont des invertébrés hermaphrodites, toutefois, la fécondation est interne, elle doit être croisée avec un transfert du sperme (Dreyfuus et Rondelaud, 2011). Les deux partenaires peuvent se comporter à la fois mâles en transférant des spermatozoïdes, et

femelles en les recevant (Heusser et Dupuy, 2011). Tandis que chez certaines espèces l'un agit entant qu'un mâle et l'autre en femelle, sachant que ces rôles peuvent s'échanger lors d'un second accouplement (Kerney et Cameron, 2015).

Falkner et *al.* (2001) ajoutent que l'autofécondation et rare chez ces animaux voire impossible. En effet, Cameron (2016) confirme que l'hermaphrodisme est considéré comme une adaptation à une situation de pénurie de partenaires sexuels pour ces animaux à déplacement lent.

Suivant les espèces, l'accouplement à une durée de 4 à 12 heures (Madec, 1989 ; Madec et Daguzan, 1991), où il y aura l'échange réciproque des spermatozoïdes (Gomez, 2001).

Au cours de ce processus, la majeure partie du sperme subit une digestion enzymatique au niveau de l'appareil génital femelle. Les gamètes échappant à la digestion seront stockés au niveau de la spermathèque (Gomez, 2001).

Après quelques semaines, les œufs fécondés sont pondus dans des trous creusés dans le sol humide (Cobinnah et *al.*, 2008; Ansart et *al.*, 2010). Le nombre d'œufs pondu varie d'une espèce à une autre, il peut atteindre les 120 œufs (Prime, 2003). Cobinnah et *al.* (2008) ajoutent que chez l'espèce *Cornu aspersum*, ce nombre peut être d'ordre de 200 œufs par ponte en milieu naturel.

Les embryons élaborent une coquille protéique qui se calcifie au cours de leurs développent (Pirame, 2003). Après l'éclosion, la coquille initiale se transforme en apex ou protoconche et présente le départ de la formation des tours de la coquille (Daguzan et *al.*, 1981). La vie de ces escargots sera une succession de période de repos, hibernation et estivation, et d'activité, accouplement et ponte (Griffond et Vincent, 1985). Le développement et la reproduction des gastéropodes terrestres sont étroitement liés aux facteurs environnementaux (De Vaufleury, 2001).

5.4 Respiration

Les gastéropodes terrestres sont des pulmonés (Boue et Chanton, 1958), la sortie de milieu aquatique vers le milieu terrestre a nécessité un développement évolutif, elle est marquée par deux évènements majeurs, la perte des branchies, et l'acquisition d'un poumon plus évolué. Il se situe à la face interne du manteau, il s'ouvre à l'extérieur par un orifice nommé pneumostome. Les échanges gazeux se font quand l'air de la cavité palléale est humide, par le temps sec, l'animal se rétracte dans la coquille (Guyard, 2009).

En période d'estivation, un phénomène d'hypoxie se produit, il consiste à une réduction du rythme de la respiration. La réduction de la consommation d'oxygène est corrélée par la forte

rétention de CO_2, ce qui provoque une diminution de métabolisme. Ces variations sont réversibles une fois l'animal reprend son activité (Horne, 1973).

5.5 La vision

La position des yeux des gastéropodes vis-à-vis des tentacules constitue un élément utile dans la taxonomie de ces animaux. Chez les pulmonés, les yeux, au nombre de 2, se situent à l'extrémité des tentacules, sous un revêtement tégumentaire. Cette région de tégument est fine et transparente en forme de dôme (Zieger et Meyer-Rochow, 2008).

Les yeux sont formés d'une cornée, d'une lentille et d'une rétine, bien que ces organes ne peuvent pas former une image nette (Tamamaki, 1989 ; Zieger et *al.,* 2009). La structure des yeux des gastéropodes terrestres permet d'évaluer le contraste lumineux dans leurs environnements, étant de leur nature nocturne cela leur permet de s'orienter vers les milieux sombres (Chase et Crolle, 1981). La vision joue aussi un rôle dans régulation du rythme circadien et les fonctions de reproduction des gastéropodes (Sokolove et *al.,* 1977 ; Mc Crone et *al.,* 1981).

5.6 Habitat

Les gastéropodes sont des invertébrés cosmopolites (Vernal et Leduc, 2000 ; Kerney et Cameron, 2015). Avec leurs grandes diversités, ils occupent une grande multitude d'habitats et de climats, depuis les forêts les plus humides jusqu'aux régions les plus arides (Barker, 2001a). Certaines espèces sont adaptées à une vie d'amphibie, un phénomène observé chez de nombreuses espèces des Succinidae. D'autres, comme *Cernuella virgata*, *Xerosecta cespitum* et les Cochlicellidae préfèrent les milieux ouvert et plutôt sec, ces espèces utilisent la végétation qui s'y trouve pour s'accrocher en attendant le retour des conditions favorables à leur activité.

5.7 Dispersion

La dispersion représente tout mouvement d'individu ou de propagule ayant des conséquences potentielles sur le flux de gêne dans l'espace (Ronce, 2007). La dispersion, en favorisant l'éloignement entre apparentés, permet également d'éviter les conséquences délétères de la consanguinité (Guillaume et Perrin, 2006 ; Szulkin et Sheldon, 2008). Il peut néanmoins être difficile de séparer ce qui relève de l'évitement de la consanguinité de ce qui relève de l'évitement de la compétition entre apparentés (Perrin et Goudet, 2001 ; Ronce, 2007).

Chez les gastéropodes terrestres, la dispersion est un processus essentiellement passif, assuré par le vent et l'Homme (Dôrge et *al.,* 1999). En termes de dynamique des populations, les

colonisations et les flux des gènes aux échelles locales sont plus pertinents (Aubry et *al.*, 2006). Par ailleurs, les coûts de la dispersion jouent un rôle très important dans l'évolution de ce comportement (Bonte et *al*., 2012). Le coût énergétique chez ce groupe zoologique est l'un les plus élevé dans le règne animal (Denny, 1980), avec une perte importante d'eau pendant leurs déplacements, par la sécrétion de mucus, qui est constitué de 90% d'eau (Luchtel et Deyrup-Olsen, 2001).

La vitesse très lente des mollusques augmente le temps investi dans ce phénomène au détriment des autres activités telle que la reproduction (Bonte et *al.*, 2012), ce qui les rend plus exposés aux prédateurs (Barker, 2004). Cowie (1980) a montré que la distance parcourue par *Cernuella virgata* variait selon l'habitat dans lequel l'espèce se trouve.

5.8 Effet de la densité de la population

Pour échapper aux mauvaises conditions climatiques, les pulmonés ont tendance à se regrouper, ce qui mène à une augmentation de la densité de la population (Cook, 2001). Bien que ce comportement ait pour but de faire face aux mauvaises conditions, des effets négatifs se manifestent par des interactions directes qui sont l'effet de groupe. D'après Grassé (1946), l'effet de groupe est lié à la réception par l'individu de certains stimuli qui émanent de ses semblables. Selon le même auteur, des interactions indirectes sont représentées par l'effet de masse qui se traduit par modification de l'habitat.

5.9 Parasitisme et Prédation

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

5.9.1 Parasitisme

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

D'après Grewal et *al.* (2003), les nématodes sont les principaux parasites des gastéropodes terrestres. Ils utilisent les escargots et limaces en tant qu'hôtes intermédiaires ou hôtes définitifs par le phénomène de nécromancie (Lockyer et *al.,* 2004 ; Petersen et *al.,* 2015). Les parasites peuvent utiliser les escargots et les manipuler, comme le fait le *Leuchocloridium* spp qui infecte l'animal et s'installe au niveau des tentacules, il les transforme pour ressembler aux chenilles avec une fluorescence. Ceci rend l'escargot plus visible et attirant pour les

oiseaux prédateurs qui eux même constituent l'hôte définitif de ce parasite (Wesolowska et Wesolowski, 2014).

5.9.2 Prédation

Les gastéropodes terrestres subissent une forte pression de prédation, allant des gastéropodes carnivores, jusqu'à l'homme (Barker, 2004). La prédation des gastéropodes par les reptiles est courante dans la nature, mais elle n'est pas largement reconnue comme étant importante dans la régulation des populations de mollusques. Les lézards, les tortues et les crocodiliens se nourrissent de mollusques, mais ces animaux doivent être considérés comme des généralistes (Laporta-Ferreira et Salomao, 2004).

Des travaux sur le régime alimentaire des oiseaux et des mammifères dans différentes parties du monde suggèrent que le nombre d'espèces qui incluent des gastéropodes terrestres dans leur alimentation est faible par rapport à d'autres grands groupes de proies, tels que les arthropodes (Allen, 2004).

Figure 10 : Prédation des gastéropodes terrestres par larve de coléoptère (Originale, 2019).

6 Intérêt des gastéropodes terrestres

Les gastéropodes terrestres présentent un intérêt économique, médicale, thérapeutique, ainsi ils sont des excellents bios-indicateurs de pollution dans les habitats.

6.1 Intérêt médical et thérapeutique

Les mollusques (terrestres ou marins) sont utilisés depuis l'antiquité à des fins thérapeutiques et cosmétiques. L'utilisation des gastéropodes pour le traitement des brûlures et des doleurs d'estomac est documentée (Bonnemain, 2003). De plus, l'usage de ces animaux dans le traitement des infections respiratoire et de la tuberculose est mentionné (Reutter, 1916 ; Cadart, 1955), ainsi de la maladie de la fertilité féminine (Cranga et Cranga, 1991).

Plus récemment, l'utilisation de l'acide gras α-linolénique, extrait des gastéropodes, dans le traitement des maladies cardiovasculaires (Lanzman-Petithory, 2001). Et la Latine « Helix Pomatia Agglutinine (HPA) » isolée à partir de l'escargot terrestre *Helix pomatia*, est utilisée dans le dépistage précoce de cancer du sein (Dwek et *al.,* 2001).

6.2 Bio-indicateurs de pollution des écosystèmes

L'utilisation des invertébrés pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes à une longue histoire dans les milieux aquatiques et terrestres. Dans les milieux terrestres, la faune du sol, notamment les gastéropodes terrestres, est reconnue comme des indicateurs écologiques pertinents (Gimbert, 2006).

La diversité d'habitat des gastéropodes terrestres et leur comportement durant leur cycle de développement leur procure une capacité d'accumuler les contaminants de sol, l'eau et l'air. En effet, ces animaux sont capables d'assimiler ces contaminants lors de leur déplacement et leur nutrition par des végétaux irrigués par des eaux usées et polluées. En fin, la respiration pulmoné des gastéropodes terrestres leur confère la faculté d'accumuler des polluants de l'air de différentes origines. Vu la faible mobilité de ces organismes et leur dispersion restreinte, les escargots et les limaces sont des excellents bios indicateurs de pollution dans des écosystèmes (Watters et *al.,* 2005). De nombreuses études ce sont penchées vers l'étude de la capacité de ces animaux d'accumuler des métaux lourds comme le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le cadmium (Cd), l'aluminium (Al), ceci par la mesure de la concentration de ces polluants dans de différents organes des gastéropodes (Meincke et Scaller, 1974 ; Brooks et *al.,* 1992 ; Viard et *al.,* 2004). Hamdi-Ourfella et Soltani (2014) confirment que l'espèce *Cantareus apertus* est un invertébré bioindicateur de pollution de sol, et cette espèce peut être retenue dans la biosurveillance de la qualité des sols.

6.3 Intérêt économique

Dans les temps préhistoires, les humains ont consommé la chair d'escargot. Cette chair est riche en protéine (12-16%), en fer (45-50mg/kg) et elle contient presque la tous les acides aminés indispensable au corps humain, néanmoins, elle est pauvre en lipide (Cobbinah et *al,*. 2008).

La viande des escargots constitue une part substantielle dans les régimes alimentaire des humains (Aubert, 1998), notamment dans les régions forestières d'Afrique du l'Ouest comme le Ghana, Nigeria et Cote d'Ivoire (Cobbinah et *al,*. 2008). Ces derniers ajoutent que le commerce international d'escargots fleurit en Europe et en Amérique du nord.

Chapitre II
Présentation des régions d'étude

Dans le but d'étudier l'écologie des gastéropodes terrestre, l'abondance relative, les variations de la densité, ainsi la fréquence d'occurrence de chaque espèce, des régions d'échantillonnage ont été choisies et étudiées.

1 Choix des stations

La malacofaune algérienne demeure mal connue, les inventaires sont un moyen essentiel pour compléter les travaux qui ont été déjà faits sur la biodiversité et la dynamique des escargots et limaces terrestres.

Nous avons opté pour un plan d'échantillonnage raisonné. Les stations n'ont pas été choisies aléatoirement, mais là où il y avait le plus de chance d'observer des mollusques gastéropodes et pour dresser la liste des espèces de chacun des milieux définis. Le choix des stations d'échantillonnage s'est basé sur les conditions écologiques, conditions climatiques, édaphiques et couvert végétal, permettant l'installation des escargots et limaces dans ces zones. L'accessibilité et la sécurité des régions d'études ont joué un rôle primordial dans ce choix.

Pour tendre vers l'exhaustivité de l'inventaire, et en complément des prélèvements de sol et de la litière, de piégeage et des observations directes dans les stations choisies, des prospections se sont déroulées sur des surfaces de 200 m² environ, durant une quinzaine de minutes dans d'autres régions du pays.

2 Présentation des régions d'étude

L'étude des peuplements malacologiques s'est déroulée au nord-centre de l'Algérie, au niveau de deux wilayas, Alger et Boumerdes, deux régions côtières et adjacentes. Elles se situent à la rive sud de la mer méditerranée, avec une superficie totale de 2646 Km^2.

Les limites administratives de ces régions sont la mer méditerranée au Nord, wilaya de Tizi-Ouzou à l'Est, les Wilayas de Blida et Bouira au Sud et la wilaya de Tipaza à l'Ouest (Fig. 11).

La wilaya d'Alger occupe une superficie de 1190Km^2, avec des coordonnées géographiques de 36° 46′ 34″ N 3° 03′ 36″ E. La région de Boumerdes s'étale sur une superficie de 1456 km^2, avec des coordonnées géographiques de 36° 46′ 00″ N 3° 29′ 00″ E.

Neufs stations ont été échantillonnées régulièrement pendant une année au rythme d'un échantillonnage par mois durant les années 2018 et 2019 (Tab. 1).

Tableau 1 : Stations d'échantillonnage au niveau de la région d'étude

Station	Coordonnées	Altitude (m)	Pente (%)	Exposition
Ain Benian	36°48'16"N 2°55'52"E	25	5	Nord
Dely Ibrahim	36°45'14"N 2°59'07"E	260	40	Nord
Douera	36°39'45"N 2°57'10"E	100	10 à 15	Sud
Sidi Moussa	36°36'55"N 3°05'19"E	41	5	Est
Tamentfoust	36°48"09'N 3°14'21"E	20	5 à 10	Ouest
Afir	36°54'02"N 3°58'21"E	10	10	Nord-Ouest
Corso	36°45'59"N 3°26'49"E	10	30	Nord
Issers	36°43'49"N 3°39'44"E	25	5 à 10	Nord
Chabet El Ameur	36°40'42"N 3°40'07"E	140	10 à 20	Sud

2.1 Ain Benian

La station de Ain Benian se situe dans la banlieue Ouest d'Alger à environ 12 km au Nord-Ouest du chef-lieu de la wilaya (Alger-centre), à une altitude de 25 m avec les coordonnées géographiques de 36°48'16"N 2°55'52"E. C'est une station caractérisée par une exposition Nord et une pente de 5% environs. C'est une région côtière avec une présence humaine élevée, le climat dominant est méditerranéen. La station d'échantillonnage est une petite friche à végétation herbacée dominante notamment les graminées.

2.2 Dely Ibrahim

La station de Dely Ibrahim est une région urbaine dans la banlieue Nord d'Alger, avec une forte action anthropique, elle se localise à 8 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya d'Alger, à une altitude de 260 m. Ses coordonnées géographiques sont 36°45'14"N 2°59'70"E, elle se caractérise par une exposition nord et une pente de 40% environs. La station d'échantillonnage est une zone rurale où domine la végétation herbacée.

2.3 Douera

Douera est une région rurale, a présence humaine moyenne. Elle se situe à environ 30 km au Sud-Ouest de la capitale, Alger, à une altitude de 100 m et une superficie totale de 42 km^2.

La station d'échantillonnage est une terre privée, avec des données géographiques de 36°39'45"N 2°57'10"E, à une exposition Sud et une pente de 5 à 10%.

La strate herbacée domine la végétation du milieu, la strate arborescente est dominée par l'olivier (*Olea europaea* L.).

2.4 Sidi Moussa

Sidi Moussa est une commune de la wilaya d'Alger, se situant dans la banlieue Sud-Ouest d'Alger à environ de 25 km au Sud. Elle s'étend sur une superficie de 39 km^2, son altitude est de 41 m. Les coordonnées géographiques sont 36°36'55"N 3°05'19"E.

La station d'échantillonnage est une zone agricole à culture d'agrume, avec des graminées qui dominent la strate herbacée. Des arbres de sapin bordent la station d'échantillonnage.

2.5 Tamentfoust

Tamentfoust est une région côtière qui se situe dans la commune d'El-Marsa, dans la banlieue Est d'Alger, à environ 25 km où elle constitue la pointe Est de la baie d'Alger.

L'échantillonnage a été réalisé au niveau d'une station aux coordonnées géographiques de 36°48"09'N 3°14'21"E, à une altitude de 20 m avec une pente de 5% environs et une exposition Ouest.

La site d'échantillonnage est un champ ouvert à vocation agricole, bordée d'une roselière qui offre un habitat parfait pour la prolifération des escargots terrestres.

2.6 Afir

Afir est une commune dans la wilaya de Boumerdes, d'une superficie de 62 km^2, elle se situe à environ 120 km à l'Est d'Alger, et à environ de 55 km à l'Est de chefs-lieux de la wilaya de Boumerdes.

La station d'échantillonnage, qui est une friche, à la frange marine, avec une altitude de 10 m et une exposition Nord et une pente de 10%. Ses coordonnées géographiques sont 36°54'02"N 3°58'21"E. La végétation dominante est l'inule visqueuse (*Dittrichia viscosa* L.) qui est une plante méditerranéenne.

2.7 Corso

Corso se situe à 25 km à l'Est de la ville d'Alger, à environ 10 km à l'Ouest de chef-lieu de la wilaya de Boumerdes, elle s'étend sur une superficie de 22 km^2.

La station d'échantillonnage est un habitat dunaire, au niveau d'une frange marine, avec une végétation herbacée (Graminées) et arbustive (Myrte = *Myrtus cummunis* L.). Ses coordonnées géographiques sont 36°45'59"N 3°26'49"E, son altitude est de 10m avec une pente d'environ 30%.

2.8 Issers

Issers est une commune de Sud-Est de la wilaya de Boumerdes, elle se situe à environ 20 km à l'Est du chef-lieu de la wilaya. Elle s'étend sur une superficie de 67 km^2. La station

d'échantillonnage, qui est une région rurale a vocation agricole, est localisée entre des coordonnées géographiques de 36°43'49"N 3°39'44"E, à 25m d'altitude avec une pente de 5 à 10 % environ. La végétation dominante est du type arborescent, avec la dominance de l'eucalyptus, et une roselière dense qui assure un taux élevé d'humidité.

2.9 Chabet El Ameur

Une commune de la wilaya de Boumerdes, Chabet El Ameur se situe à environ 42km au Sud-Est de la wilaya. Elle s'étend sur une superficie de 73km^2.

La station d'échantillonnage est une zone agricole, qui se trouve aux coordonnées géographiques de 36°40'42"N 3°40'07"E, à 140m d'altitude et une pente de 10 à 20%, avec une exposition Sud. La végétation dominante est arbustive qui est essentiellement du myrte (*Myrtus communis* L.) et des graminées pour la strate herbacée.

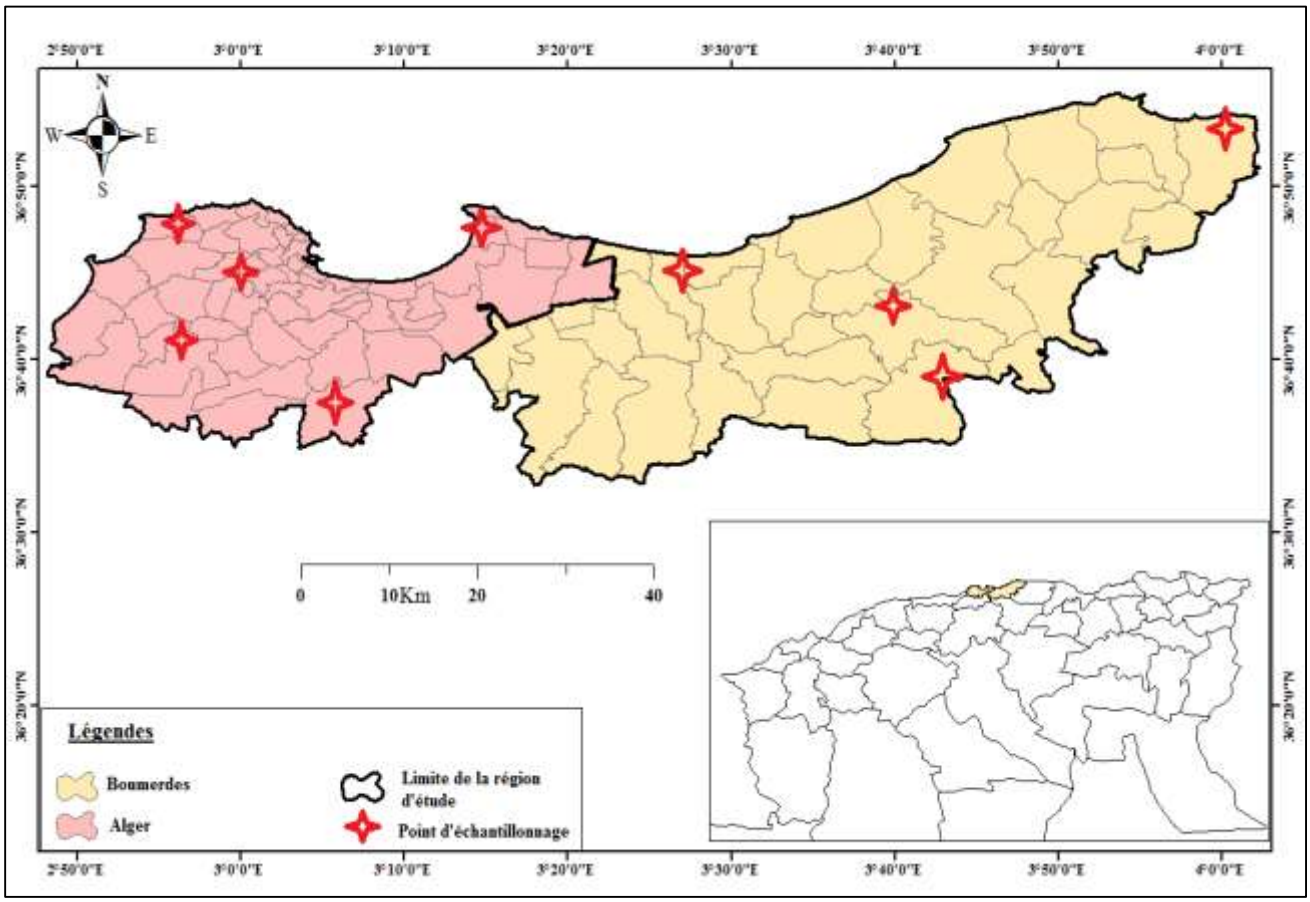


Figure 11 : Situation géographique des régions d'étude.

3 Hydrologie

Le territoire de la région nord centre algérien est traversé par un important réseau hydrographique. Outre les petits cours d'eau, il existe plusieurs oueds avec des débits

importants en saison humide tel que, oued El Harrache, Oued Beni Messous et oued El Kerma à Alger, oued Issers, oued Larbatache et oued Khedra à Boumerdes (Fig. 12).

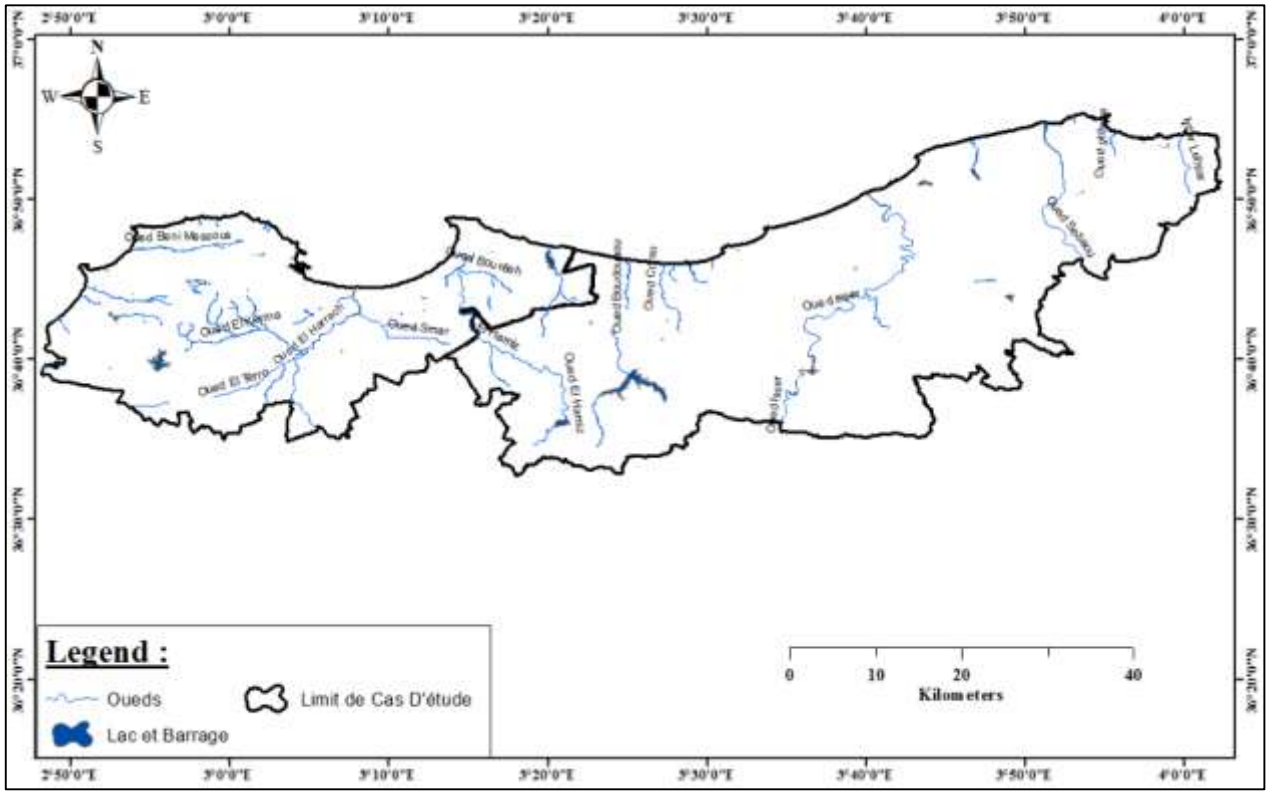


Figure 12 : Carte hydrologique de la région d'étude.

4 Facteurs climatiques

Dans toutes études écologiques et de fonctionnement des écosystèmes, l'étude du climat et le bioclimat est une étape indispensable. En effet, les facteurs climatiques majeurs, tels que les températures, les pluviométries et l'humidité, agissent directement sur le couvert végétal ainsi le développement et la distribution de la faune et de la flore.

L'analyse de ces facteurs sur une base des données moyennes sur plusieurs années est nécessaire pour une meilleure connaissance de la faune malacologique des stations d'études. Pour cette étude climatique, nous avons retenu pour les températures, les précipitations et l'humidité, les données de la station météorologique d'Alger et de Boumerdes sur deux années d'étude allant de janvier 2018 à décembre 2019.

En général, le climat du nord de l'Algérie est du type méditerranéen, avec des hivers humides et doux, et des étés chauds et secs.

4.1 Température

La température a un effet important sur l'activité des invertébrés, l'effet de ce facteur sur l'activité des escargots pulmonés a était étudié par plusieurs auteurs, citons les travaux de Dainton (1943, 1954a, b) et Baker (1973).

Selon Ramade (2003), la température contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère.

Les valeurs moyennes des températures maximales (Tmax), minimales (Tmin) et moyennes (Tmoy), des régions d'Alger et de Boumerdes et cela durant la période d'étude (2018/2019) sont représentées dans la figure 13.

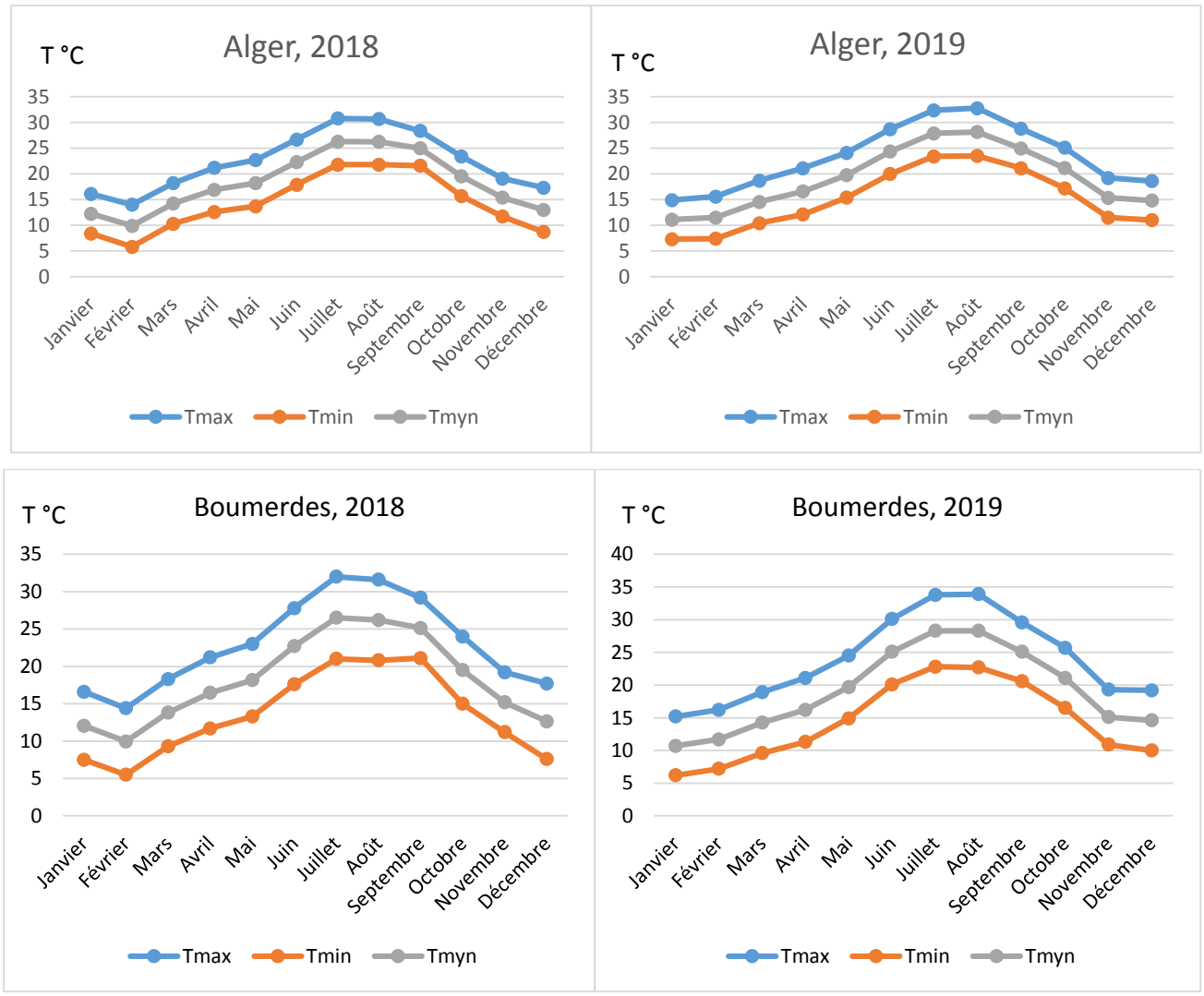


Figure 13 : Températures minimales, maximales et moyennes des régions d'Alger et de Boumerdes entre 2018-2019 (ONM, 2020).

D'après les résultats présentés dans la figure 13, le mois le plus chaud en 2018 est le mois de juillet avec une valeur de 30.8°C pour la région d'Alger et de 32°C pour Boumerdes. Quant à l'année 2019, le mois le plus chaud est août avec 32.8°C pour Alger et 33.9°C à Boumerdes.
Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de février en 2018 avec des valeurs de 5.5°C à Alger et 5.8°C à Boumerdes. Tandis qu'en 2019, le mois le plus froid est janvier avec 6.2°C à Alger et 7.3°C à Boumerdes.

4.2 Précipitations

Les pluies qui tombent en Algérie sont d'origine orographique et torrentielle, elles varient avec l'altitude (Seltzer, 1946).
La région d'Alger a enregistré une pluviométrie moyenne annuelle de 864mm pour la période de 2018 et de 481mm pour l'année 2019, les précipitations les plus importantes sont enregistrées durant les mois de mars et octobre en 2018 et durant les mois de janvier et novembre pour l'année 2019.
Pour la région de Boumerdes, la pluviométrie moyenne annuelle est de 889mm en 2018 et de 535mm en 2019. Les précipitations les plus importantes sont enregistrées durant les mois de février, mars, avril et novembre pour l'année 2018, et durant les mois de janvier et décembre pour 2019.
Les valeurs moyennes mensuelles enregistrées au niveau des régions sont représentées dans la figure 14.

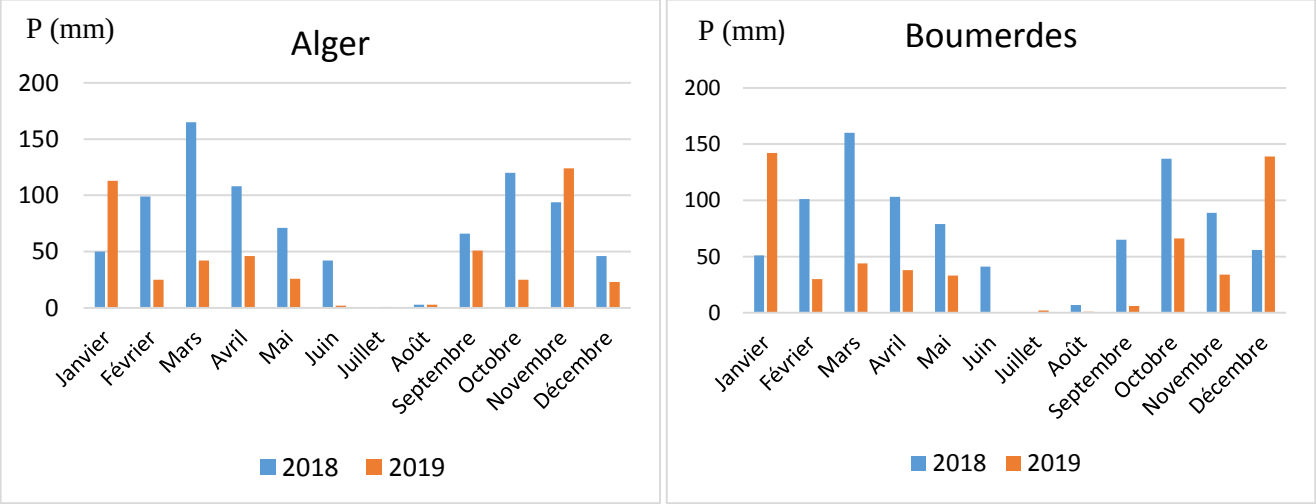


Figure 14 : Précipitations moyennes mensuelles des régions d'Alger et de Boumerdes entre 2018 et 2019 (ONM, 2020).

Le régime moyen mensuel des précipitations dans les deux régions d'études et dans les deux années d'étude a connu deux pics.

En 2018, le premier pic est enregistré au mois de mars avec une valeur de 160mm à Boumerdes et 165 mm à Alger. Le deuxième est au mois d'octobre avec 137 mm à Boumerdes et 120mm à Alger.

En 2019, nous avons enregistré deux pics de précipitation pour les deux régions. Le premier est noté au mois de janvier avec des taux de 142 mm à Boumerdes et 133 mm à Alger. Le deuxième est au mois de novembre avec une valeur de 139 mm à Boumerdes et 124 mm à la région d'Alger.

4.3 Humidité relative

L'humidité relative représente le pourcentage de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'air par rapport à la quantité maximale que pourrait contenir l'atmosphère dans les mêmes conditions de température et de pression. Elle influence directement la croissance des végétaux, mais aussi certains animaux (Dajoz, 1982).

Faurie et *al*. (2003) suggèrent que l'humidité est régie par plusieurs facteurs comme la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations (orage ou pluie fine) ainsi que les températures.

Les gastéropodes terrestres pulmonés présentent une teneur en eau de leurs tissus en relation directe avec la température et l'humidité du milieu ambiant (Damerdji et Benyoucef, 2006). Tous les pulmonés ont besoin d'eau, ou d'air humide (Grassé et Doumenc, 1995).

Les valeurs des moyennes mensuelles de l'humidité relative durant les années d'études dans les régions d'Alger et de Boumerdes sont présentées dans la figure 15.

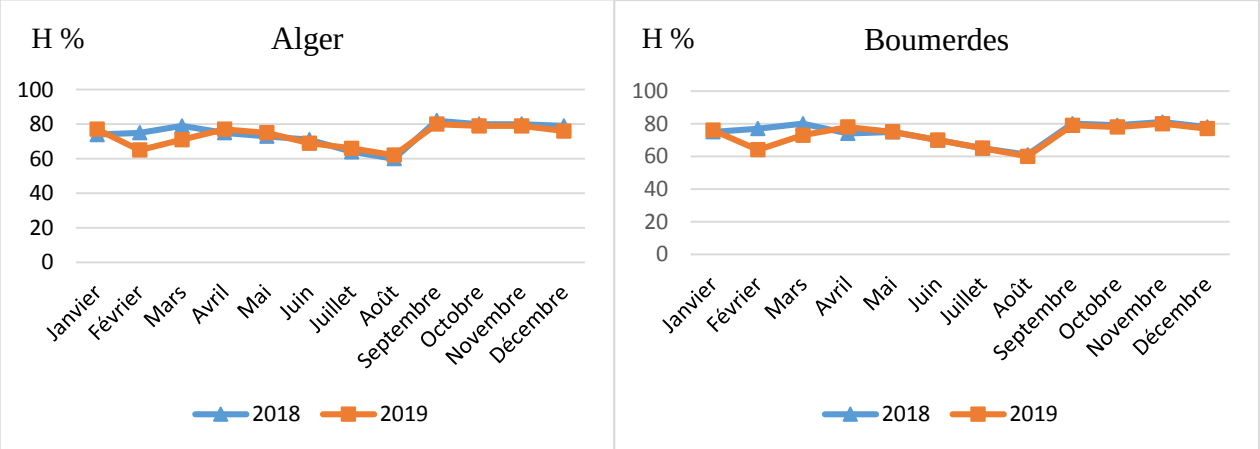


Figure 15 : Humidité relative moyenne mensuelle des régions d'Alger et de Boumerdes entre 2018- 2019 (ONM, 2020).

L'humidité moyenne mensuelle est importante et les taux dépassent les 60% durant toutes les années de prospections et au niveau des deux régions. À Alger, les valeurs minimales sont

enregistrées en mois d'août avec un taux de 60% pour l'année 2018 et 62% pour l'année 2019. Au niveau de la région de Boumerdes, les valeurs minimales de l'humidité relative ont été enregistrées durant le mois d'août pour les années 2018 et 2019 avec des taux de 61% et 60% respectivement.

4.4 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen a pour utilité de déterminer les saisons sèches et humides des régions d'étude et leurs durées. Est considéré un mois biologiquement sec quand la valeur du rapport entre les précipitations et la température est inférieur à 2 (P/T<2).

Sur la base de l'équation P=2T, nous avons réalisé les diagrammes Ombrothermiques des régions d'Alger et de Boumerdes pour les deux années d'étude (Fig. 16).

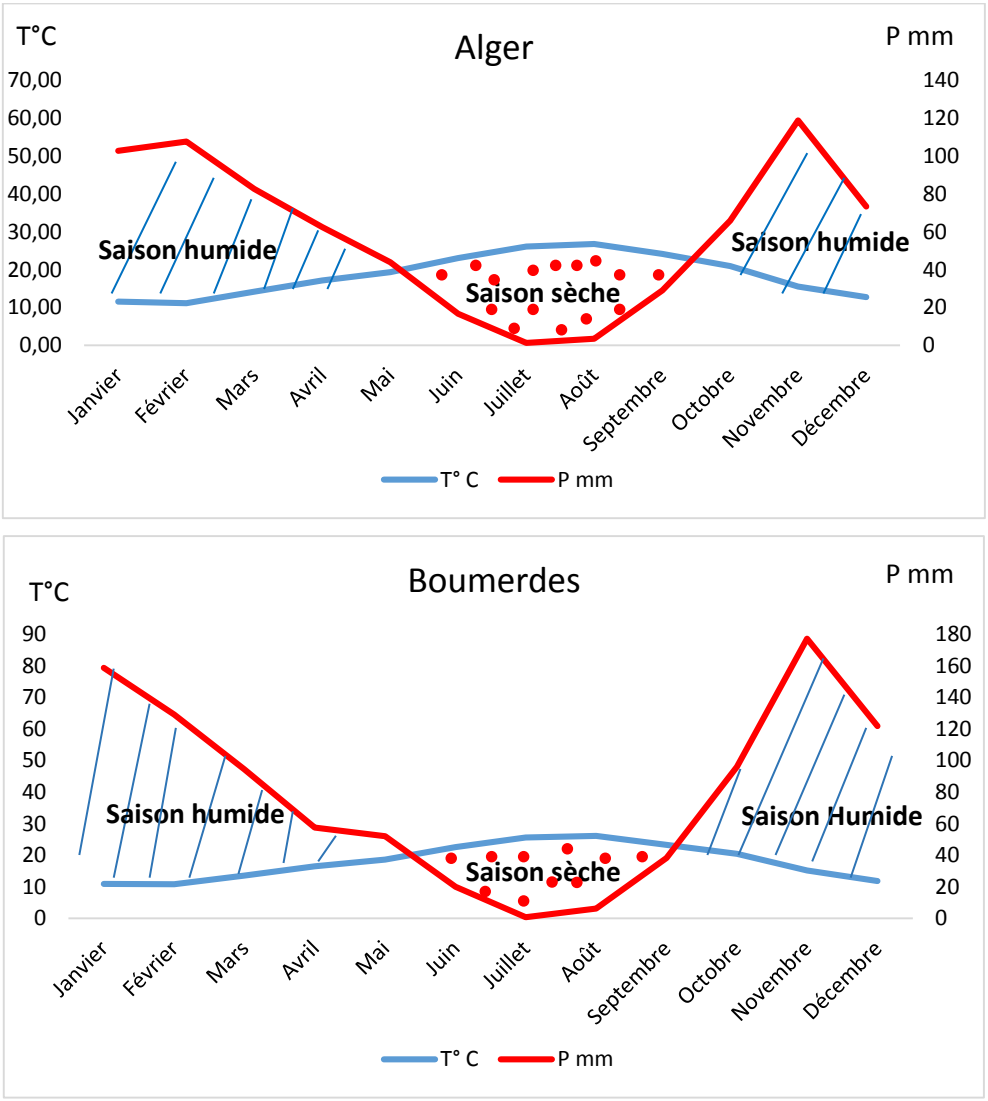


Figure 16 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen pourr les régions d'Alger et de Boumerdes durant la période de 2010-2019

L'analyse des deux diagrammes montre que pour la région d'Alger, la saison sèche est d'environ 4 mois et demi, elle s'étend de mois de mai jusqu'au début du mois de septembre. Tandis que la saison humide, elle dure environs 7 mois et demi, elle s'étend du mois de janvier jusqu'à la fin de mois de mai et début de mois de juin, et de mois de septembre jusqu'à la fin de mois de décembre.

Pour la région de Boumerdes, la saison sèche est d'environ 4 mois et demi, elle s'étend de mi-mai jusqu'au début du mois de septembre. Tandis que la saison humide, elle dure environs 7 mois et demi, elle s'étend du mois de janvier jusqu'à la mi-mai, et de mois de septembre jusqu'à la fin de mois de décembre.

4.5 Climagramme d'Emberger

Pour une approche bioclimatique de nos régions d'études, il est retenu le système d'Emberger connu pour la région méditerranéenne.

Emberger (1971) a établi un quotient pluviométrique (Q_2), représenté par le rapport entre les précipitations moyennes annuelles et les températures moyennes. Il se calcule par la formule suivante :

$$\mathbf{Q_2 = 2000\ P\ /M^2\text{-}m^2}$$

Avec : P (mm) ; M et m (T°K= T°C + 273.2).

Q_2 : quotient pluviométrique ;

P(mm) : Précipitation ;

M (°K) : Moyennes des maxima du mois le plus chaud ;

m (°K) : Moyennes des minima du mois le plus froid.

Q_2 (Alger) = 99.5

Q_2 (Boumerdes) = 132.2

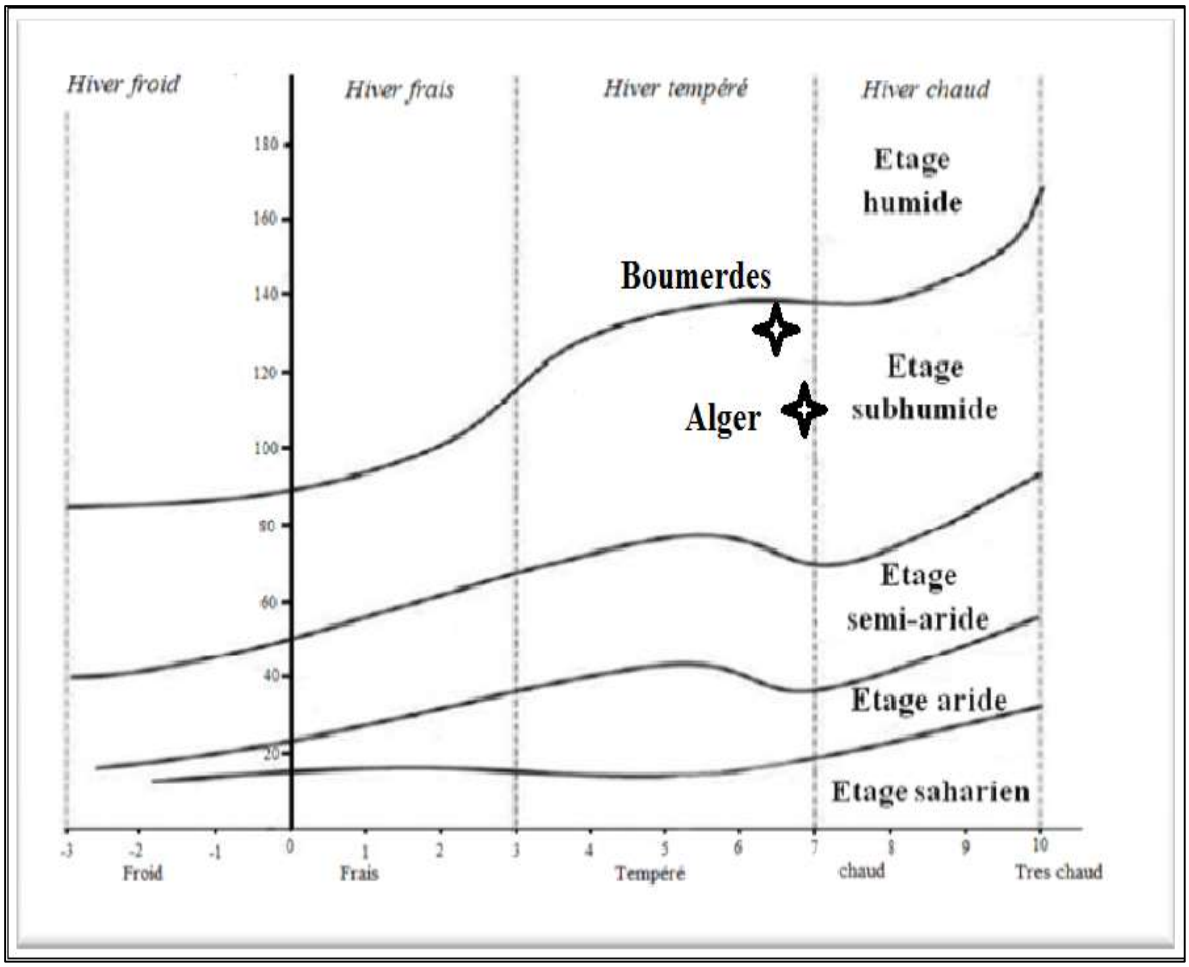


Figure 17 : Climagramme d'Emberger pour les deux régions d'étude durant la période de 2010-2019.

Le calcul du quotient pluviométrique (Q_2) des deux régions d'échantillonnage durant une période de 10 ans soit de 2010 jusqu'à 2019 montre que les deux régions se situent dans l'étage bioclimatique subhumide avec un hiver tempéré (Fig. 17).

Chapitre III
Matériel et Méthodes

L'entreprise d'une étude bioécologique ou biogéographique sur un groupe taxonomique donné et dans une région donnée requiert la connaissance de plusieurs éléments fondamentaux. Dans un premier temps, il est indispensable d'avoir une liste de référence des espèces sur le territoire étudié. Dans un second temps, il est nécessaire de mettre en place des stratégies d'échantillonnage, ainsi que des méthodes de prélèvement ou de récolte spécifiques au groupe étudié (Cucherat et Demuynck, 2008).

1. Méthodes de prélèvements

L'étude de la bioécologie des gastéropodes terrestres nécessite l'estimation de la densité et l'abondance dans leurs biotopes et d'une station à une autre et d'une saison à une autre.

Selon Falkner et *al.* (2001), il n'existe pas une méthode de prélèvement bien adaptée à toutes les situations, les méthodes sont largement dépendantes des moyens disponibles et du milieu étudié.

Les méthodes utilisées pour la présente étude sont celles présentées par Cucherat et Demuynck (2008), et utilisées par Bouaziz-Yahiatene et Medjdoub-Bensaad (2016), et qui sont : La chasse à vue, le tamisage de la litière, le piégeage par une planche de bois et/ou une bâche de plastique enfin, une épuisette pour la malacofaune dulçaquicole.

1.1.1 Recherche à vue

La recherche à vue est une méthode largement utilisée pour échantillonner les gastéropodes terrestres. Elle consiste en un ramassage des individus à la main vus à l'œil nu, sur une surface définie et cela pendant une durée moyenne de 30 minutes. Cette méthode est accessible à tous et elle ne nécessite pas de grands moyens, elle est très peu couteuse, elle nous permet d'observer les espèces dans leurs milieux. Cependant, l'inconvénient de cette méthode c'est qu'elle permet de récolter les individus de grande taille, visible à l'œil nu mais néglige les petites espèces. Afin de la compléter, d'autres techniques sont associées.

1.2 Tamisage de la litière

Pour les espèces de petite taille ou micros-escargots et ceux qui s'enfoncent dans les premières couches du sol, nous les récupérons par la méthode volumique. Elle consiste à passer un volume définie, 2 litres dans notre cas, de la litière par une série de tamisage de maille décroissant, de 5mm, 3mm et 2mm. Ensuite passer la fraction fine de cette litière sous une loupe binoculaire ce qui permet l'observation et la récolte de ces espèces (Fig. 18).

Figure 18 : Tamisage de la litière (Originale, 2019).

1.3 Piégeage

Les escargots et les limaces ont une activité nocturne, dans la journée ils cherchent les endroits humides et sombres, ils se réfugient sous les pierres et des feuilles mortes, sous les écorces de troncs d'arbres.

Afin de simuler la nature, nous mettons des planches de bois et/ou des bâches en plastique, dont le dessous est humidifié, après 4 à 5 jours nous récupérons les pièges. Cette méthode se montre plus efficace pour la capture des limaces (Fig. 19).

Figure 19 : Piégeages des escargots et les limaces (Originales, 2019).

1.4 Utilisation d'une épuisette

Les méthodes de prélèvement des gastéropodes dulçaquicoles ne sont pas bien définies (Cucherat et Demuyenck, 2008). Toutefois, l'utilisation des méthodes de prélèvement des micros invertébrés des eaux douces sont utilisées, dans ce travail une épuisette a été utilisée afin de prélever les gastéropodes dulçaquicoles.

L'utilisation d'une épuisette, munie d'un manche d'environ 150 cm de long et se termine par un anneau de 35 cm de diamètre et un filet de 0.5 mm de maille, sur la longue de la rive des plans d'eau afin de balayer vigoureusement les sédiments, la végétation et la surface de l'eau. Les échantillons sont lavés à travers un tamis et les escargots sont prélevés et identifiés sous une loupe binoculaire (Watson et Ormerod, 2004).

2. Technique d'étude

Sur le terrain, au niveau de chacune des régions retenues, des sites d'échantillonnage d'une superficie de 200m^2 sont définies. Le choix a été fait selon la sécurité et l'accessibilité des sites, ce choix est basé aussi sur l'homogénéité des habitats ainsi que la formation végétale.

Des sorties mensuelles sont faites pour une période d'une année pour chacune des stations, afin de faire un suivit écologique des peuplements de gastéropodes.

Pour les stations d'Ain-Benian, Daly-Ibrahim, Douera, Afir et Corso, les sortie ont commencé en janvier 2018 et ont pris fin en décembre 2018. De Juin 2018 au Mai 2019 aux Issers.

Au niveau de Chabet El Ameur, Sidi-Moussa et Tamentfoust l'échantillonnage s'est déroulé du mois de janvier 2019 jusqu'au mois de décembre 2019.

Afin d'élargir nos connaissances sur la biodiversité des mollusques terrestres en Algérie et d'enrichir l'inventaire des gastéropodes terrestres en espèces, nous avons effectué des prospections complémentaires et des inventaires qualitatifs dans d'autres régions et sites.

3. Tri et identification des espèces

Au laboratoire, les coquilles vides sont nettoyées et triées selon les ressemblances morphologiques. Nous les gardons pour l'élaboration d'une collection personnelle (Fig. 20).

La forme globale de la coquille et sa coloration, la présence ou l'absence des sculptures sur la coquille, la forme et la taille de l'ombilic, la forme de l'ouverture et la présence d'ornement à son niveau, la présence ou l'absence d'une carène sont des critères morphologiques aidant dans la détermination des espèces.

Pour certaines espèces, la forte variation morphologique rend l'identification par la coquille quasi-impossible, l'examen de l'appareil génital est nécessaire dans ce cas. Les petites espèces sont identifiées sous une loupe binoculaire.

Tous les spécimens ont été identifiés jusqu'au niveau taxonomique le plus bas en se basant sur les caractères de leur coquille en utilisant les clés d'identification établies par Welter-Schultes (2012) ; Audibert et Bertrand (2014) ; Kerney et Cameron (2006 ; 2015).

Figure 20 : Collection des escargots terrestres (Originale, 2019).

3.1 Nomenclature de base de la coquille

La spire de la coquille est enroulée autour d'un axe, la columelle, qui peut être pleine ou creuse. Chaque enroulement est un tour ; l'ensemble des tours, à l'exception du dernier, forme la spire dont le sommet est l'apex ou le protoconche ce qui constitue la coquille embryonnaire. La ligne de contact entre les tours forme la suture. Sur la face inférieure, le dernier tour cerne l'ombilic, qui peut être obturé chez certaines espèces, la taille de ce dernier est très important dans la détermination des espèces (Fig. 21).

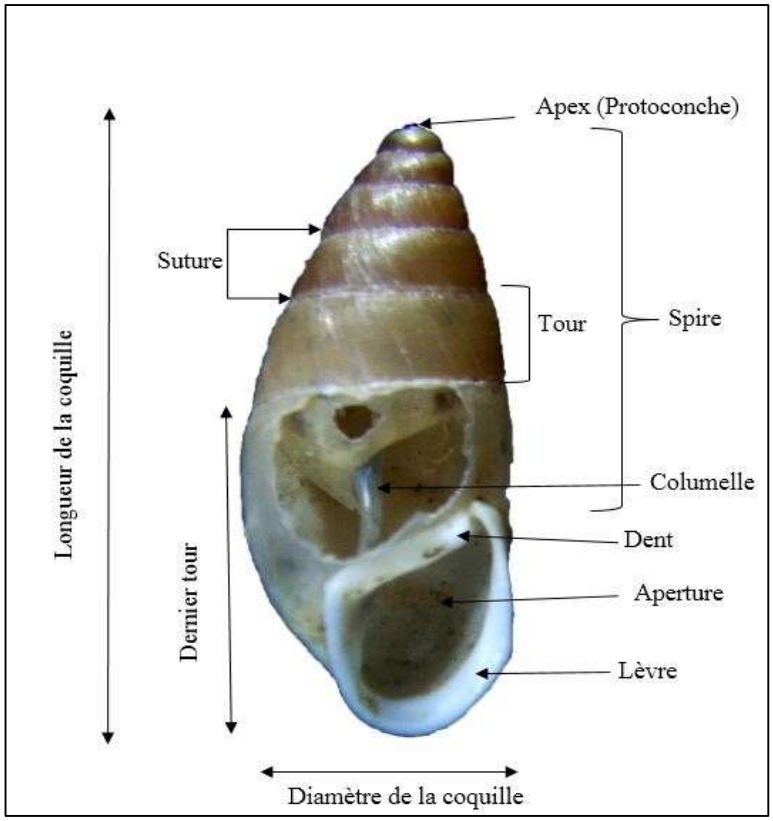


Figure 21 : Morphologie et nomenclature de la coquille d'un gastéropode terrestre *Mastus pupa* (Originale, 2019).

3.2 Mesure de la longueur et la hauteur et nombre de tours de la coquille

D'après Welter-Schultes (2012), le décompte du nombre de tours s'effectue sur le rayon tracé à partir du demi-cercle formé par l'apex. Dans le cas de la figure 22, nous avons une coquille de 3 tours complets et 1/4 de tours.

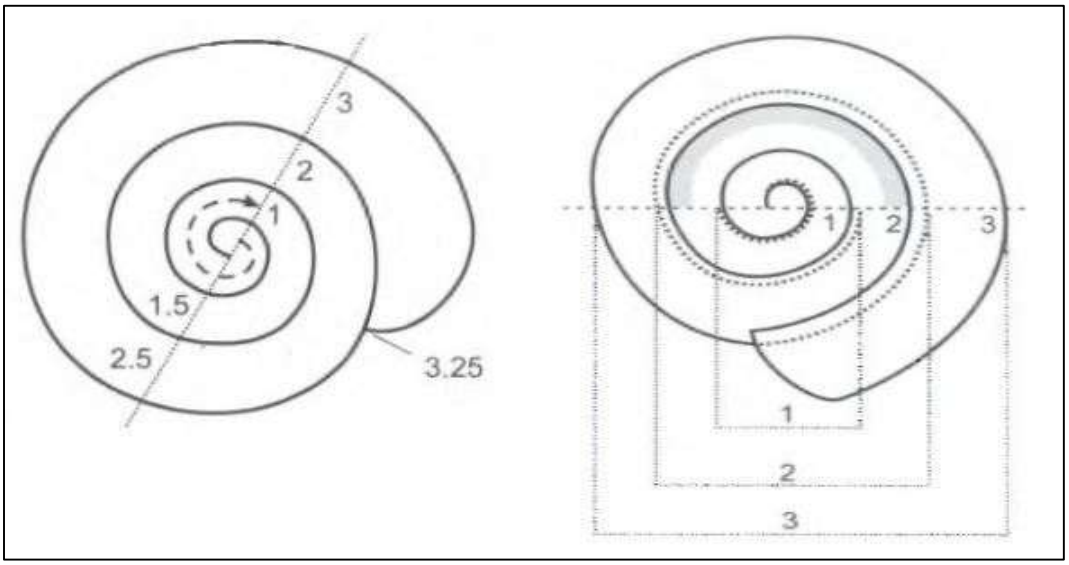


Figure 22 : Méthode de mesure la coquille et de comptage des tours (Welter-Schultes, 2012).

3.3 Forme générale de la coquille

Il est convenu par une majorité de scientifiques que l'espèce malacologique repose sur la combinaison de caractères conchyliologiques, c'est-à-dire issus de l'observation de la coquille, et anatomiques. En effet, la coquille est un élément très sensible aux conditions environnementales lors de son développement (Audibert et Bertrand, 2014).

Cependant, la silhouette, la forme générale de la coquille et sa taille sont les premiers critères à observer afin d'identifier les gastéropodes terrestre. En effet, plusieurs formes se sont définie afin de facilité la classification des escargots (Fig. 23).

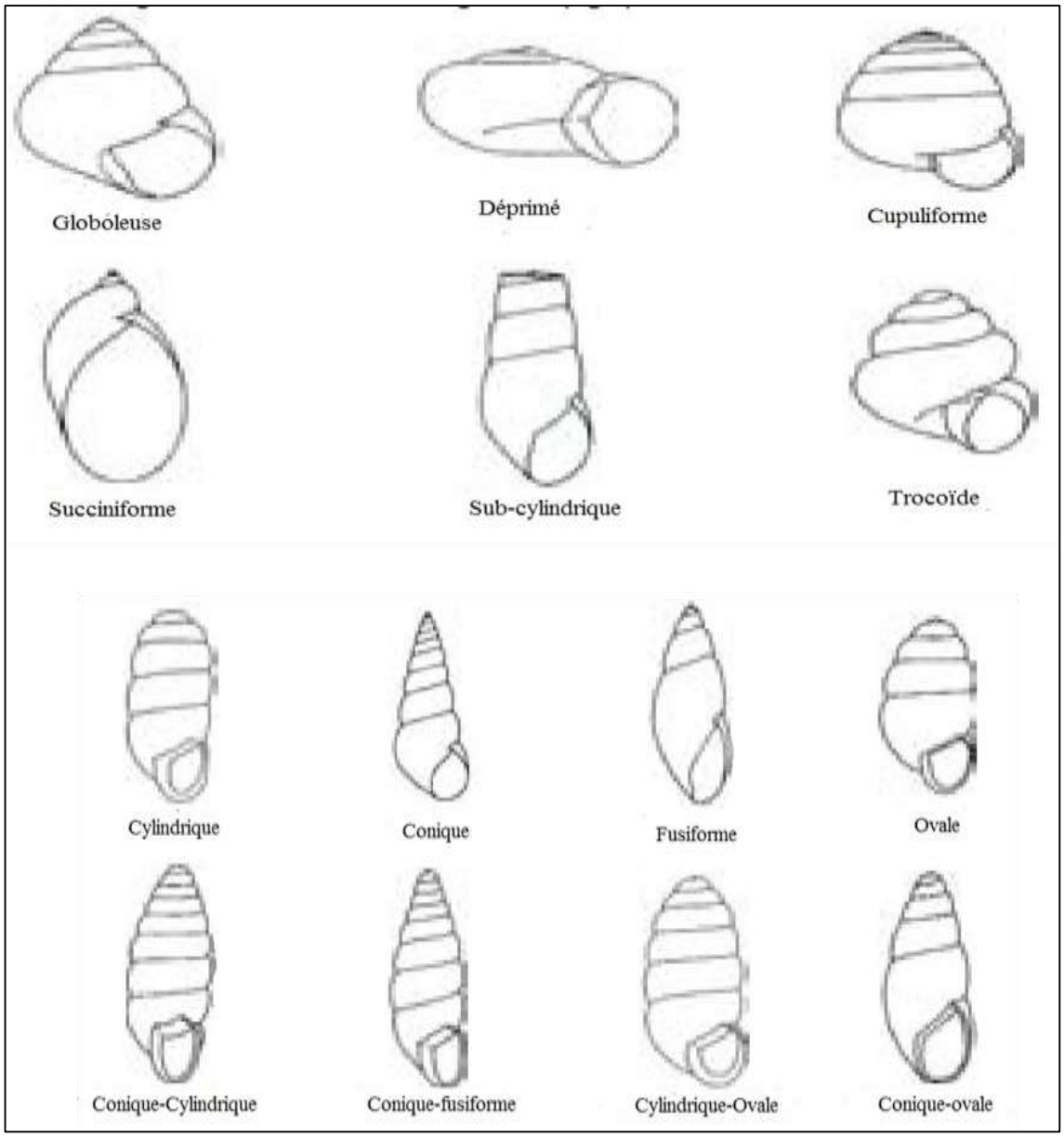


Figure 23 : Forme générale des coquilles des gastéropodes terrestres (Ruiz, 2006).

3.4 Type de sculpture sur la coquille

Pour mieux classer les espèces, un autre critère est pris en considération, le type des sculptures présentes sur les coquilles. La surface de la coquille est souvent ornée de stries, d'autres espèces peuvent posséder une striation plus fine ou une micro-sculpture faite de réticulation. Dans la plupart des cas, un fort grossissement est indispensable pour observer ces structures. Plusieurs espèces ont une coquille lisse ou brillante dépourvue de micros-sculptures. Quelques espèces peuvent avoir des poils d'autres des rides ou même des granules, les sculptures sont représentées dans la figure 24.

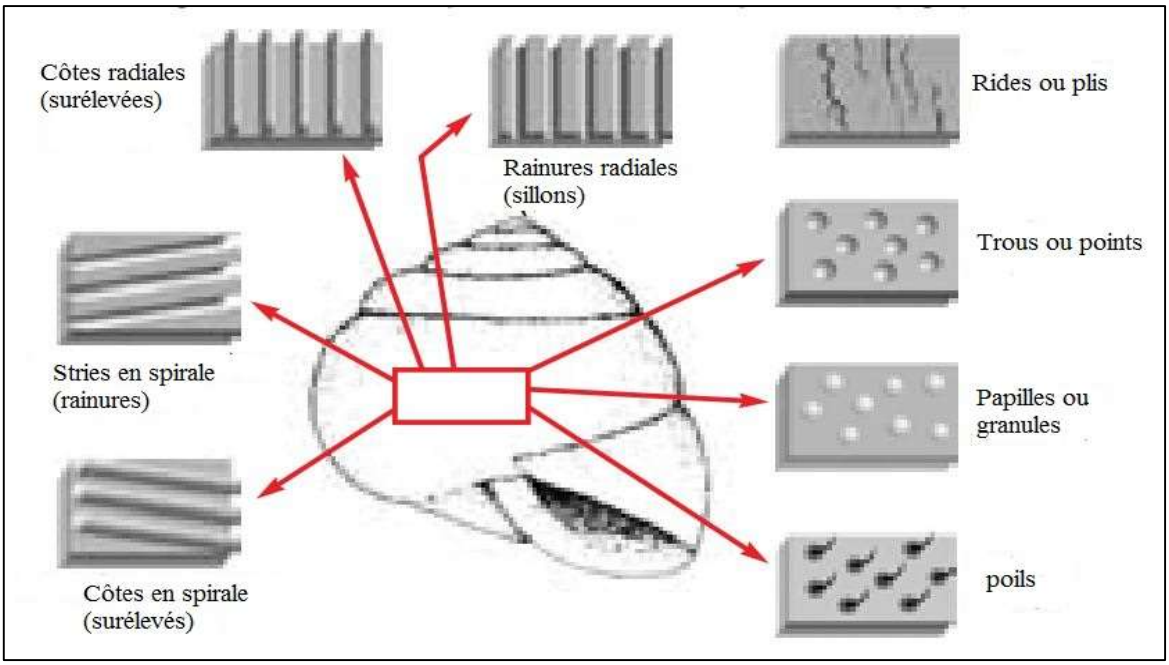


Figure 24 : Type de sculpture sur les coquilles des gastéropodes (Ruiz, 2006).

4. Méthodes d'étude des limaces

Le principal obstacle pour l'étude des mollusques terrestres réside dans la détermination des espèces. En effet, la systématique des gastéropodes terrestres de l'Algérie nécessite une révision majeure des taxons, notamment des limaces.

4.1 Généralités sur les limaces

Les limaces sont des mollusques gastéropodes pulmonés, dépourvues d'une protection naturelle, a l'inverse des autres gastéropodes qui se refuge dans leurs coquilles en mauvaises conditions. La tête des limaces se situe à la partie antérieure du corps, portant deux paires de tentacule rétractiles. Elles sont nocturnes, ayant besoin d'un taux élevé d'humidité.

Les limaces terrestres sont des gastéropodes hermaphrodites, leur appareil génital a une glande hermaphrodite, des organes mâles et des organes femelles. La glande hermaphrodite, généralement de couleur claire, est composée de plusieurs lobes, chacun d'entre eux étant constitué de nombreux acini sphériques. La taille de la glande change avec le changement de l'activité sexuelle. Le canal hermaphrodite est long par rapport aux autres parties et généralement très tordu dans la partie antérieure (Wiktor, 1987).

4.2 Identification des limaces

La morphologie externe joue un rôle très important dans la détermination des familles de limace. Les limaces sont dépourvues de coquille, elles en possèdent cependant une, cachée sous le manteau, la limacelle, qui se réduit parfois à quelques grains de calcaire (Milacidae,

Limacidae, Agriolimacidae), ou totalement absente (Arionidae), soit elles présentent une coquille petite à l'extrémité postérieure du corps (Testacellidae) (Fig. 25).

Les Milacidae possèdent une carène, elle est sur le long du dos, de la fin de manteau vers l'extrémité caudale (carène dorsale). Chez les Limacidae et Agriolimacidae, la carène est caudale, une petite crête situant à l'extrémité caudale de l'animal. Tandis que chez les Arionidae, les individus sont dépourvus d'une carène.

Certaines espèces proches sont difficiles à déterminer sans un examen des organes génitaux, d'autant que la variabilité des tailles et des couleurs peut être importante au sein d'une même espèce. La forme, la taille, l'organe stimulateur, les différents organes de l'appareil génital et les appendices qui vont permettre une détermination précise des différentes espèces.

Les espèces ont été classées au laboratoire par l'analyse morphologique des individus et des organes génitaux. L'identification des limaces est basée sur les travaux de Wiktor (1983, 1987, 2000); Giusti et *al.* (1995) ; Abbes et *al.* (2010).

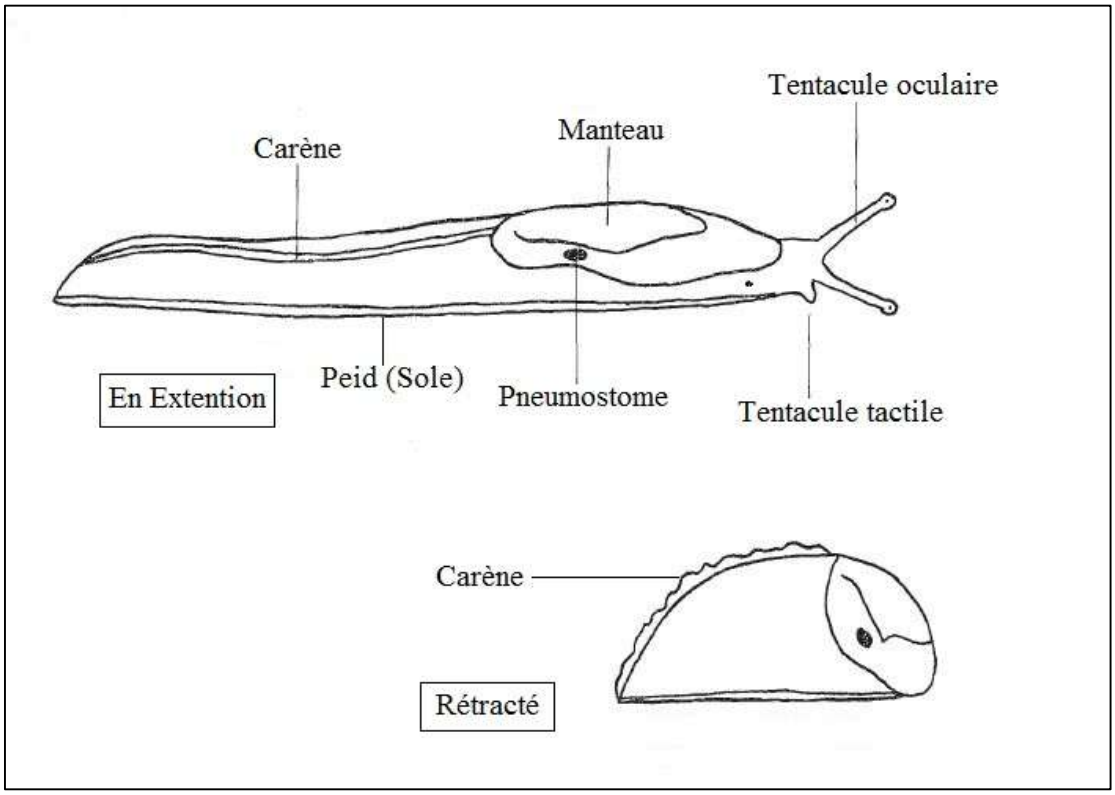


Figure 25 : Morphologie externe d'une limace (South, 1992).

4.3 Méthode de collecte et conservation

Les limaces ont une tendance à être nocturnes mais peuvent être facilement retrouvées pendant la journée sous les troncs d'arbre, les feuilles mortes ou sous les pierres. Le ramassage se fait à la main, les saisons les plus propices au prélèvement sur le terrain sont le

printemps et l'automne (Wiktor, 1987). Des notes sont prises sur le lieu et la date de la collecte ainsi que sur la taille et la couleur de la limace. Sont prises également plusieurs photographies (vues dorsale, ventrale et latérale) des spécimens.

Avant la conservation, les limaces doivent être sacrifiées lorsqu'elles sont complètement étendues. Le sacrifice se fait par leur noyade dans l'eau pendant 24 à 30 heures. Les limaces doivent rester ainsi jusqu'à leur mort, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'elles n'aient plus de réaction.

Les limaces mortes doivent être rincées du mucus aussi soigneusement que possible et mises dans de l'alcool éthylique à 75%. Afin de préserver la coloration, les limaces peuvent également être conservées dans du formol à 4%. Il est à rappeler qu'après ce type de conservation, les limaces ne peuvent plus être disséquées.

4.4 Méthode de dissection

Pendant la dissection, les limaces doivent être immergées dans le liquide de conservation. Si les spécimens n'ont pas été conservés, ils doivent être disséqués dans une solution saline physiologique ou dans une solution aqueuse de NaCl à 0,03%.

Sous une loupe binoculaire, la dissection doit commencer par l'incision du corps, avec une paire de ciseaux fins depuis la tête vers la partie caudale de l'animal en suivant la sole. Toujours du côté gauche, cela permet d'exposer tous les organes importants pour la systématique sans les endommager.

Dégager la peau du dos à l'aide des pinces fines et droites en sectionnant les muscles au ras de derme. Couper la peau du cou qui est fine pour dégager la tête, la masse blanche de l'appareil génital apparait à droite, juste derrière la tête.

Couper le tube digestif au ras de bulbe et la séparer avec précaution de l'appareil génital jusqu'à la glande hermaphrodite.

Enfin, enlever l'appareil digestif et étaler les différentes parties de l'appareil génital et les fixer avec des épingles fines (Fig. 26).

Figure 26 : Différentes étapes de dissection (Originale, 2019).

A : Incision ; **B :** Ouverture et fixation ; **C :** Isolement de l'appareil génital.

L'identification des limaces s'est faite par la comparaison des organes génitaux, après dissection, aux plusieurs travaux de références qui sont intéressé a l'anatomie des organes de reproductions des gastéropodes terrestres comme : Quick (1960) ; Wiktor (1983, 1987, 2000) ; Giusti et *al.* (1995) ; Abbes et *al.* (2010).

Les organes génitaux sont pris en photo en utilisant une loupe binoculaire munie d'un appareil a photo Optika version lite 2.0. Les dessins sont faits par Dr. LIBERTO FABIO, un chercheur indépendant en malacologie.

5. Analyses physico-chimiques des sols

Ondina et *al.* (2004) confirment qu'il existe une corrélation entre les propriétés physico-chimiques du sol avec la distribution des gastéropodes terrestres, et les majeurs facteurs influençant cette distribution sont le pH et la texture du sol.

Pour cela nous avons jugé nécessaire de réaliser des analyses physico-chimiques des sols échantillonnés dans nos stations d'étude.

5.1 Préparation des sols

Au niveau de chaque station d'échantillonnage, une quantité du sol d'environs 1kg a été prélevée et transporter dans des sachets en plastique.

Au laboratoire, ils sont étalés sur du papier journal et séchés à l'air libre pendant 2 à 3 jours, puis sont broyés. Après broyage, un tamisage à l'aide d'un tamis de mailles de 2mm, pour obtenir la fraction fine de chaque sol pour l'analyse.

5.2 Calcaire total

Le calcaire total est la quantité de calcaire sous forme de carbonates dosée par une destruction à l'acide chlorhydrique. En effet, l'acide chlorhydrique attaque également d'autres carbonates tels que $MgCO_3$.

Le dosage du calcaire total se fait par attaque du carbonate de calcium par de l'acide chlorhydrique, selon la réaction suivante :

$$\mathbf{CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O}$$

Deux méthodes sont utilisées pour le dosage du calcaire total, par la mesure du CO_2 dégagé, c'est la méthode gazeuse. La seconde dite volumétrique, consiste à titrer l'excès d'acide chlorhydrique par la soude.

La méthode volumétrique consistant à attaquer le sol avec de l'acide chlorhydrique et effectuée par un titrage par la soude en présence de la phénolphtaléine. Pour le calcul, la formule suivante est utilisée.

$$\mathbf{CaCO_3\ (\%) = (Vt\text{-}Ve) \times 12.5}$$

Vt : Volume témoin.

Ve : Volume échantillon.

5.2.1 Mode opératoire

Le dosage de calcaire total contenu dans les sols étudiés a été mesuré selon le protocole suivant :

- Peser 1g de terre tamisée à 2mm dans un bêcher de 250ml ;
- Ajouter 20ml d'acide chlorhydrique (1N) ;
- Ajouter 100ml d'eau distillée ;
- Porter le bêcher dans le bain de sable à 60°C et agiter de temps à autre pendant 45 minutes ;
- Laisser bouillir pendant quelques minutes ;
- Après refroidissement, filtré dans une fiole de 250ml ;

- Bien laver la terre ;
- Ajuster à 250 ;
- Prélever 100ml du filtrat et porter dans un bêcher de 400ml ;
- Ajouter quelques gouttes (03) de phénolphtaléine à 2% ;
- Titrer le reste d'acide chlorhydrique par la soude (1N) ;
- Le virage a lieu vers le rouge violacé.

5.2.2 Interprétation

Pour classer les sols, les appréciations suivantes peuvent être utilisées :

$CaCO_3$ (%) < 1% Non calcaire ;

1% < $CaCO_3$ (%) < 5% Peu calcaire ;

5% < $CaCO_3$ (%) < 25% Modérément calcaire ;

25% < $CaCO_3$ (%) < 50% Calcaire ;

50% < $CaCO_3$ (%) < 80% Très fortement calcaire.

5.3 Matière organiques

L'appréciation de la matière organique d'un sol consiste à doser le carbone organique par la méthode de Anne. Le principe de cette manipulation repose sur l'oxydation du carbone en CO_2 par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique à chaud. L'excès de bichromate est titré à froid par une solution de sel de Mohr (Aubert, 1978). Le calcul du pourcentage de matière organique du sol est obtenu en utilisant la formule suivante :

$$\boldsymbol{Mo\% = (V_t - V_e) \times 2 \times 0.615 \times 1.72}$$

Vt : Volume du témoin.
Ve : Volume de l'échantillon

5.3.1 Mode opératoire

Le dosage de calcaire total contenu dans les sols étudiés a été mesuré selon le protocole suivant

- Peser un 1g de sol séché à l'air libre et tamisé à 0.5mm ;
- Introduire la prise d'essai dans un ballon de 500ml ;
- Ajouter 10ml de la solution de Bichromate de potassium. Deux témoins seront préparés (un sans l'échantillon de sol pour valider la normalité de la solution de sulfate de fer) ;
- Ajouter lentement 20ml d'acide sulfurique concentré ;

- Agiter le ballon et le placer sur un bain de sable ; chauffer jusqu'à l'ébullition pendant 30min ;
- Ajouter 250ml d'eau distillée et 10ml d'acide phosphorique, laisser refroidir ;
- Ajouter 1ml d'indicateur, et titrer avec la solution de sulfate de fer ;
- Le virage est obtenu lorsque la couleur de la solution titrée vers la couleur verte.

5.3.2 Interprétation

La classification du sol selon la MO% est donnée par le Tableau 2.

Tableau 2 : Classification des sols selon le taux de la matière organique (Baize, 1988)

Matière organique (MO%)	**Qualification**
<1.4	Très pauvre en M.O
1.4<MO<2	Pauvre en M.O
2<MO<3	Argile < 22% Bien pourvu en M.O
	22% < Argile <30% Moyennement pourvu en M.O
	Argile > 30% Pauvre en M.O
3<MO<4	Bien pourvu en M.O
MO>4	Teneur élevée en M.O

5.4 pH

La mesure du pH d'un sol s'effectue sur une suspension de terre fine. Le rapport liquide/poids de terre doit être constant. Le pH doit être pris d'abord dans de l'eau distillée bouillie, puis dans une solution normale de KCl, en utilisant la méthode électro métrique à électrode de verre.

5.4.1 Mode opératoire

Le pH des sols des différentes stations d'étude a été mesuré selon les étapes suivantes :

- peser 20g de terre fine ;
- Verser le sol pesé dans un bécher et ajouter 100 ml d'eau distillée ;
- Agiter la solution pendant 15 à 20 min à l'aide d'un agitateur magnétique.
- Laisser reposer pendant 30 minutes en prenant soin d'agiter à quelques reprises au cours de cette période pour être certain d'avoir atteint un équilibre dans le mélange sol-eau
- Agiter et plonger l'électrode dans le mélange sol-eau et prendre la lecture après stabilisation du pH-mètre.

5.4.2 Interprétation

Les valeurs obtenues du pH sont comparées à celle de l'échelle d'interprétation présentée dans le Tableau 13.

Tableau 3 : Valeurs de pH et leurs qualifications (Baize, 1988)

Valeurs de pH	Qualification
< 4,5	Extrêmement acide
4,6 à 5	Très fortement acide
5,1 à 5,5	Fortement acide
5,6 à 6,75	Faiblement acide
6,75 à 7,3	Neutre
7,4 à 7,8	Légèrement alcalin
7,9 à 8,4	Moyennement alcalin
8,5 à 9	Fortement alcalin

5.5 Analyses granulométriques

L'analyse granulométrie a pour but de caractériser la distribution de la taille des particules minérales contenues dans la terre. L'Association Internationale de la Science du Sol a adopté en 1926 l'échelle d'Atterberg qui classe les particules constituant la terre fine (<2mm) (Riman, 2010).

Une analyse granulométrique en cinq fractions sans décarbonatation par sédimentation s'effectue le plus souvent par une méthode internationale basée sur l'utilisation de la pipette de robinson et qui consiste à la destruction de la matière organique liant les éléments en agrégat par de l'eau oxygénée (H_2O_2). Pour cela, il faut disperser l'argile enrobant les particules et ceci en ajoutant à la suspension obtenue 40ml d'une solution dispersante l'hexamétaphosphate de sodium et 1ml d'ammoniaque pur, puis agiter avec à un agitateur rotatif.

Les différentes classes de particules sont séparées par sédimentation pour les fractions fines (< 50µm) et par tamisage pour les fractions de taille supérieure. La détermination des fractions les plus fines (< 50 µm) s'effectue au moyen de 3 prélèvements successifs (à la pipette de Robinson) dans une suspension de sol en cours de sédimentation. La fraction des sables fins est séparée par passage sur tamis de 50µm et sous courant d'eau, de la suspension après prélèvement des fractions fines (Soltner, 2005).

Les résultats obtenus après calcul, sont reportés en fonction des pourcentages des argiles, des limons et des sables dans le triangle de texture (Fig. 27) (Duchaufour, 1997).

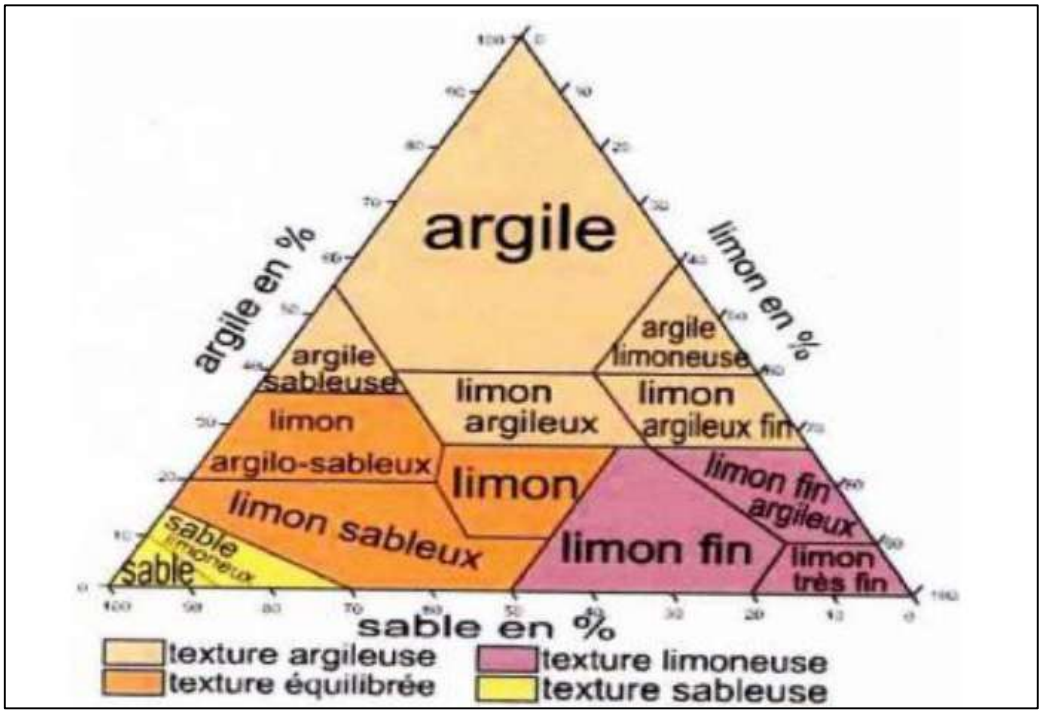


Figure 27 : Classification des textures pédologiques (Duchaufour, 1997).

6. Traitement des données

Les résultats obtenus dans le présent travail sont exploités pas le calcul des indices écologiques de compositions les indices écologiques et de structures.

6.1 Indice écologique de composition

Les indices écologiques de composition, nous renseignent sur la composition du peuplement malacologique en termes d'espèces et leur abondance. Pour cela nous avons calculé la richesse spécifique (S), la densité (D), l'abondance relative (Ar), ainsi que la fréquence d'occurrence (F).

6.1.1 Richesse spécifique totale (S)

Richesse spécifique totale dans un peuplement donné correspond au nombre total des espèces qui le compose (Ramade, 2003). Dans le présent travail, la richesse totale correspond au nombre total des escargots et limaces recensés dans un habitat donné en utilisant les différentes méthodes d'échantillonnage.

6.1.2 Densité (D)

La densité d'une espèce donnée est le nombre d'individus de cette espèce par unité de surface, ou de volume (Dajoz, 1985).

$$D = {}^{N}/_{P}$$

N : nombre total d'individus d'une espèce récoltée dans l'espace considéré ;

P : nombre total de prélèvements effectués dans la surface, ou volume, considéré.

6.1.3 Abondance relative (Ar%)

L'abondance relative ou la fréquence centésimale, est le pourcentage des individus d'une espèce donnée par rapport au total des individus capturés. Elle traduit l'importance numérique de l'espèce 'i' au sein du peuplement (Dajoz, 1971). Elle se calcul par la formule suivante :

$$Ar = {}^{n_i}/_{N} \times 100$$

ni : Nombre d'individus de l'espèce i ;

N : nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

6.1.4 Fréquence d'occurrence (F%)

La fréquence d'occurrence d'une espèce est le nombre de fois où elle apparait dans un échantillon (Muller, 1985). Elle est donnée par le pourcentage du rapport entre le nombre de relevés Pi contenant l'espèce i prise en considération et le nombre total des relevé P (Dajoz, 1971).

$$F = {}^{P_i}/_{P} \times 100$$

Selon Dajoz (1975), les groupes d'espèces se distinguent en fonction de leur fréquence :

- 0% < F < 20% espèces accidentelles
- 20% < F < 40% espèces accessoires
- 40% < F < 60 % espèces régulières
- 60% < F < 80% espèces constantes
- 80% < F < 100% espèces omniprésentes.

6.2 Indice écologique de structure

Les indices écologiques de structures expriment la distribution des abondances spécifique. Il s'agit de la façon dont les individus se répartissent entre les différentes espèces (Blondel, 1975). Ces indices sont l'indice de diversité de Shannon, indice d'Équitabilité et l'indice de similitude de Sorensen.

6.2.1 Indice de diversité de Shannon (H')

Il dérive de la théorie de l'information et mesure l'entropie d'un échantillon, soit la saturation de la communauté (Kenth et Cooker, 1992). Selon Dajoz (1982), le calcul de cet indice permet d'évaluer la diversité faunistique d'un milieu donné. Cette diversité n'exprime pas seulement le nombre des espèces mais leurs abondances, et permet aussi de comparer les faunes de différents milieux, même si les nombres d'individus récoltés sont très différents. L'indice est donné par la formule suivante :

$$H' = -\sum Pi\, log_2 pi$$

D'où : Pi est la Proportion d'une espèce « i » par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude, qui se calcul par

$$P_i = ni / N$$

Avec :

ni : Nombre d'individus de l'espèce i.

N : Effectif total des individus de toutes les espèces.

H' varie de 0, quand le peuplement est constitué d'une seule espèce, à $\log_2 S$ (S : richesse total), quand toutes les espèces présentes ont une abondance équivalente. En d'autres termes, la prévalence d'espèces dominantes dans la communauté induit une faible valeur de *H*', tandis que l'équirépartition se traduit par une valeur élevée de H' (Kenth et Coker, 1992).

6.2.2 Indice d'Équitabilité (E)

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition, mesure l'Équitabilité par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces. Cet indice correspond au rapport de la diversité observé H' à la diversité maximale Hmax (Blondel, 1979).

$$E = H' / H_{max}$$

L'indice d'Équitabilité varie de 0 à 1. Une Équitabilité égale à 1 correspond à une communauté dont les effectifs sont parfaitement équilibrés entre les espèces, c'est-à-dire où toutes les espèces ont le même nombre d'individus ; Elle est égale à 0 lorsqu'une seule espèce domine. Ainsi l'Équitabilité prend en compte la diversité absolue potentielle de la communauté représentée par Hmax, traduisant ainsi la capacité du système de supporter *S* espèces représentées avec des proportions équivalentes.

6.2.3 Indice de similitude de Sorensen (S')

L'indice qualitatif de Sorensen, ou l'indice de similitude (S'), est utilisé pour comparer entre les habitats prit en paire. Il se calcul par la formule donnée par Barthlott et *al*. (2009) comme suit :

$$\boldsymbol{S' = 2 \times NC/NS_1 + NS_2}$$

NC : le nombre d'espèces communes aux deux stations (S_1 et S_2) ;

NS_1 : le nombre d'espèces de la station 1 ;

NS_2 : le nombre d'espèces de la station 2.

La matrice de proximité obtenue permet de comparer la similitude entre les compositions taxonomiques des communautés dans les quatre stations étudiées (Magurran, 2004).

7. Analyses statistiques

Les logiciels STATISTICA 7.1 et R 6.0.3 sont utilisés pour l'étude statistique ainsi que les représentations graphiques de l'analyse factorielle de correspondance (AFC) et que pour l'évaluation des corrélations entre les paramètres étudiés et les tendances de leurs évolutions.

7.1 Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C)

L'analyse factorielle des correspondances (A.F.C) consiste à la recherche la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle systématique (Grall et Hily, 2003). Les graphiques utilisés représentent une projection simultanée points colonnes (station) et des points lignes (espèces) dans un espace ayant autant de dimensions que de variable mesurées. En général, est utilisée une représentation des plans formés par deux axes (Grall et Hily, 2003). L'interprétation des résultats se fait en termes de proximité entre stations, entre espèces ou entre stations et espèces. Les contributions relatives ou absolues de chaque station ou espèce pour chaque axe, apportent des éléments indispensables pour l'interprétation.

7.1.1 Test de corrélation

Pour la corrélation, le test de corrélation de Pearson est exploité afin d'évaluer les relations entre les différents paramètres Physico-chimiques du sol. Ce coefficient donne des indices sur l'évolution simultanée des variables considérées 2 à 2. Il mesure la netteté de la liaison existant entre deux séries d'observations pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Le coefficient de corrélation est compris entre +1 et -1. Il est positif quand les deux variables augmentent en même temps ou diminuent en même temps, et il est négatif quand l'une augmente et l'autre diminue (Dagnélie, 2006).

Chapitre IV
Résultats

Les résultats de l'étude de la diversité des gastéropodes terrestres en Algérie, la dynamique des escargots et les limaces au niveau de deux régions du nord-centre du pays, durant une période allant de janvier 2018 à décembre 2019. Ainsi que la description de la morphologie externe et la morphologie de l'appareil reproducteur des limaces échantillonnées au niveau des différentes régions nord Algériennes sont représentés dans des tableaux et des graphes obtenus à partir des calculs des indices écologiques de structures et de compositions ainsi que des statistiques descriptives.

1 Résultats de l'inventaire qualitatif

L'inventaire qualitatif des gastéropodes terrestres a pour but d'enrichir la diversité de la faune malacologique de l'Algérie. Pour se faire, un échantillonnage a été fait au niveau de plusieurs régions d'Algérie notamment Alger, Boumerdes, Tizi-Ouzou, Sétif et Msila au Nord du pays, Bechar et Adrar au Sud, et ceci durant une période allant de janvier 2018 à décembre 2019. Le prélèvement a été réalisé en utilisant les déférentes méthodes d'échantillonnages à savoir le prélèvement direct ou la chasse à vue, le tamisage de la litière et le piégeage. Pour les espèces dulçaquicoles, une épuisette a été utilisée.

Les résultats de cet échantillonnage sont mentionnés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Liste systématique des gastéropodes terrestres inventoriés dans les différentes stations d'échantillonnage.

Famille	**Genre**	**Espèces**
Helicidae	*Alabastrina*	*Alabastrina alabastrite* (Michaud, 1833).
		Alabastrina bailloni (Kobelt, 1888).
	Cantareus	*Cantareus apertus* (Born, 1778).
		Cantareus subapertus (Ancey, 1893).
	Cornu	*Cornu aspersum* (O.F. Müller, 1774).
	Massylaea	*Massylaea constantina* (Forbes, 1838).
		Massylaea vemiculata (O.F. Müller, 1774).
	Otala	*Otala punctata* (O.F. Müller, 1774).
	Theba	*Theba pisana* (O.F. Müller, 1774).
Geomitridae	*Cernuella*	*Cernuella virgata* (Da Costa, 1778).
	Cochlicella	*Cochlicella acuta* (O.F. Müller, 1774).

		Cochlicella barbara (Linnaeus, 1758).
		Cochlicella conoidea (Draparnaud, 1805).
	Trochoidea	*Trochoidea pyramidata* (Draparnaud, 1805).
	Xerosecta	*Xerosecta cespitum* (Draparnaud, 1805).
		Xerosecta sp.
		Xerosecta euphorca (Bourguignat, 1862).
	Xerotricha	*Xerotricha conspurcata* (Draparnaud, 1805).
Achatinidae	*Rumina*	*Rumina decollata* (Linnaeus, 1758).
		Rumina saharica (Pallary, 1901).
Ferussaciidae	*Ferussacia*	*Ferussacia folliculum* (Schröter, 1784).
		Ferussacia carnea (Risso, 1826).
Hygromiidae	*Ganula*	*Ganula flava* (Terver, 1839).
		Ganula sp.
Trissexodontidae	*Caracollina*	*Caracollina lenticula* (Férussac, 1821).
Spiraxidae	*Poiretia*	*Poiretia algira* (Bruguière, 1792).
Oxychilidae	*Oxychilus*	*Oxychilus* sp.
Enidae	*Mastus*	*Mastus pupa* (Linnaeus, 1758).
	Mauronapaeus	*Mauronapaeus terverii* (Forbes, 1838).
Discidae	*Discus*	*Discus rotundatus* (O.F. Müller, 1774).
Sphincterochilidae	*Sphincterochila*	*Sphincterochila candidissima* (Draparnaud, 1801).
		Sphincterochila sp. ind.1.
		Sphincterochila sp. ind.2.
Pomatiidae	*Tudorella*	*Tudorella sulcata* (Draparnaud, 1805).
Punctidae	*Paralaoma*	*Paralaoma servilis* (Shuttleworth, 1852).
Milacidae	*Milax*	*Milax nigricans* (Philippi, 1839).
		Milax gagates (Draparnaud, 1801).
Limacidae	*Ambigolimax*	*Ambigolimax nyctelius* (Bourguignat, 1861)
	Lehmannia	*Lehmannia* sp.
Agriolimacidae	*Deroceras*	*Deroceras* sp.
Testacellidae	*Testacella*	*Testacella riedli (Giusti, Manganelli & Schambri, 1995)*

Cochlostomatidae	*Cochlostoma*	*Cochlostoma atlanticum* (Bourguignat, 1868).
Chondrinidae	*Granopupa*	*Granopupa granum* (Draparnaud, 1801).
	Rupestrella	*Rupestrella michaudii* (Bourguignat, 1862).
Truncatellinidae	*Tuncatellina*	*Tuncatellina* sp.
Planorbidae	*Armiger*	*Armiger Crista* (Linnaeus, 1758).
	Hippeutis	*Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758).
	Planorbarius	*Planorbarius metidjensis* (Forbes, 1838).
	Ancylus	*Ancylus fluviatilis* (O.F. Müller, 1774).
	Ferrissia	*Ferrissia californica* (Rowell, 1863).
Lymnaeidae	*Galba*	*Galba truncatula* (O.F. Müller, 1774).
Physidae	*Physella*	*Physella acuta* (Draparnaud, 1805).
Bulinidae	*Bulinus*	*Bulinus truncatus* (Audouin, 1827).
Melanopsidae	*Melanopsis*	*Melanopsis praemorsa* (Linnaeus, 1758).
Thiaridae	*Melanoides*	*Melanoides tuberculata* (O.F. Müller, 1774).
26	**43**	**55**

Trois familles sont plus diversifiées en espèces. La famille des Helicidae est représentée par 6 genres et repartie en 9 espèces différentes. Les Geomitridae sont en nombre de 9 espèces différentes reparties en 5 genres. En fin, les Planorbidae qui sont représentés par 5 genres et une seule espèce pour chaque genre. Les autres familles sont moins diversifiées.

Au total, l'inventaire qualitatif a révélé une faune malacologique composée de 26 familles reparties en 43 genres. L'identification des spécimens a fait ressortir une liste systématique de 55 espèces de mollusques terrestres, dont 45 espèces de gastéropodes terrestres (39 espèces d'escargots et 6 espèces de limaces) et 10 espèces dulçaquicoles, avec deux qui sont récemment redécouvertes en Algérie, à savoir *Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758) et *Armiger crista* (Linnaeus, 1758).

1.1 Nombre d'espèces de gastéropodes terrestres en fonction des familles dans l'inventaire qualitatif

Le nombre d'espèce de gastéropodes terrestres pour chaque famille identifiée dans l'inventaire qualitatif qui s'est déroulé au niveau des différentes statons est présenté dans la figure 28.

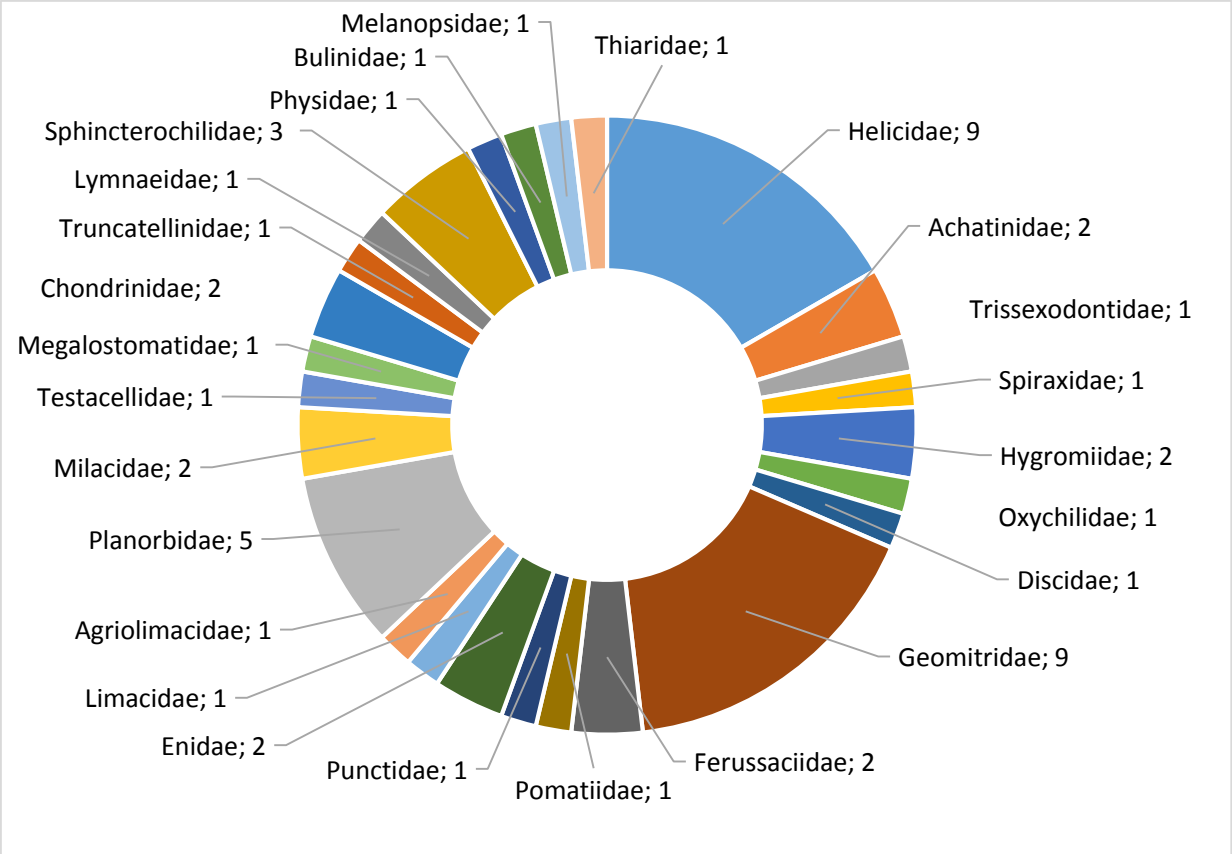


Figure 28 : Nombre d'espèces de gastéropodes terrestres en fonction des familles dans l'inventaire qualitatif.

Les résultats de ce travail nous ont permis d'identifier 26 familles représentées avec des proportions différentes.

Les Geomitridae et les Helicidae sont les deux familles les plus riches en espèces, elles comptent 9 espèces différentes chacune, suivies par les Planorbidae avec 5 espèces différentes. Les Sphincterochilidae sont recensés avec 3 espèces dont deux sont indéterminées mais morphologiquement distinctes.

Les familles des Achatinidae, Ferussaciidae, Hygromiidae, Enidae, Milacidae, Limacidae, Chondrinidae sont représentées par deux espèces différentes chacune. Par ailleurs, les autres familles, Trissexodontidae, Oleacinidae, Oxychilidae, Discidae, Pomatiidae, Punctidae, Agriolimacidae, Testacellidae, Megalostomatidae, Truncatellinidae, Lymnaeidae et les Physidae ne comptent qu'une seule espèce chacune.

2 Résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif

Afin de comprendre l'écologie et la dynamique spatio-temporelle des gastéropodes terrestre, les régions d'Alger et de Boumerdes sont échantillonnées pendant les années 2018 et 2019. La présence (+) ou absence (-) des espèces selon la région est résumée dans le tableau 5.

Les espèces de limaces retrouvées dans ce travail sont identifiées jusqu'au genre raison pour laquelle elles ont fait l'objet d'une étude de la morphologie de l'appareil génital.

Tableau 5 : Liste des espèces de gastéropodes terrestres recensées au niveau d'Alger et Boumerdes.

Familles	Espèces	Alger	Boumerdes
Helicidae	*Cantareus apertus*	+	+
	Cornu aspersum	+	+
	Massylaea constantina	+	+
	Massylaea vermiculata	+	+
	Otala punctata	+	+
	Theba pisana	+	+
Geomitridae	*Cernuella virgata*	+	+
	Cochlicella acuta	+	+
	Cochlicella barbara	+	+
	Cochlicella conoidea	-	+
	Trochoidae pyramidata	+	+
	Xerosecta cespitum	+	+
	Xerosecta sp.	-	+
	Xerotricha conspurcata	-	+
Subulinidae	*Rumina decollata*	+	+
Ferussaciidae	*Ferussacia folliculum*	+	+
	Ferussacia carnea	+	+
Hygromiidae	*Ganula flava*	+	+
Trissexodontidae	*Caracollina lenticula*	+	+
Spiraxidae	*Poiretia algira*	+	-
Oxychilidae	*Oxychilus* sp.	+	+
Enidae	*Mastus pupa*	+	+
Pomatiidae	*Tudorella sulcata*	-	+
Milacidae	*Milax* sp.	+	+
Limacidae	*Lehmannia* sp.	+	+
Agriolimacidae	*Deroceras* sp.	-	+
Testacellidae	*Testacella* sp.	+	+
Total		**22**	**26**

Le travail a fait ressortir une liste systématique de 27 espèces différentes appartenant à 22 genres et 14 familles, réparties comme suit : 22 espèces dans la région d'Alger dont *Poiretia algira* est retrouvée uniquement au niveau de cette région, 26 espèces dans la région de Boumerdes dont *Cochlicella conoidea*, *Xerosecta* sp. *Xerotricha conspurcata*, *Tudorella sulcata* et *Deroceras* sp. sont caractéristiques de cette région.

3 Diversité et abondance relative des gastéropodes terrestres recensés dans la région d'Alger

Les résultats de l'inventaire des gastéropodes terrestres pulmonés dans la région d'Alger et l'abondance relative de chaque espèce recensée sont résumés dans la figure 29.

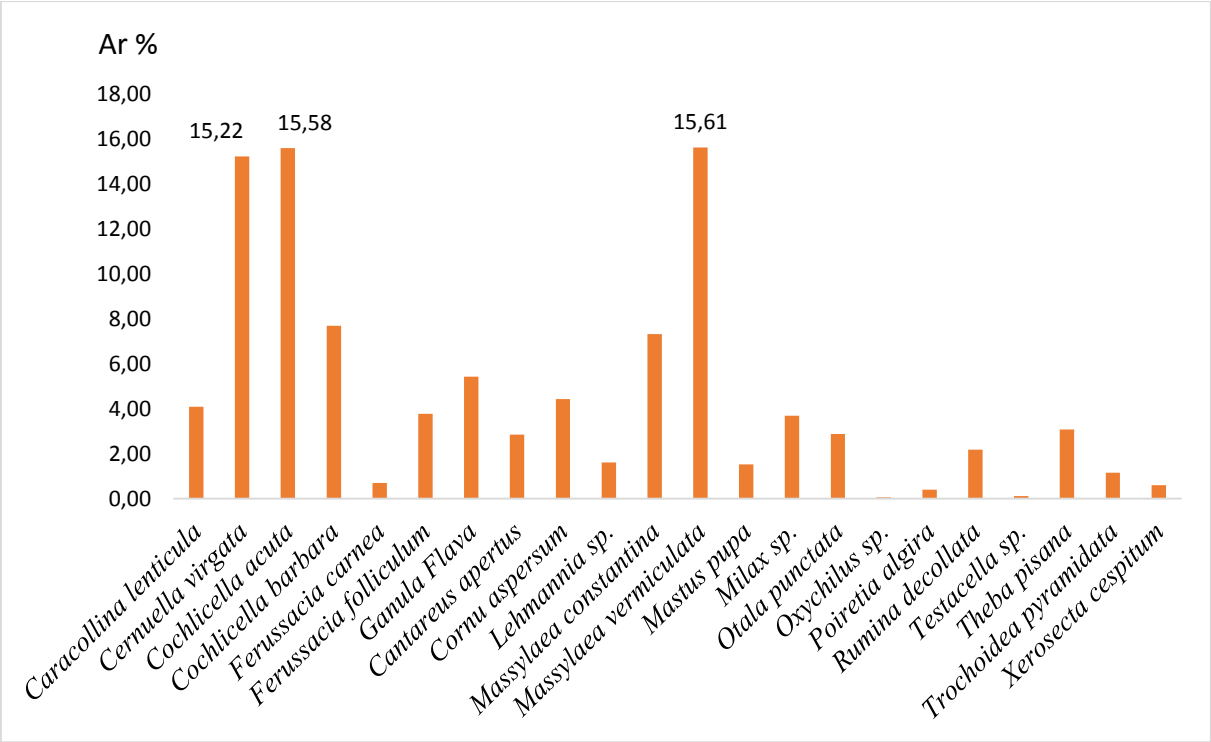


Figure 29 : Variation de l'abondance relative des espèces malacologiques recensées au niveau de la région d'Alger.

Au niveau de la région d'Alger, dans les 5 sites d'échantillonnage, 13495 individus d'escargots et de limaces sont comptabilisés, ils sont répartis en 12 familles, 18 genres et 22 espèces.

Les Helicidae sont les plus représentés, avec 6 espèces au total qui sont, *C. aspersum, C. apertus, M. vermiculata, M. constantina, T. pisana* et *O. punctata*. Suivie par les Geomitridae avec 5 espèces, *C. virgata, C. acuta, C. barbara, T. pyramidata* et *X. cespitum*. Les Ferussaciidae avec deux espèces, *F. folliculum* et *F. carnea*. Les autres familles, à savoir les Achatinidae, les Enidae, Trissexodontidae, Hygromiidae, Oxychilidae, Oleacinidae, Limacidae, Milacidae et Testacellidae sont représentées par une seule espèce chacune.

M. vermiculata est l'espèce la plus abondante dans la région d'Alger avec une fréquence de 15.61%, suivie par *C. acuta* et *C. virgata* avec des taux de 15.52% et 15.22% respectivement. *M. constantina* qui se trouve dans la quasi-totalité de la région en sympatrie avec *M. vermiculata*, et *C. barbara* en sympatrie avec *C. acuta*, sont représentées avec des fréquences de 7.32% et 7.69% respectivement. Les autres espèces sont moins représentées avec des fréquences moyennes. *Oxychilus* sp., *P. algira*, *Testacella* sp. et *X. cespitum* sont des espèces très peu prélevées avec des taux qui ne dépassent pas 0.6%.

3.1 Richesse spécifique des différentes stations de la région d'Alger

La richesse spécifique de chaque station d'étude de la région d'Alger est présentée dans la figure 30.

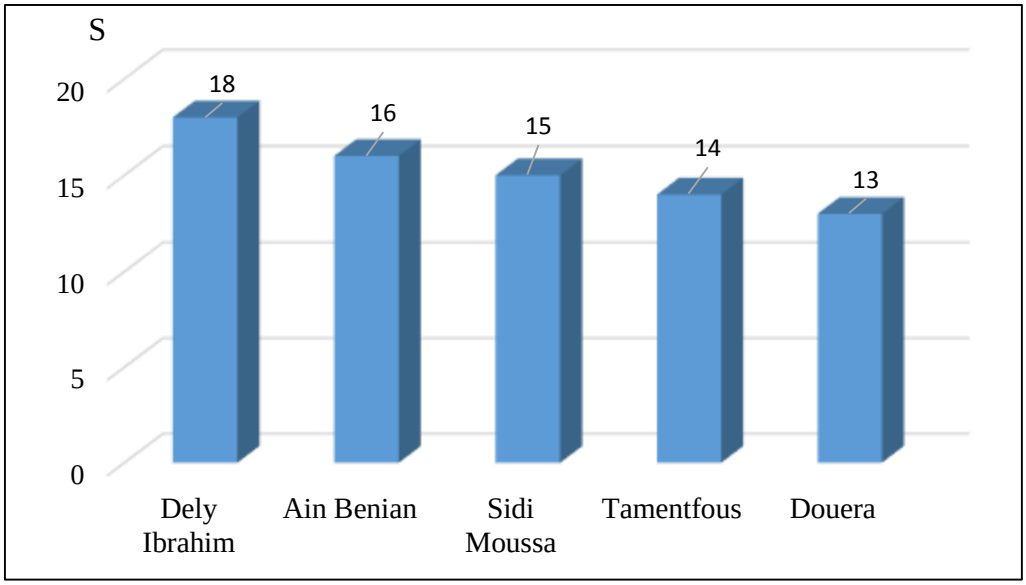


Figure 30 : Richesse spécifique des différentes stations de la région d'Alger.

La richesse spécifique diffère d'une station à une autre. Elle atteint son maximum au niveau de la station de Dely Ibrahim avec 18 espèces. 16 espèces sont recensées à Ain Benian, 15 à Sidi Moussa, 14 à Tamentfoust. Enfin 13 espèces différentes sont retrouvées au niveau de la station de Douera.

3.2 Densité des familles des gastéropodes terrestres au niveau des différentes stations de la région d'Alger

Les familles des gastéropodes terrestres présentent dans les différentes stations de la région d'Alger sont distribuées avec des proportions différentes, ce qui montre que les Geomitridae et les Helicidae sont apparues au niveau de toutes les stations (Fig. 31).

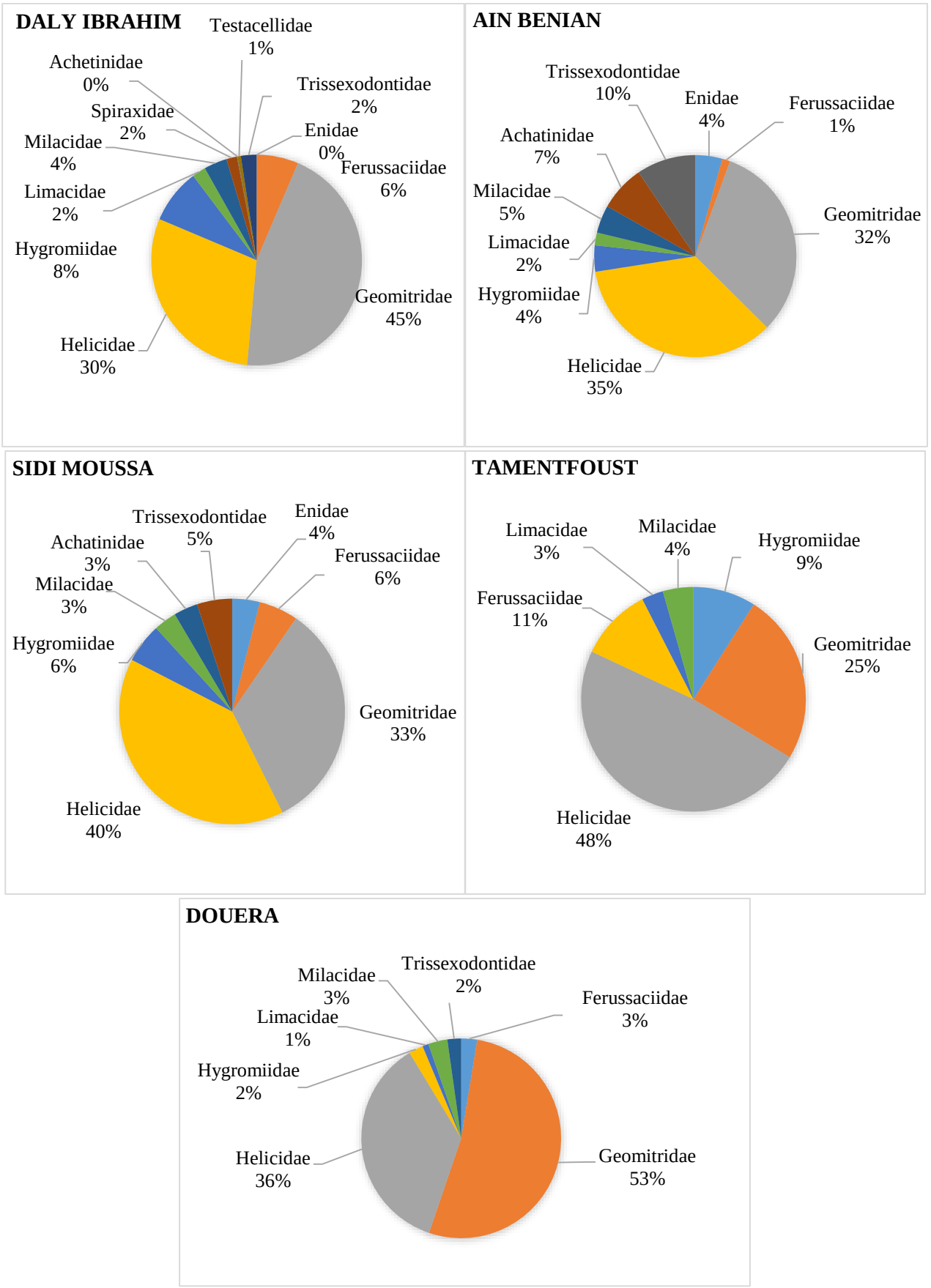


Figure 31 : Part des familles des gastéropodes recensées dans les différentes stations de la région d'Alger.

Au niveau de la station de Ain Benian, la fréquence centésimale la plus importante est de 35% pour la famille des Helicidae, suivie par la famille des Geomitridae avec une fréquence relative de 32%. Les Trissexodontidae ont une abondance de 10%. Les autres familles sont peu abondantes dans cette station.

Dely Ibrahim est plus marquée par la famille des Geomitridae avec une fréquence de 45% du total des familles, suivie par les Helicidae avec un taux de 30%. Les Hygromiidae et les Ferussaciidae viennent en troisième position avec des fréquences centésimales de 8% et 6% respectivement. Les autres familles sont moins retrouvées.

Au niveau de Douera, la famille des Helicidae est largement dominante dans cette station avec une abondance relative de 53% du total des familles échantillonnées, suivie par les Helicidae avec une fréquence de 36%. Les autres familles sont représentées par des fréquences plus faibles.

À Tamentfoust, la famille la plus marquée est celle des Helicidae avec une abondance de 48%, suivie par les Geomitridae avec un taux de 25%. Les Ferussaciidae et les Hygromiidae apparaissent avec une fréquence centésimale de 11% et 9% respectivement.

À la station de Sidi Moussa, l'abondance la plus élevée est marquée pour les familles des Helicidae et les Geomitridae avec des taux de 39% et 32% respectivement. Les autres familles sont peu abondantes avec des taux qui ne dépassent pas les 5%.

4 Distribution des espèces des gastéropodes terrestres dans les différentes stations de la région d'Alger

La distribution, l'abondance relative, la densité et la fréquence d'occurrence de chaque espèce d'escargots et de limaces diffèrent d'une station d'échantillonnage à une autre.

4.1 Station de Dely Ibrahim

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des escargots et des limaces au niveau de la station de Dely Ibrahim, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Dely Ibrahim

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Cernuella virgata	18,62	51,67	100	Omniprésente
Massylaea vermiculata	15,83	43,92	100	Omniprésente
Cochlicella acuta	15,65	43,42	100	Omniprésente
Ganula flava	8,38	31	75	Constante
Ferussacia folliculum	6,4	23,67	75	Constante
Theba pisana	1,35	22,5	16,67	Accidentelle
Cochlicella barbara	8,08	22,42	100	Omniprésente
Massylaea constantina	8,02	22,25	100	Omniprésente
Milax sp.	3,54	14,75	66,67	Constante
Cornu aspersum	3,24	12	75	Constante
Caracollina lenticula	2,4	10	66,67	Constante
Trochoidae pyramidata	2,67	9,89	75	Constante
Lehmannia sp.	2,1	8,75	66,67	Constante
Cantareus apertus	1,47	6,13	66,67	Constante
Poiretia algira	1,62	6	75	Constante
Testacella sp.	0,51	4,25	33,33	Accessoire
Rumina decollata	0,09	3	8,33	Accidentelle
Mastus pupa	0,03	1	8,33	Accidentelle

La distribution des espèces de gastéropodes terrestres dans la station de Dely Ibrahim est la plus importante en nombre d'espèces dans la région d'Alger, elle compte 18 espèces appartenant à 11 familles et 15 genres. Sur les 18 espèces échantillonnées, 9 espèces sont constantes, 5 sont omniprésentes, 3 sont accidentelles et une seule espèce est accessoire.

Trois espèces ont une présence la plus élevée dans ce milieu, *C. virgata*, *C. acuta* et *M. vermiculata* avec des fréquences de 16.62%, 15.65% et 15.83% respectivement, avec des densités de 51.67, 43.42 et 43.92 individus/200m^2 pour chacune, elles représentent les espèces les plus denses dans ce peuplement.

La classe suivante a une abondance relative moyenne qui est entre 6 et 8% avec une densité également moyenne.

Testacella sp., *R. decollata* et *M. pupa*, sont les espèces les moins abondantes avec des fréquences de 0.51%, 0.09% et 0.03% et des densités de 4.25, 3 et 1 individus/200m^2

respectivement. Ces dernières peuvent être classées parmi les espèces rares dans cette station. Leurs densités sont assez faibles avec des valeurs qui ne dépassent pas les 4 pour la plus abondante d'entre elles.

4.2 Station de Ain Benian

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de la station de Ain Benian, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Ain Benian.

Espèces	Abondance relative %	Densité	Fréquence d'occurrence %	
Massylaea vermiculata	18,52	48,67	100,00	Omniprésente
Cochlicella acuta	17,13	45,00	100,00	Omniprésente
Caracollina lenticula	9,45	42,57	58,33	Régulière
Cernuella virgata	5,01	22,57	58,33	Régulière
Massylaea constantina	8,28	21,75	100,00	Omniprésente
Cochlicella barbara	7,55	19,83	100,00	Omniprésente
Cornu aspersum	6,28	19,80	83,33	Omniprésente
Rumina decollata	7,33	19,25	100,00	Omniprésente
Milax sp.	4,44	17,50	66,67	Constante
Mastus pupa	4,31	15,11	75,00	Constante
Ganula flava	4,19	14,67	75,00	Constante
Trochoidae pyramidata	2,12	13,40	41,67	Régulière
Ferussacia folliculum	1,27	8,00	41,67	Régulière
Lehmannia sp.	2,03	8,00	66,67	Constante
Cantareus apertus	1,97	6,20	83,33	Omniprésente
Oxychilus sp.	0,13	2,00	16,67	Accidentelle

La région de Ain Benian abrite une richesse spécifique d'ordre de 16 espèces, appartenant à 10 familles différentes. Sur les 16 espèces échantillonnées, 7 espèces sont omniprésentes, 4 sont constantes, 4 sont régulières et une seule espèce est accidentelle.

En terme d'abondance relative, *M. vemiculata* et *C. acuta* dominent dans cette station, ces espèces partagent et cohabitent dans ce milieu, elles apparaissent avec des fréquences de 18.52% et 17.13% respectivement.

En deuxième position nous trouvons des espèces avec des fréquences relatives entre 4% et 10%, elles partagent l'habitat d'une façon plus ou moins équitable, ces espèces sont *C. lenticula* avec un taux de 9.45%, *M. constantina* avec 8.28%, *C. barbara* et *R. decollata* avec 7.55% et 7.33% respectivement, *C. aspersum* et *C. virgata* avec 6.28% et 5.01% respectivement, *Milax* sp., *M. pupa* et *G. flava* avec 4.44%, 4.31% et 4.19% respectivement

La densité diffère d'une espèce à une autre, *M. vermiculata, C. acuta, C. lenticula* sont les trois espèces représentées avec des densités importantes dans ce milieu et dominent ce peuplement malacologique, avec des valeurs de 48.47, 45 et 42.57 individus/200m^2 respectivement. La densité la plus faible est notée pour les Oxychilidae avec une seule espèce représentante, *Oxychilus* sp. avec seulement 2 individus/200m^2.

4.3 Station de Sidi Moussa

Les résultats de l'inventaire des gastéropodes terrestres pulmonés au niveau de la station de Sidi Moussa, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Sidi Moussa.

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Cernuella virgata	12,40	19,91	100,00	Omniprésente
Cornu aspersum	11,16	17,91	100,00	Omniprésente
Cochlicella acuta	10,70	17,18	100,00	Omniprésente
Otala punctata	10,02	16,09	100,00	Omniprésente
Massylaea vermiculata	9,74	15,64	100,00	Omniprésente
Ganula flava	5,66	12,50	72,73	Constante
Ferussacia folliculum	5,61	12,38	72,73	Constante
Caracollina lenticula	5,04	11,13	72,73	Constante
Cochlicella barbara	5,38	9,50	90,91	Omniprésente
Massylaea constantina	5,21	9,20	90,91	Omniprésente
Mastus pupa	3,96	8,75	72,73	Constante
Rumina decollata	3,45	7,63	72,73	Constante
Cantareus apertus	3,79	7,44	81,82	Omniprésente
Xerosecta cespitum	4,59	7,36	100,00	Omniprésente
Milax sp.	3,28	7,25	72,73	Constante

La station de Sidi Moussa abrite une richesse spécifique de 15 espèces appartenant à 8 familles différentes.

Les espèces qui forment ce peuplement ont toute une fréquence d'occurrence élevée avec des valeurs de 70 à 100%, elles sont scindées en deux groupes, omniprésentes avec 9 espèces et constantes avec 6 espèces.

C. virgata est la plus dense avec une valeur de 19.91 individus/200m^2 et la plus abondante avec une fréquence relative de 12.40%. En deuxième position se trouve *C. aspersum* avec une abondance relative de 11.16% et une densité de 17.91 individus/200m^2, suivi par *C. acuta* et *O. punctata* avec des taux de 10.7% et 10.02% avec des densités de 16.09 et 15.64 individus/200m^2 respectivement.

Le reste des espèces sont peu abondantes et moins denses, où *Milax* sp. apparaît avec la plus faible abondance avec un pourcentage de 3.28 et densité de 7.25 individus/200m^2.

4.4 Station de Tamentfoust

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de la station de Tamentfoust, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 9

Tableau 9 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Tamentfoust.

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Otala punctata	14,31	19,18	100,00	Omniprésente
Cernuella virgata	13,42	18,00	100,00	Omniprésente
Ganula flava	9,02	16,63	72,73	Constante
Theba pisana	11,66	15,64	100,00	Omniprésente
Ferussacia carnea	6,44	11,88	72,73	Constante
Cochlicella acuta	6,85	11,22	81,82	Omniprésente
Massylaea vermiculata	7,86	10,55	100,00	Omniprésente
Cornu aspersum	6,37	10,44	81,82	Omniprésente
Cantareus apertus	5,49	10,13	72,73	Constante
Milax sp.	4,41	9,29	63,64	Constante
Lehmannia sp.	3,12	7,67	54,55	Régulière
Ferussacia folliculum	4,07	7,50	72,73	Constante
Cochlicella barbara	4,34	7,11	81,82	Omniprésente
Massylaea constantina	2,64	5,57	63,64	Constante

Dans la station de Tamentfoust, 14 espèces sont comptabilisées appartenant à 10 genres et 6 familles de gastéropodes terrestres. Sur les 14 espèces retrouvées, 7 espèces sont omniprésentes, 6 constantes et une seule espèce régulière.

O. punctata, *C. virgata* et *T. pisana* sont les espèces les plus abondantes avec des taux de 14.31%, 13.42% et 11.66% respectivement, elles présentent également les densités les plus élevées avec une espèce de la famille des Hygromiidae, *G. flava*, avec une densité de 16.63 individus/200m^2 et une abondance relative de 9.02%.

Lehmannia sp. répertoriée avec la fréquence relative la plus faible qui est de 2.64% et une densité de 5.57 individus/200m^2, elle représente la seule espèce régulière dans ce peuplement de gastéropode pulmonés.

4.5 Station de Douera

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de la station de Douera, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau10.

Tableau 10 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Douera.

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Cernuella virgata	22,78	71,58	100,00	Omniprésente
Cochlicella acuta	19,94	62,67	100,00	Omniprésente
Massylaea vermiculata	18,77	59,00	100,00	Omniprésente
Cochlicella barbara	9,86	31,00	100,00	Omniprésente
Massylaea constantina	8,72	27,42	100,00	Omniprésente
Theba pisana	5,25	16,50	100,00	Omniprésente
Milax sp.	3,10	14,63	66,67	Constantes
Cantareus apertus	3,34	12,60	83,33	Constantes
Ferussacia folliculum	2,57	12,13	66,67	Constantes
Ganula flava	2,33	9,78	75,00	Constantes
Caracollina lenticula	2,23	9,33	75,00	Constantes
Lehmannia sp.	0,98	4,63	66,67	Constantes
Oxychilus sp.	0,11	2,00	16,67	Accidentelle

La station de Douera abrite la richesse la plus faible dans la région d'Alger, nous avons compté 13 espèces appartenant à 8 familles différentes. Sur les 13 espèces identifiées, 6 espèces sont omniprésentes, 6 sont constantes et une seule est accidentelle.

C. virgata, *C. acuta* et *M. vermiculata* sont les espèces les plus dense dans cette station, en termes d'abondance relative, elles représentent les espèces les plus abondantes avec des taux de 22.78%, 19.94% et 18.77% respectivement.

Deux espèces qui sont très peu abondantes, *Oxychilus* sp. avec une abondance relative de 0.11% et *Lehmannia* sp. avec une fréquence relative de 0.98% seulement dont sa présence dans le milieu est constante avec une fréquence d'occurrence de 66.67%.

5 Variation des indices écologiques de structure au niveau des stations de la région d'Alger

Le calcul des indices écologiques de structure, indice de diversité de Shannon (H') et d'Équitabilité de Pielou (E), montre qu'il existe une différence de diversité et de répartitions des espèces d'une station à une autre.

Les résultats de la variation des indices écologiques de structure (H', E) au niveau des différentes stations de la région d'Alger sont présentés dans la figure 32.

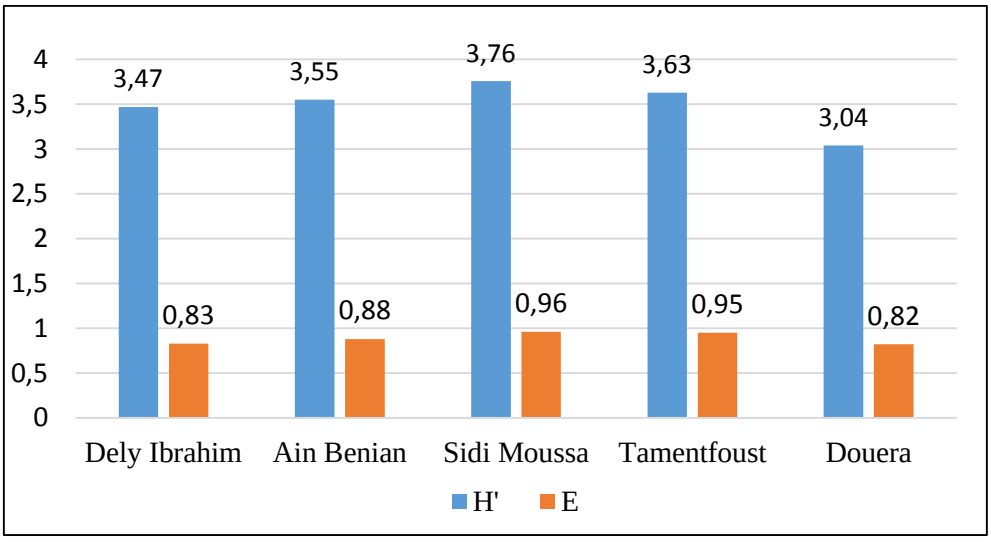


Figure 32 : Variation des indices écologiques de structure (H', E) dans les différentes stations de la région d'Alger.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon (H') enregistrées au niveau de toutes les stations de la région d'Alger sont importantes, elles atteignent le maximum au niveau de la station de Sidi Moussa avec une valeur de 3.76 bits, et le minimum à la station de Douera avec une valeur de 3.04 bits. Ces valeurs traduisent une importante diversité dans toutes les stations d'études.

Le calcul de l'indice d'Équitabilité de Pielou (E), nous révèle des valeurs élevées et tend vers 1 au niveau de toutes les stations, avec 0.83 au niveau de Douera comme une valeur minimale et 0.96 à Sidi Moussa autant qu'une valeur maximale. Ces résultats traduisent une répartition équitable et équilibrée des espèces dans les milieux étudiés.

6 Variation saisonnière de la richesse spécifique au niveau des stations de la région d'Alger

Les variations de la richesse spécifique d'une station à une autre au niveau de la région d'Alger sont démontrées dans la figure 33.

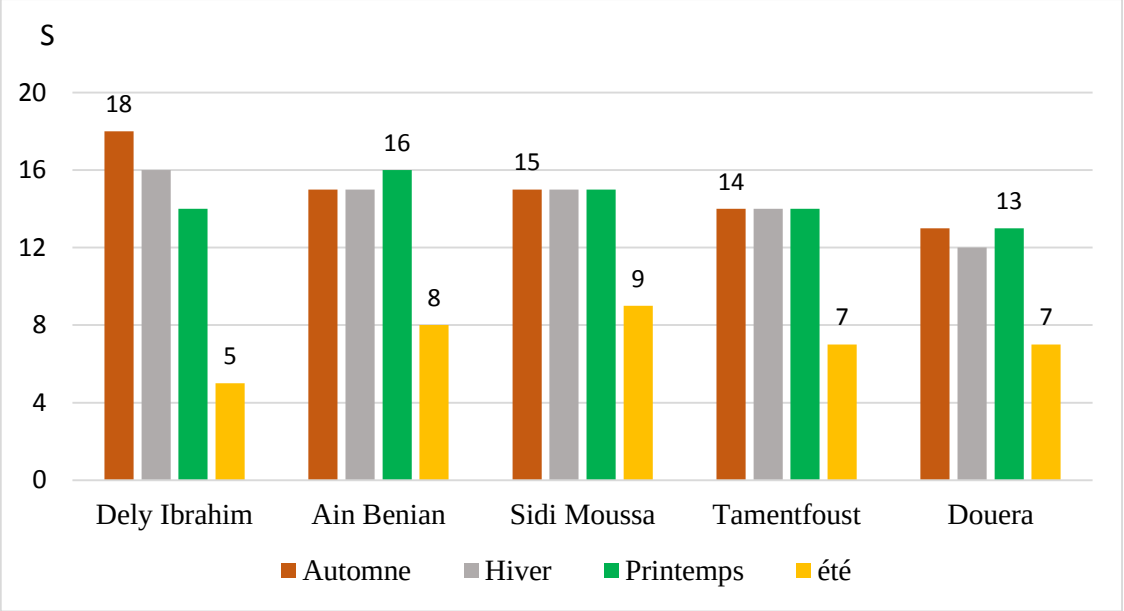


Figure 33 : Variation saisonnière de la richesse spécifique dans les différentes stations de la région d'Alger.

Nous remarquons que la richesse spécifique fluctue d'une saison à une autre et d'une station à une autre.

À Dely Ibrahim, la valeur maximale de la richesse spécifique est enregistrée pendant la saison automnale avec 18 espèces différentes, elle diminue graduellement pour arriver à son minimum durant la saison estivale avec 5 espèce enregistrées.

Au niveau de la station d'Ain Benian, la richesse spécifique est de 18 espèces en automne et en hiver. Elle augmente pour atteindre son maximum avec 16 espèces en printemps, puis elle diminue en été ou nous avons enregistré une richesse de seulement 8 espèces.

À Sidi Moussa, la richesse spécifique demeure stable durant l'automne, l'hiver et le printemps avec 15 espèces identifiées. Cette valeur diminue pour atteindre les 9 espèces durant la saison estivale.

Pour la station de Tamentfoust, 14 espèces sont répertoriées durant les trois premières saisons, automne, hiver et printemps, cette richesse diminue pour atteindre son minimum en été avec 7 espèces différentes.

Dans la station de Douera, le maximum d'espèces échantillonnées est enregistré pendant la saison automnale et printanière avec 13 espèces chacune. En hiver 12 espèces sont capturées, et pendant la saison sèche, 7 espèces de gastéropodes terrestres sont répertoriées.

7 Variations saisonnières des fréquences relatives des espèces de gastéropodes dans les stations de la région d'Alger

Les fréquences relatives des différentes espèces des gastéropodes terrestres recensées changent d'une station à une autre et d'une saison à un autre.

7.1 Station de Dely Ibrahim

Les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces d'escargots et de limaces échantillonnées dans la station de Dely Ibrahim durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019 sont présentés dans la figure 34.

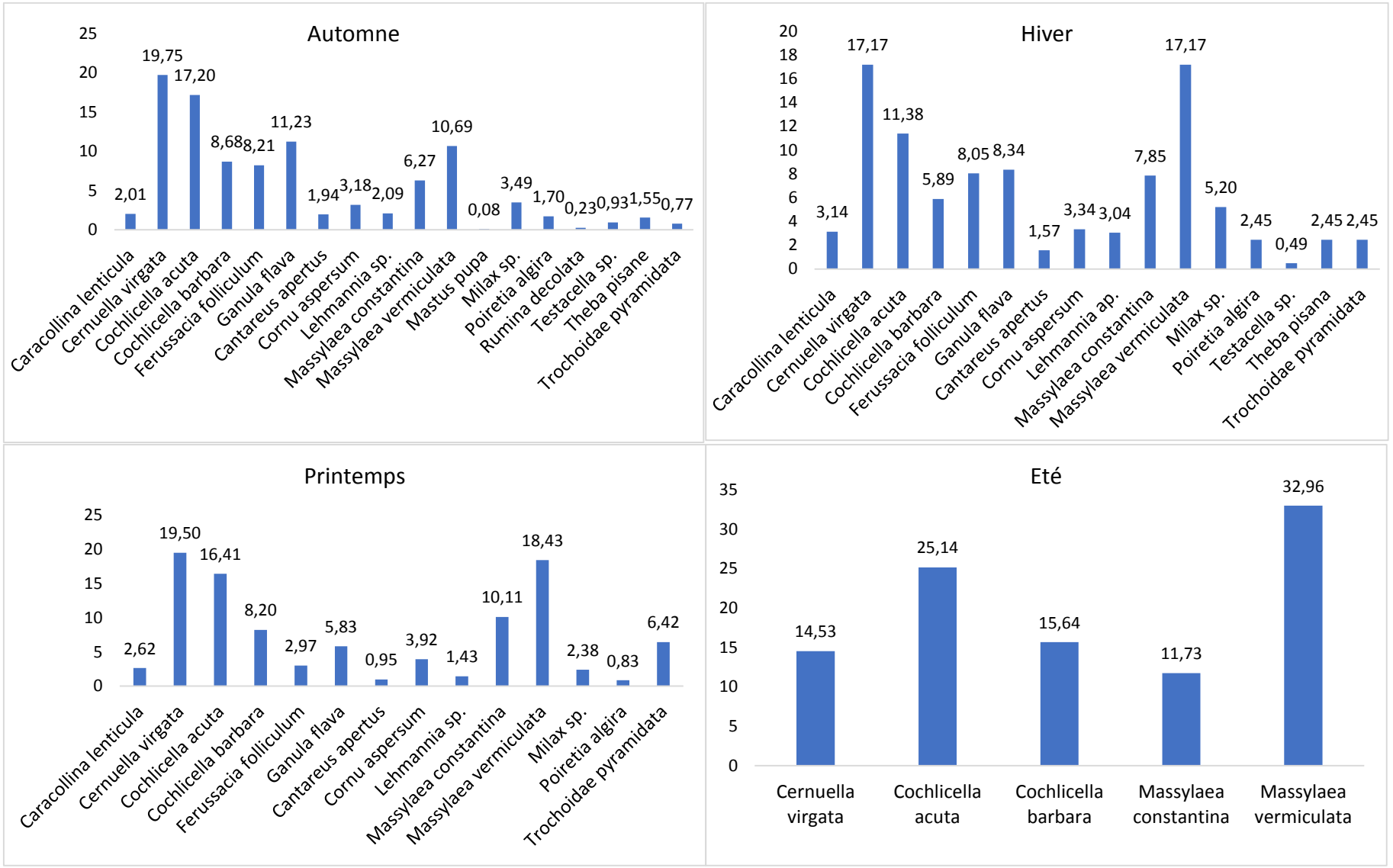


Figure 34 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Dely Ibrahim.

Au niveau de Dely Ibrahim, la richesse spécifique change d'une saison à une autre, elle atteint son maximum en automne avec 18 espèces, 16 en hiver, 15 à la saison printanière et seulement 5 espèces en été. L'abondance de ces espèces fluctue suivant les saisons.

La saison automnale, le peuplement malacologique est dominé par *C. virgata* et *C. acuta* avec des taux de 19.75% et 17.20% de total des espèces, suivie par *G. flava* et *M. vermiculata* avec des abondances relatives de 11.23% et 10.69% respectivement. *M. pupa* et *R. decollata* sont les deux espèces les moins représentées en cette saison avec des fréquences relatives de 0.08% et 0.23% respectivement.

En hiver, *C. virgata* et *M. vermiculata* sont les espèces dominantes avec un taux de 17.17% chacune suivie par *C. acuta* avec une abondance relative de 11.38%. En troisième position, nous avons recensé *G. flava* et *F. folliculum* avec des fréquences relatives de 8.34% et 8.04% respectivement. En dernière position nous signalons la présence de *Testacella* sp. avec une fréquence de 0.49%.

Au printemps, trois espèces dominent ce peuplement à savoir, *C. virgata*, *M. vermiculata* et *C. acuta* avec des fréquences relatives de 18.87%, 17.84% et 15.88% respectivement, suivies par *M. constantina* avec un taux de 9.78% et *C. barbara* avec une abondance de 7.94%. *P. algira* et *C. apertus* sont en derniers de la liste avec des fréquences relatives très faibles qui sont d'ordres de 0.81 et 0.91% respectivement.

La saison estivale, caractérisée par une dominance de *M. vermiculata* avec une fréquence relative de 32.96%, suivie par *C. acuta* avec un taux de 25.14%. *M. constantina* représente l'espèce la moins abondante avec une fréquence de 11.73%.

7.2 Station de Ain Benian

Les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces des gastéropodes terrestres pulmonés recensées au niveau de la station de Ain Benian durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019. Sont résumés dans la figure 35.

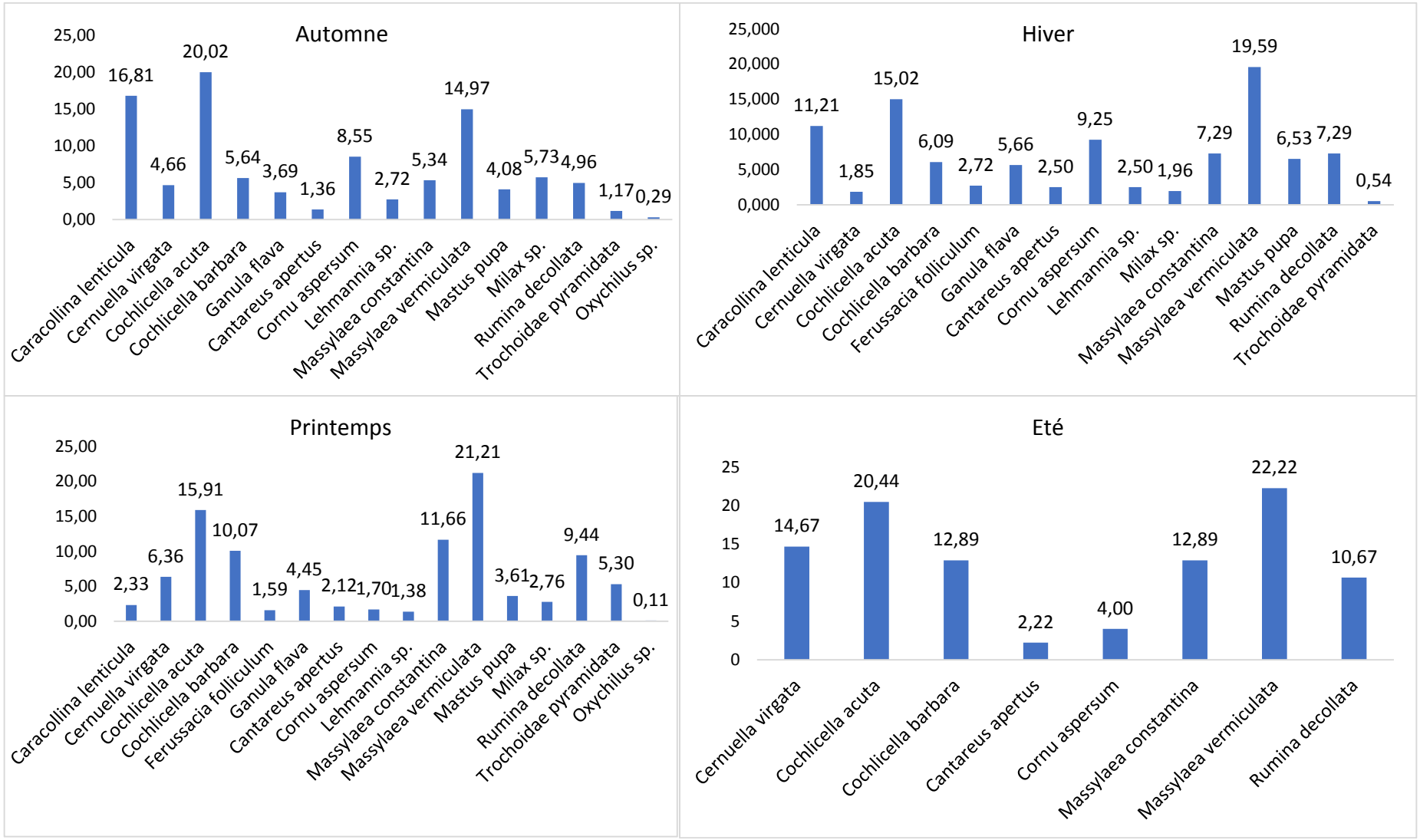


Figure 35 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau d'Ain Benian.

Au niveau de la station de Ain Benian l'abondance relative de chaque espèce fluctue suivant les saisons. En effet, la richesse spécifique est d'ordre de 15 espèces à la saison automnale et hivernale, 16 espèces à la saison printanière et 8 espèces en saison estivale.

La saison automnale est caractérisée par une richesse spécifique de 16 espèces, dominée par *C. acuta* avec une abondance relative de 20.02%, suivie par *C. lenticula* et *M. vermiculata* avec des fréquences relatives de 16.81% et 14.94% respectivement. *C. apertus* et *T. pyramidata* apparaissent avec des taux faibles durant cette saison qui sont de 1.36% et 1.17% respectivement. À la fin vient *Oxychilus* sp. avec une présence très faible et une abondance proche de zéro. Dans cet habitat elle est considérée comme une espèce accidentelle.

La saison hivernale se caractérise par une richesse spécifique de 15 espèces, elles sont dominées par *M. vermiculata* avec une abondance relative de 19.59%, suivie par *C. acuta* et *C. lenticula* avec des fréquences relatives de 15.02% et 11.21% respectivement. *T. pyramidata* vient en dernière position avec un taux très faible qui n'est que de 0.54%.

La saison printanière, avec 16 espèces et avec des fréquences relatives qui fluctuent d'une espèce à une autre. *M. vermiculata* avec un taux de 21.21% du total des espèces, elle domine largement ce peuplement, suivi par *C. acuta* et avec une abondance relative de 15.91%. *M. constantina, C. barbara* et *R. decollata* suivent avec des fréquences relatives de 1.66%, 10.07% et 9.44% respectivement. En dernière position, nous avons recensé *Oxychilus* sp. comme une espèce accidentelle au niveau de cette station et en cette saison avec 0.11% du total des espèces.

La saison estivale, avec ses températures élevées, est caractérisée par une richesse spécifique de 8 espèces seulement, qui sont présentent avec des taux différents. *M. vermiculata* et *C. acuta* dominent ce peuplement avec des taux de 22.22% et 20.44% respectivement, suivies par *C. virgata* et *C. barbara* avec des fréquences de 14.67% et 12.89% respectivement. *C. apertus* occupe la dernière place avec une abondance relative de 02.22% seulement.

7.3 Station de Sidi Moussa

Les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces des gastéropodes terrestres échantillonnées dans la station de Sidi Moussa durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019 sont montrés dans la figure 36.

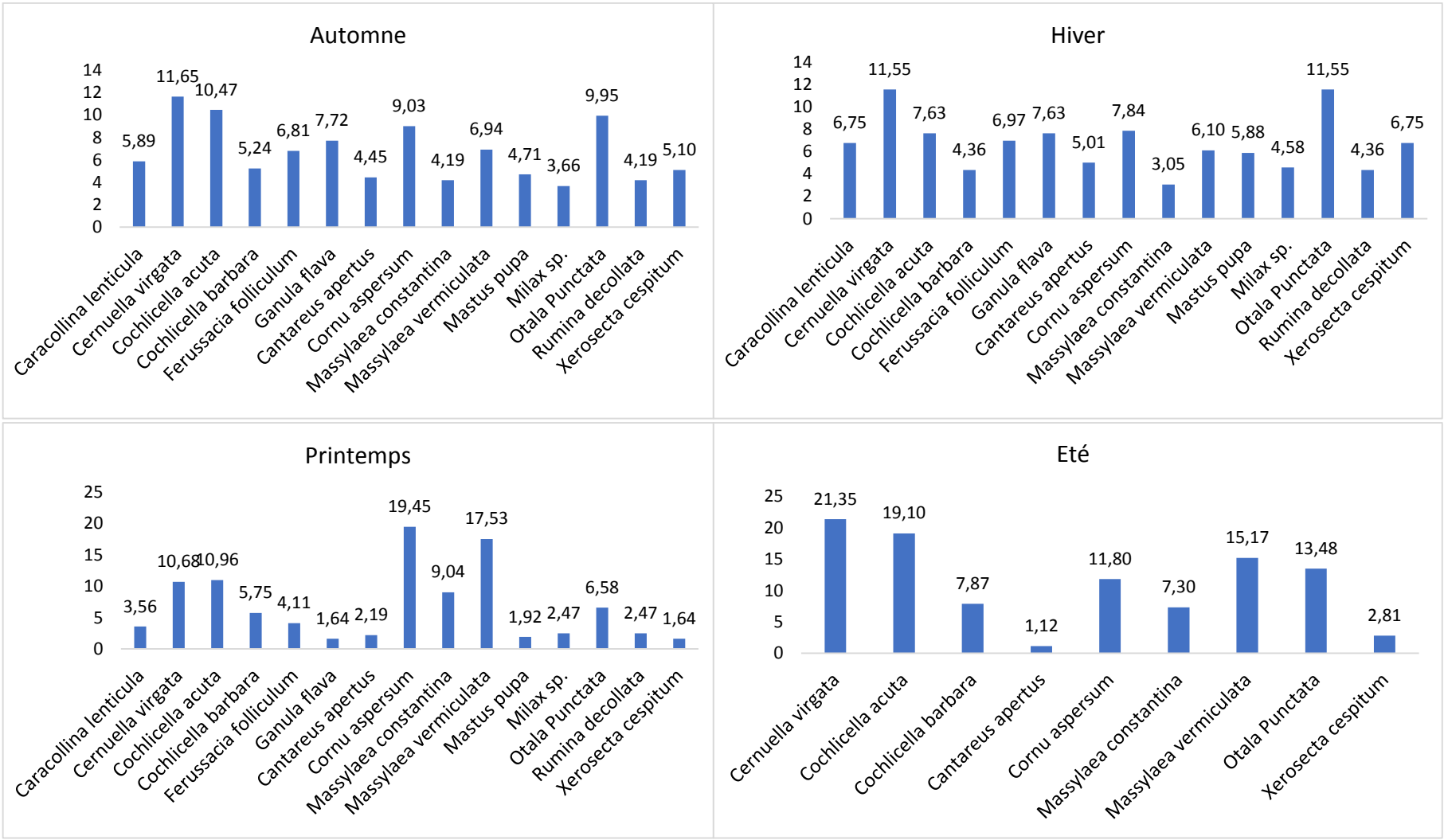


Figure 36 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Sidi Moussa.

La station de Sidi Moussa abrite une richesse spécifique de 15 espèces en automne, en hiver et en printemps. En été 9 espèces seulement sont retrouvées. L'abondance relative de chaque espèce fluctue en fonction des saisons.

En automne, *C. virgata* est la plus dominante avec une fréquence relative de 11.65%, suivi par *C. acuta* avec un taux de 10.47% de total des présences. Ensuite viennent *O. punctata* et *C. aspersum* avec des abondances relatives de 9.95% et 9.03% respectivement, suivie par *G. flava* avec 7.7%. Les autres espèces partagent l'habitat avec environs les mêmes portions.

La saison hivernale est dominée par *C. virgata* et *O. punctata* avec une fréquence de 1.55% chacune. Les autres espèces ont une présence homogène dans le milieu avec des abondances relatives oscillent entre 4% et 7%. *M. constantina* est plus faiblement représentée dans cette saison avec un taux de 3.05%.

Au printemps, *C. aspersum* et *M. vermiculata* sont largement dominantes avec des fréquences de 19.45% et 17.53% respectivement. Suivies par *C. virgata* et *C. acuta* avec des taux de 10.58% et 10.96% respectivement. *G. flava* et *X. cespitum* sont les deux espèces les moins représentées dans cette saison avec des abondances relatives de 1.64% chacune.

En saison estivale, *C. virgata* et *C. acuta* dominent les autres espèces avec des fréquences relatives de 21.35% et 19.10% respectivement. Suivie par *M. vermiculata* avec une abondance relative de 15.17% et par *O. punctata* avec un taux de 13.48%. *X. cespitum* et *C. apertus* sont les moins retrouvés en cette saison avec des fréquences de 2.81% et 1.12% respectivement.

7.4 Station de Tamentfoust

Les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces d'escargot et de limaces terrestres échantillonnées dans la station de Tamentfoust durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019 sont dans la figure 37.

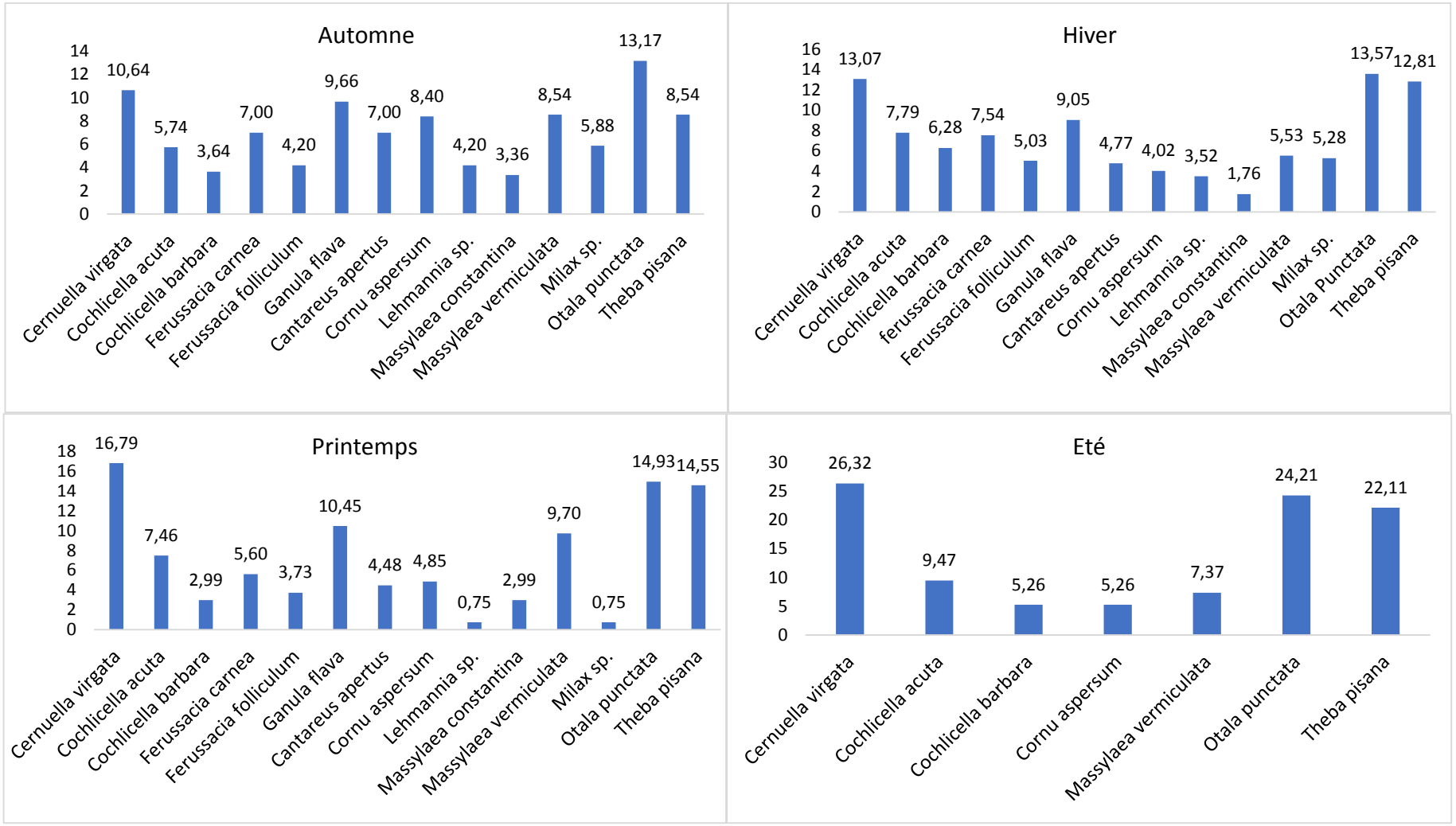


Figure 37 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Tamentfout.

Au niveau de la station de Tamentfoust, l'abondance de chaque espèce fluctue d'une saison à une autre. Cette station est occupée par une richesse spécifique de 14 espèces en automne, hiver et au printemps. En été seulement 7 espèces ont été identifiées.

En automne, *O. punctata* domine les présences des espèces dans cette région avec une fréquence relative de 13.17%, suivie par *C. virgata* et *G. flava* avec des abondances de 10.64% et 9.66% respectivement. En troisième position, se retrouve *M. vermiculata* et *T. pisana* avec un taux de 8.54% chacune, suivies par *C. aspersum* avec 8.40%. *F. carnea* et *C. apertus* partagent le milieu avec une abondance relative de 7% chacune.

En hiver, ce peuplement est dominé par *O. punctata, C. virgata* et *T. pisana* avec des fréquences relatives de 13.57%, 13.07% et 12.81% respectivement, suivies par *G. flava* avec un taux de 9.05%. Les autres espèces sont en équipartition dans l'habitat en cette saison avec des abondances relatives entre 4 et 8%. En dernier *M. constantina* est la moins représentée avec une fréquence de 1.79% seulement.

Au printemps, *C. virgata*, *O. punctata* et *T. pisana* continuent de dominer ce peuplement malacologique avec des abondances relatives de 16.79%, 14.93% et 14.55% respectivement, suivies par *G. flava* avec un taux de 10.45% et par *M. vermiculata* avec une fréquence de 9.70%. *Lehmannia* sp. et *Milax* sp. sont deux limaces de familles différentes qui sont les moins représentées en cette saison avec une abondance relative de 0.76% chacune.

Pendant la saison estivale, trois espèces sont dominantes à savoir *C. virgata* avec une abondance de 26.32%, *O. punctata* avec 24.21% et *T. pisana* avec 22.11%. Les autres espèces sont moins représentées avec une valeur inférieure à 5.26% pour *C. barbara* et *C. aspersum.*

7.5 Station de Douera

Les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces d'escargots et de limaces échantillonnées dans la station de Douera durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019 sont représentés dans la figure 38.

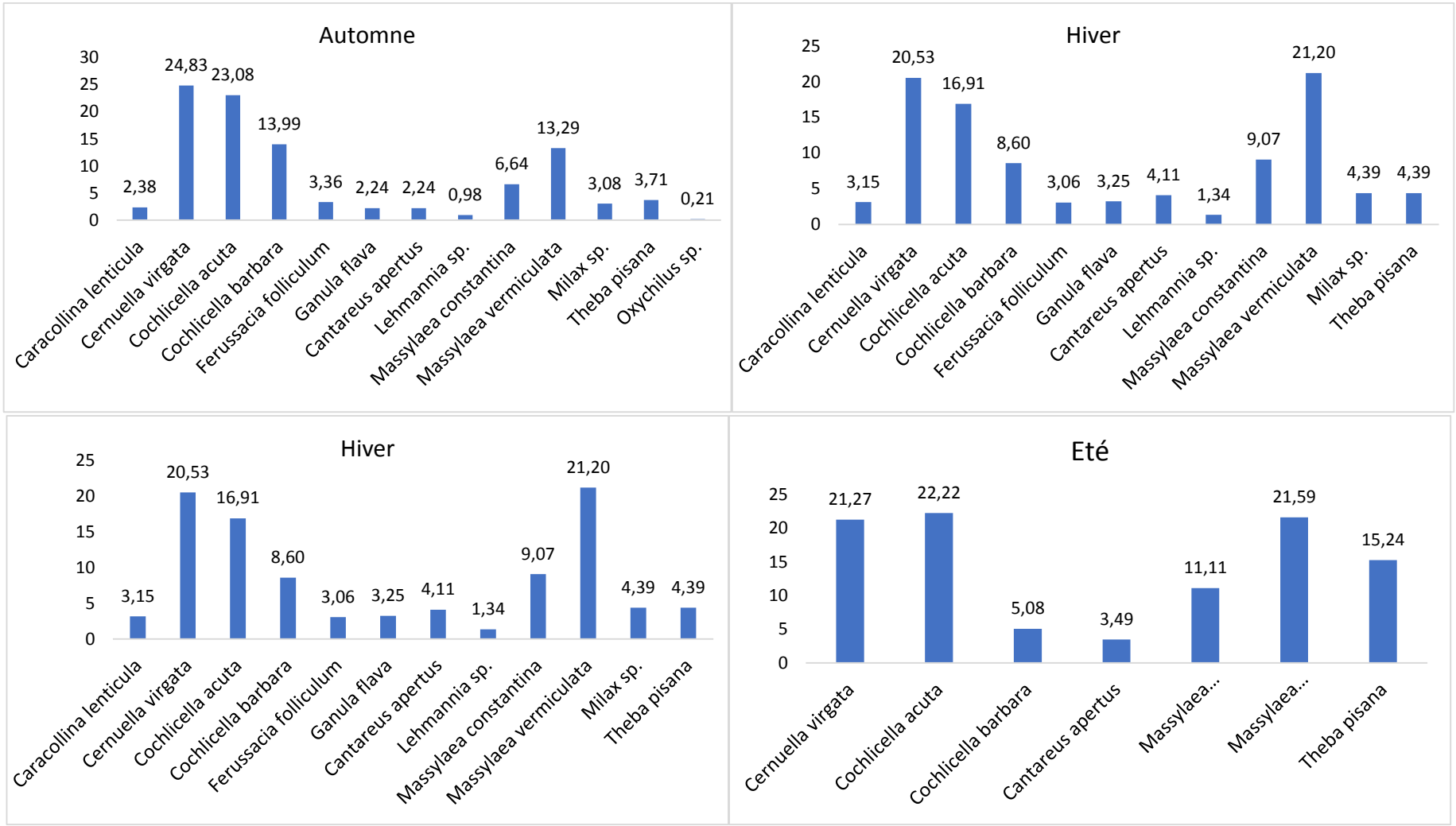


Figure 38 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Douera.

Au niveau de la station de Douera, nous avons recensé une richesse spécifique de 12 espèces en automne et en hiver, 13 espèces en printemps et 7 en été.

En automne, *C. virgata* et *C. acuta* dominent ce peuplement avec des taux de 24.83% et 23.08% respectivement, suivi par *C. barbara* et *M. vermiculata* avec des abondances relatives de 13.99% et 13.29% respectivement. Les autres espèces sont moins représentées, dont *Lehmannia* sp. et *Oxychilus* sp. sont les deux espèces les plus faiblement représentées dans ce peuplement à cette saison avec des fréquences relatives de 0.98% et 0.21% chacune.

En hiver, *M. vermiculata* prend le dessus avec un taux de 21.20%, suivie par *C. virgata* et *C. acuta* avec des abondances relatives de 20.53% et 16.91% respectivement. La troisième position est occupée par *M. constantina* et *C. barbara*, avec des fréquences relatives de 9.07% et 8.60% respectivement. *Lehmannia* sp. est l'espèce la moins représentée à cette saison avec une fréquence de 1.34%.

Au Printemps, *M. vermiculata* et *C. virgata* continuent à dominer ce peuplent malacologique pendant cette période avec des abondances relatives de 23.29% et 22.68% respectivement, suivie par *C. acuta* avec un taux de 17.88%. *Oxychilus* sp. réapparait en cette saison avec un taux très faible qui est d'ordre de 0.1% seulement.

En été, trois espèces sur les sept présentes sont dominantes, à savoir, *C. acuta* avec une fréquence relative de 22.22%, *M. vermiculata* 21.59% et *C. virgata* avec 21.27%. *C. barbara* et *C. aper*tus sont les espèces les moins retrouvées à cette saison avec des abondances relatives de 5.08% et 3.49% respectivement.

8 Variation saisonnière des indices écologiques de structures au niveau des différentes stations de la région d'Alger

Les résultats des variations saisonnières de l'indice de diversité de Shannon (H') et d'Équitabilité de Peilou (E) calculés pour les espèces recensées au niveau des différentes stations de la région d'Alger sont notés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Variation saisonnière des indices écologiques de structure dans les stations de la région Alger.

	H'				**E**			
	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver	Printemps	Été	Automne
Dely Ibrahim	3,57	3,37	2,21	3,46	0,89	0,86	0,95	0,83
Ain Benian	3,5	3,44	2,77	3,42	0,89	0,86	0,89	0,86
Sidi Moussa	3,82	3,45	2,88	3,82	0,98	0,88	0,91	0,97
Tamentafoust	3,63	3,42	3,63	3,7	0,9	0,97	0,95	0,97
Douera	3,13	2,97	2,58	2,98	0,78	0,81	0,92	0,81

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon sont importantes dans toutes les stations d'échantillonnages. La station de Sidi Moussa est caractérisée par l'indice de diversité le plus important durant les saisons hivernale, printanière et automnale avec des valeurs d'ordre de 3.82, 3.45 et 3.82 respectivement. La station de Douera est marquée par les valeurs les plus petites de cet indice durant les saisons hivernales, printanières et automnales qui sont de 3.13, 2.97 et 2.98 respectivement.

La saison estivale est marquée par une valeur la plus importante de l'indice de Shannon de 3.63 comme un maximum au niveau de Tamentfoust et 2.21 comme un minimum à de Dely Ibrahim. Pour l'indice d'Équitabilité, nous avons enregistré des valeurs élevées dans toutes les stations et durant toutes les saisons, elles sont comprises entre 0.78 et 0.98. Ce résultat nous renseigne sur la tendance des espèces des peuplements des gastéropodes terrestres à être en équilibre entre elles dans les stations échantillonnées.

9 Indice de similitude S' entre les stations de la région d'Alger

Les résultats du calcul de l'indice de similitude (S') s'est fait entre deux stations, ceci permet de comparer la similarité des stations deux à deux (Tab. 12).

Tableau 12 : Valeurs du coefficient de similarité de Sorensen appliquées à différentes espèces de gastéropodes terrestres dans les stations de la région d'Alger.

	Dely Ibrahim	**Ain Benian**	**Sidi Moussa**	**Tamentfoust**	**Douera**
Dely Ibrahim	100	-	-	-	-
Ain Benian	**82.35**	100	-	-	-
Sidi Moussa	78.78	**83.87**	100	-	-
Tamentfoust	75	73.33	75.86	100	-
Douera	70.96	**82.75**	71.43	**82.75**	100

La similarité des espèces entre les stations est très élevée, elle est supérieure à 70% entre toutes les stations étudiées de la région d'Alger, avec une différence dans le degré de similarité.

Le minimum de cet indice est enregistré entre Douera et Dely Ibrahim avec une similarité de 70.96% et entre Douera et Sidi Moussa avec 71.43%. Le maximum est noté entre Ain Benian et Sidi Moussa avec une similarité de 83.87%. Suivie par les valeurs entre Ain Benian et Douera et Ain Benian et Dely Ibrahim qui sont de 82.75% et 82.35% respectivement.

10 Analyse Factorielle des Correspondances pour les stations de la région d'Alger

Le test porte sur une analyse factorielle des correspondances des variations en composition des espèces de gastéropodes terrestres dans les différentes stations d'échantillonnage de la région d'Alger. Cette analyse se base sur les abondances des différentes espèces dans chaque station. Les résultats de l'AFC pour les différentes espèces d'escargots et de limaces inventoriés dans les différentes stations de la région d'Alger sont montrés dans la Figure 39.

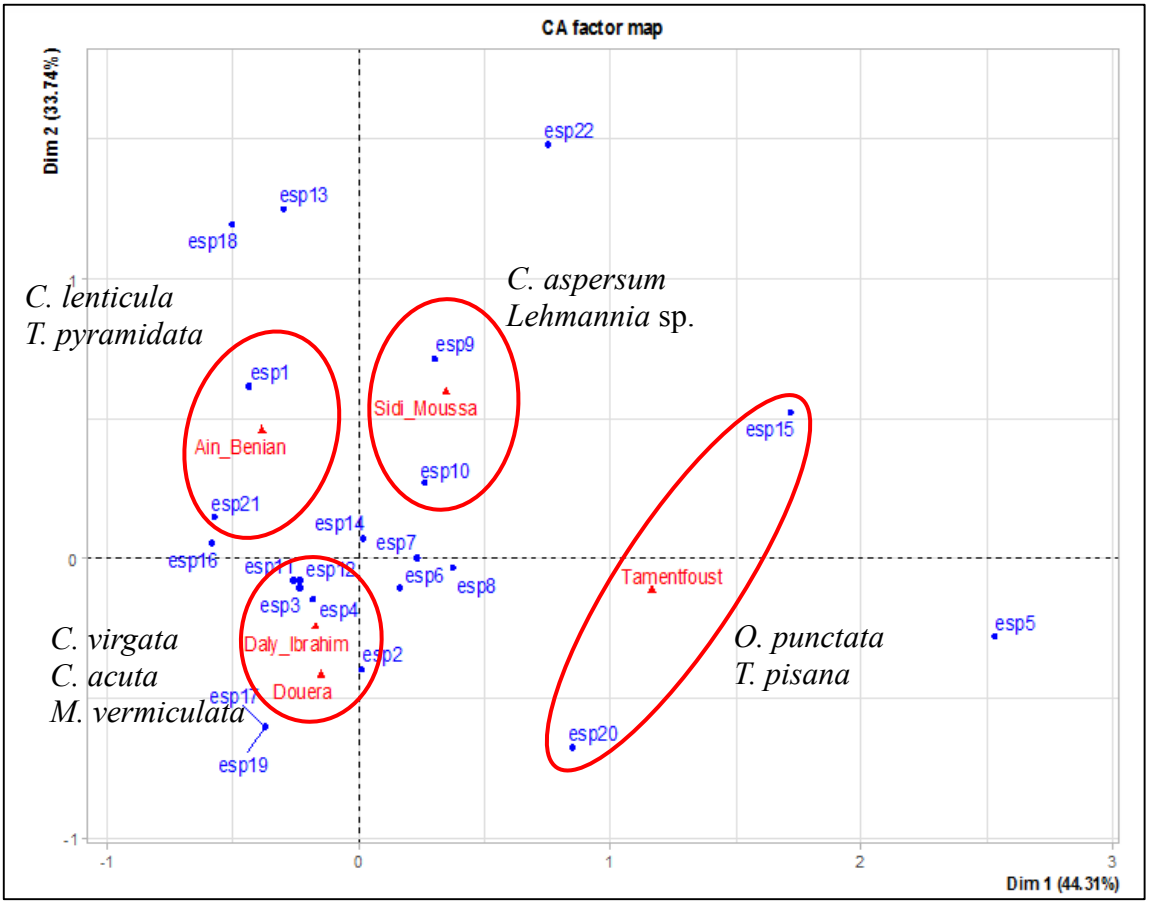


Figure 39 : Graphe de l'Analyse Factorielle des Correspondances des stations de la région d'Alger.

Station	Contribution	
	Axe 1	**Axe 2**
Ain Benin	16,357	30,673
Dely Ibrahim	3,395	8,988
Douera	2,964	29,877
Tamentfoust	69,575	0,841
Sidi Moussa	7,709	29,622

Code	Espèce	Contribution		Code	Espèce	Contribution	
		Axe1	**Axe 2**			**Axe1**	**Axe 2**
Esp1	*C. lenticula*	3,629	9,5	**Esp12**	*M. vermiculata*	4,019	0,551
Esp2	*C. virgata*	0,009	14,75	**Esp13**	*M. pupa*	0,636	14,825
Esp3	*C. acuta*	4,032	1,075	**Esp14**	*Milax* sp.	0,005	0,119
Esp4	*C. barbara*	1,176	1,017	**Esp15**	*O. punctata*	39,895	4,873
Esp5	*F. carnea*	21,118	0,335	**Esp16**	*Oxychilus* sp.	0,094	0,001
Esp6	*F. folliculum*	0,461	0,257	**Esp17**	*P. algirus*	0,259	0,902
Esp7	*G. flava*	1,352	0	**Esp18**	*R. decollata*	2,607	19,376
Esp8	*C. apertus*	1875	0,018	**Esp19**	*Testacella* sp.	0,082	0,284
Esp9	*C. aspersum*	1,894	13,989	**Esp20**	*T. pisana*	10,473	8,641
Esp10	*Lehmannia* sp.	0,669	0,942	**Esp21**	*T. pyramidata*	1,776	0,156
Esp11	*M. constantina*	2,332	0,276	**Esp22**	*X. cespitum*	1,607	8,112

La contribution à l'inertie totale des espèces d'escargots et limaces dans les 5 stations d'échantillonnage au niveau de la région d'Alger est égale à 44.31% pour l'axe 1 et de 33.74% pour l'axe 2. La somme de ses deux taux est égale à 78.01%, par conséquent, l'ensemble des informations sont contenues dans le plan formé par les deux axes.

La contribution des stations à la formation des deux axes est la suivante :

Axe 1 : La station de Tamentfoust contribue à la formation de cette dimension avec le pourcentage le plus important par rapport aux autres stations qui est de 69.67%, ensuite vient la station de Ain Benian avec un pourcentage de 16.36%. La station de Sidi Moussa à une participation de 7.70%, suivie par les stations de Dely Ibrahim et Douera avec des pourcentages de 3.4% et 2.96% respectivement.

Axe 2 : Pour cet axe, trois stations ont la plus importante contribution à sa création, Ain Benian avec un pourcentage de 30.67%, Douera avec 29.87% et Sidi Moussa avec 29.62%. La station

de Dely Ibrahim participe avec un taux de 8.99%, suivie par la station de Tamentfoust qui a la plus faible contribution qui est de 0.84%.

La contribution des différentes espèces à la formation des deux axes est la suivante :

Axe 1 : Les espèces les plus contributives à la formation de cette dimension sont *O. punctata* avec un pourcentage de 39.89%, suivie par *F. carnea* avec un taux de 21.12%. *T. pisana* participe avec un pourcentage de 10.47%.

Oxychilus sp., *Testacella* sp., *C. virgata* et *Milax* sp. ont une contribution les plus faibles pour la formation de cet axe avec des pourcentages de 0.094%, 0.082%, 0.009% et 0.005% respectivement.

Axe 2 : La contribution la plus importante pour la création de cet axe est celle de *Testacella* sp. avec un pourcentage de 19.37%, suivie par *M. pupa*, *C. virgata* et *C. aspersum* avec des pourcentages de contribution de 14.82%, 14.75% et 13.99% respectivement. *C. lenticula*, *T. pisana* et *X. cespitum* contribuent pour la formation de l'axe 2 avec des pourcentages presque égaux qui sont 9.5%, 8.64% et 8.11% respectivement.

Oxychilus sp. contribue avec un pourcentage très faible qui est de 0.001% seulement, cependant, *G. flava* a une contribution nulle pour la création de cet axe.

11 Résultats des Analyse physico-chimique des sols des stations de la région d'Alger

Les résultats des analyses physicochimiques du sol des stations d'Alger sont mentionnés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Caractères physicochimiques du sol des stations de la région d'Alger.

Station	pH	Calcaire total %	M. O %	Texture
Dely Ibrahim	7.3	62.5	8.18	Argilo- limoneuse
Ain Benian	7.9	62.5	4.41	Limono-sableuse
Sidi Moussa	6.6	75	11.5	Limono-argileuse
Tamentafoust	6.7	68.7	7.41	Argileuse
Douera	6.9	81	3.49	Argilo- limoneuse

Au niveau de la région d'Alger, le pH est neutre au niveau de Dely Ibrahim, Douera et Tamentfoust, moyennement alcalin à Ain Benian et faiblement acide à Sidi Moussa. Les résultats révèlent que le sol est Argilo-sableux au niveau d'Ain Benian, Dely Ibrahim et Douera. Il est d'une texture argileuse à Tamentfoust et limono-argileuse à Sidi Moussa. Les cinq stations

présentent des sols de type très fortement calcaire et des teneurs élevées en matière organique, excepté la station de Douera qui est bien pourvue en matière organique.

11.1 Analyse des corrélations au niveau de la station d'Alger

Les résultats des corrélations entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse spécifique des populations d'escargots au niveau des stations des régions d'Alger sont mentionnés dans le tableau 14 et la figure 40.

Tableau 14 : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse spécifique des gastéropodes terrestres au niveau de la région d'Alger

	pH	**$CaCO_3$**	**MO**	**S**
pH	1,00	-0,68	-0,52	0,54
$CaCO_3$	-0,68	1,00	-0,06	-0,82
MO	-0,52	-0,06	1,00	0,31
S	0,54	-0,82	0,31	1,00

En rouge, valeurs significatives au seuil α= 5% (test bilatéral).

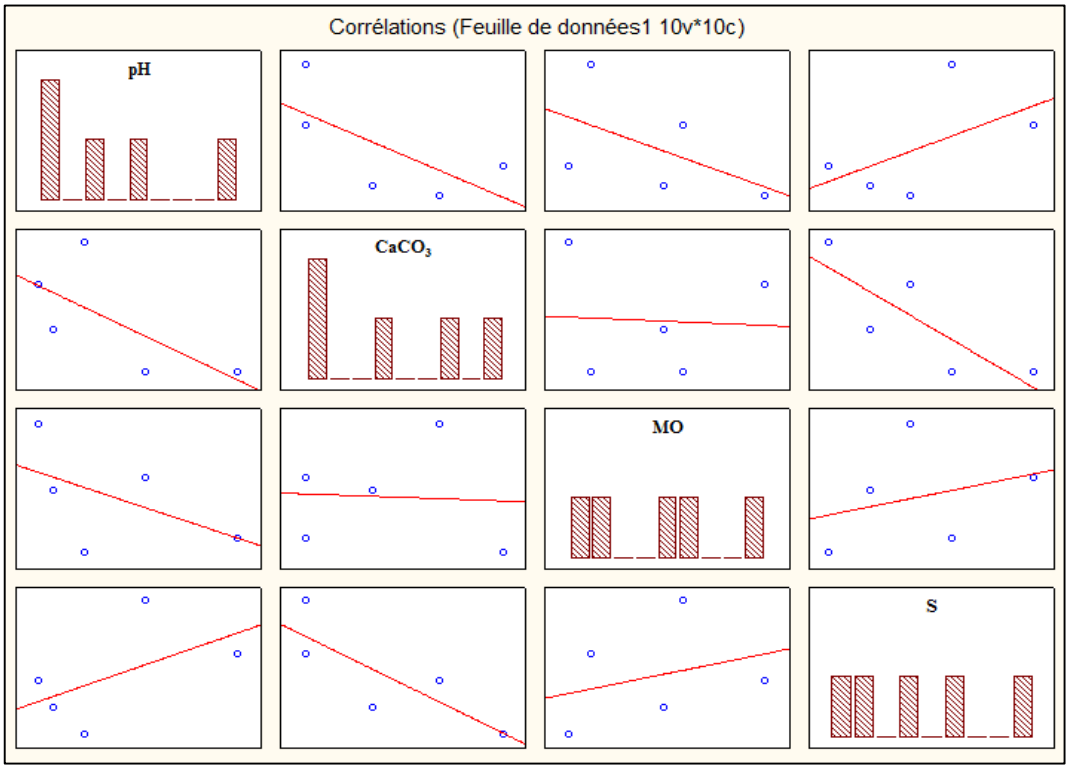


Figure 40 : Corrélation des propriétés des sols et la richesse spécifique au niveau de la région d'Alger

Le tableau 21 et la figure 50 montrent que la richesse spécifique « S » est positivement corrélée au pH. La richesse spécifique montre une corrélation négative au taux de calcaire total $CaCO_3$. Le pH est corrélé négativement à la matière organique et au taux de calcaire total.

12 Estimation de la richesse spécifique dans la région d'Alger

Les résultats des calculs des différents estimateurs de diversité sont représentés dans le tableau 15

Tableau 15 : Estimateurs de diversité dans la région d'Alger

S. Obs	Chao	Chao.se	Jack1	Jack1.se	Jack2	Boot	Boot.se
22	24.13333	2.863823	25.2	2.039608	26.25	23.57568	1.264576

Au niveau de la région d'Alger, la richesse spécifique estimée est plus élevée que la diversité recensée, qui est de 22 espèces, avec les différentes méthodes de prélèvements (Tab. 15).

Suivant les différents estimateurs utilisés, le nombre de nouvelles espèces à découvrir dans cette région est de 3 à 4 espèces selon les indices de Jackknife1 et Jackknife2, deux espèces selon l'indice de Chao et une seule espèce seulement suivant l'indice de Bootstrap.

Tableau 16 : Estimation de la richesse spécifique totale des gastéropodes terrestre d'Alger

	Valeur	Complétude	Complétude moyenne
S Observée	22		
Chao	24.13	90.42%	88.71%
Jackknife1	25.2	873%	
Jackknife2	26.25	83.81%	
Bootstrap	23.58	93.3%	

Le taux de la complétude calculé à la base des moyennes des quatre estimateurs de la diversité est de 88.71%, ce qui suggère que plus que trois-quarts des espèces de cette région ont été recensées.

L'insuffisance de l'effort d'échantillonnage dans la région d'étude est confirmée par la croissance de la courbe d'accumulation de la richesse spécifique (S. Obs) et sa divergence par rapport à celles de l'estimateur étudié (Fig. 41).

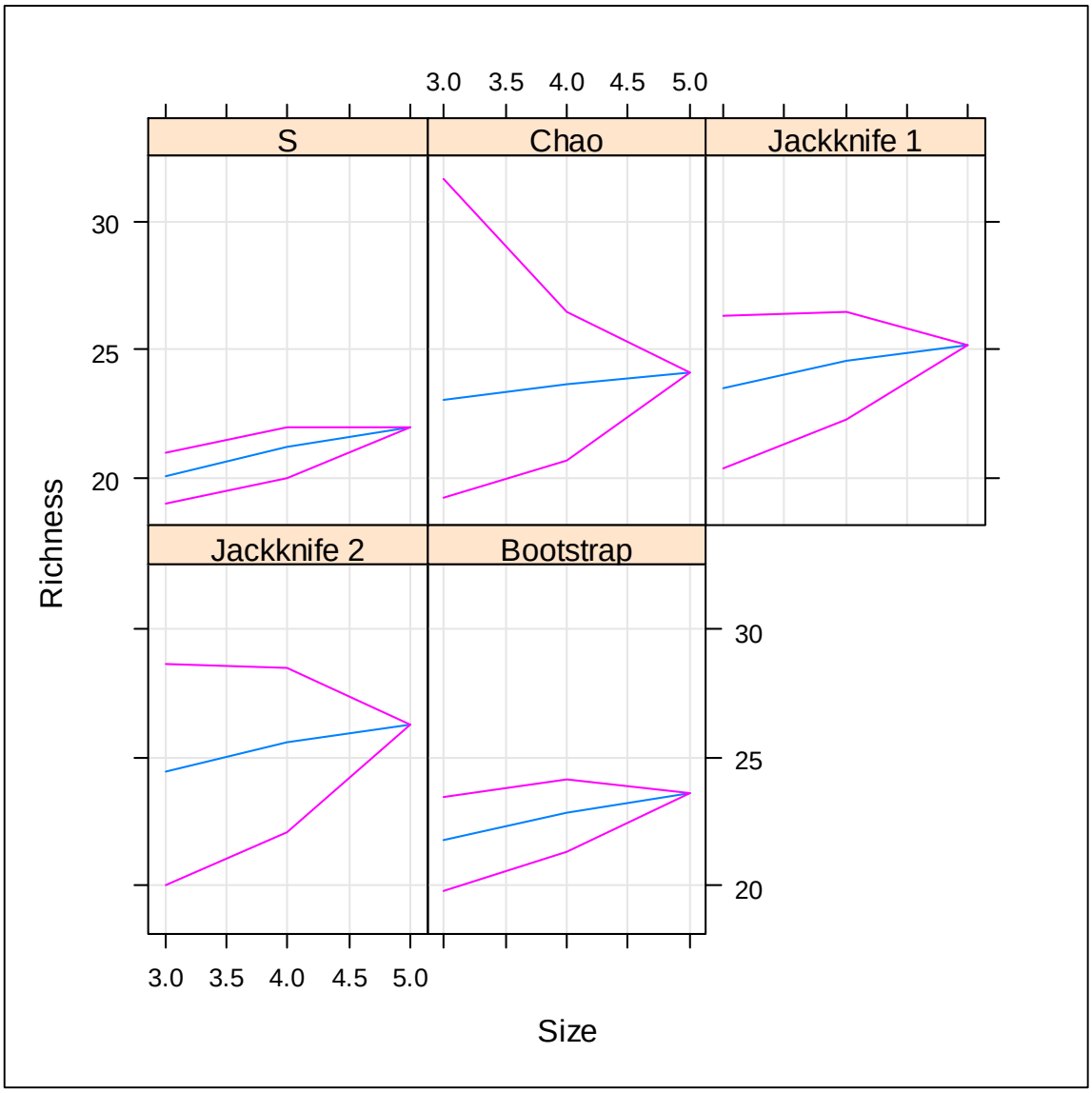


Figure 41 : Courbe d'accumulation de la richesse spécifique avec les différents estimateurs pour la région d'Alger.

13 Diversité et abondance relative des gastéropodes terrestres recensés dans la région de Boumerdes

Dans la région de Boumerdes, 4 sites d'échantillonnages sont choisis. Après le ramassage, le tri et l'identification des spécimens, nous avons établi une liste de 26 espèces appartenant à 13 familles qui apparaissent avec des taux différents

Les résultats de l'inventaire des gastéropodes terrestres pulmonés dans la région d'Alger et l'abondance relative de chaque espèce recensée sont résumés dans la figure 42.

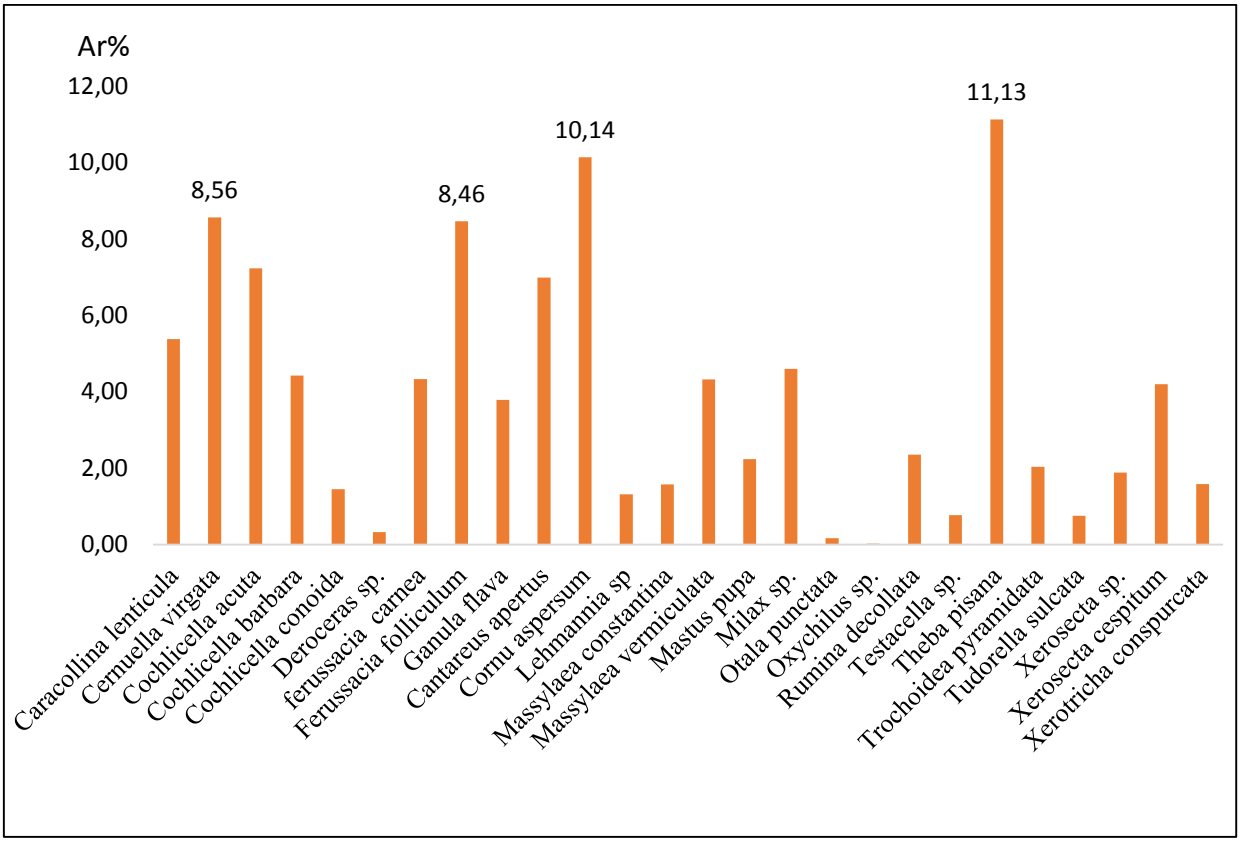


Figure 42 : Variations de l'abondance relative des espèces malacologiques recensées au niveau de la région de Boumerdes.

La richesse spécifique de la région de Boumerdes est dominée par les Geomitridae avec 8 espèces, suivies par les Helicidae avec 6 espèces et les Ferussaciidae avec 2 espèces. Les autres familles sont représentées par une seule espèce chacune.

T. pisana domine ce peuplement malacologique avec une abondance relative de 11.13%, suivie par *C. aspersum* avec un taux de 10.14%. En deuxième position viennent *C. virgata* et *F. folliculum* avec des fréquences relatives de 8.56 et 8.46% respectivement.

Deroceras sp., *O. punctata* et *Oxychilus* sp. sont représentées avec des taux très faibles. Leurs abondances relatives qui sont inférieures à 1%, classent ces espèces dans la catégorie des espèces accidentelles dans ces stations d'études.

13.1 Richesse spécifique des différentes stations de Boumerdes

Les résultats de la richesse spécifiques de chaque station d'échantillonnage dans la région de Boumerdes sont notés dans la figure 43.

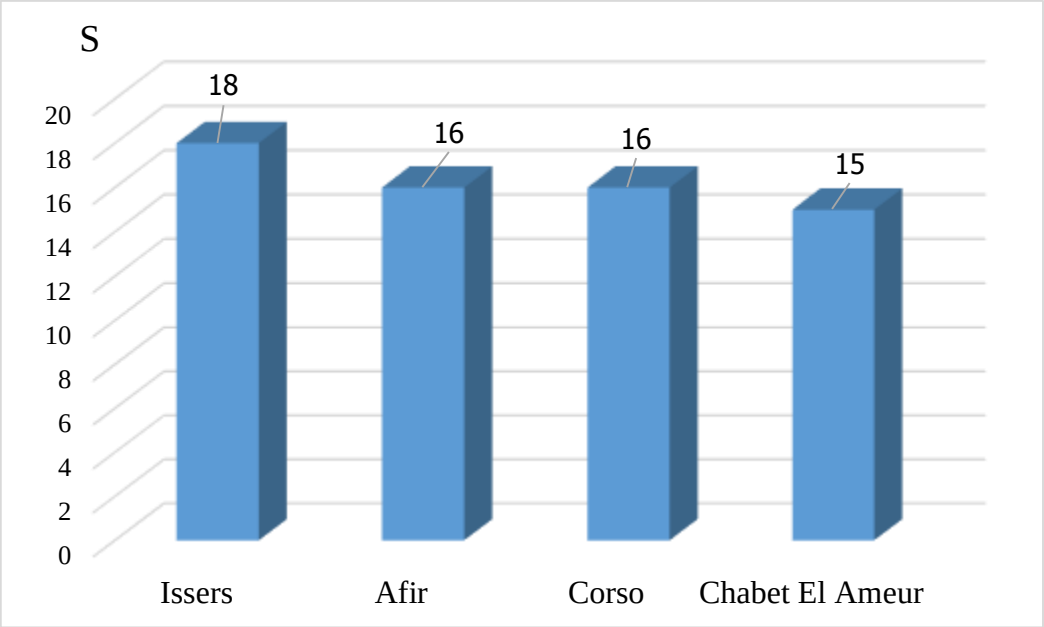


Figure 43 : Richesse spécifique des différentes stations de la région de Boumerdes.

La richesse spécifique totale de la région de Boumerdes est de 26 espèces, cette richesse diffère d'une station à une autre. Au niveau de la station des Issers nous avons recensé 18 espèces différentes, 16 espèces retrouvées au niveau de Corso et Afir, enfin 15 espèces à Chabet El Ameur.

13.2 Densité des différentes familles des gastéropodes terrestres au niveau des stations de la région de Boumerdes

Les familles des gastéropodes terrestres présentent dans les différentes stations de la région de Boumerdes sont distribuées avec des densités différentes, les familles des Geomitridae et des Helicidae sont apparues au niveau de toutes les station (Fig. 44)**.**

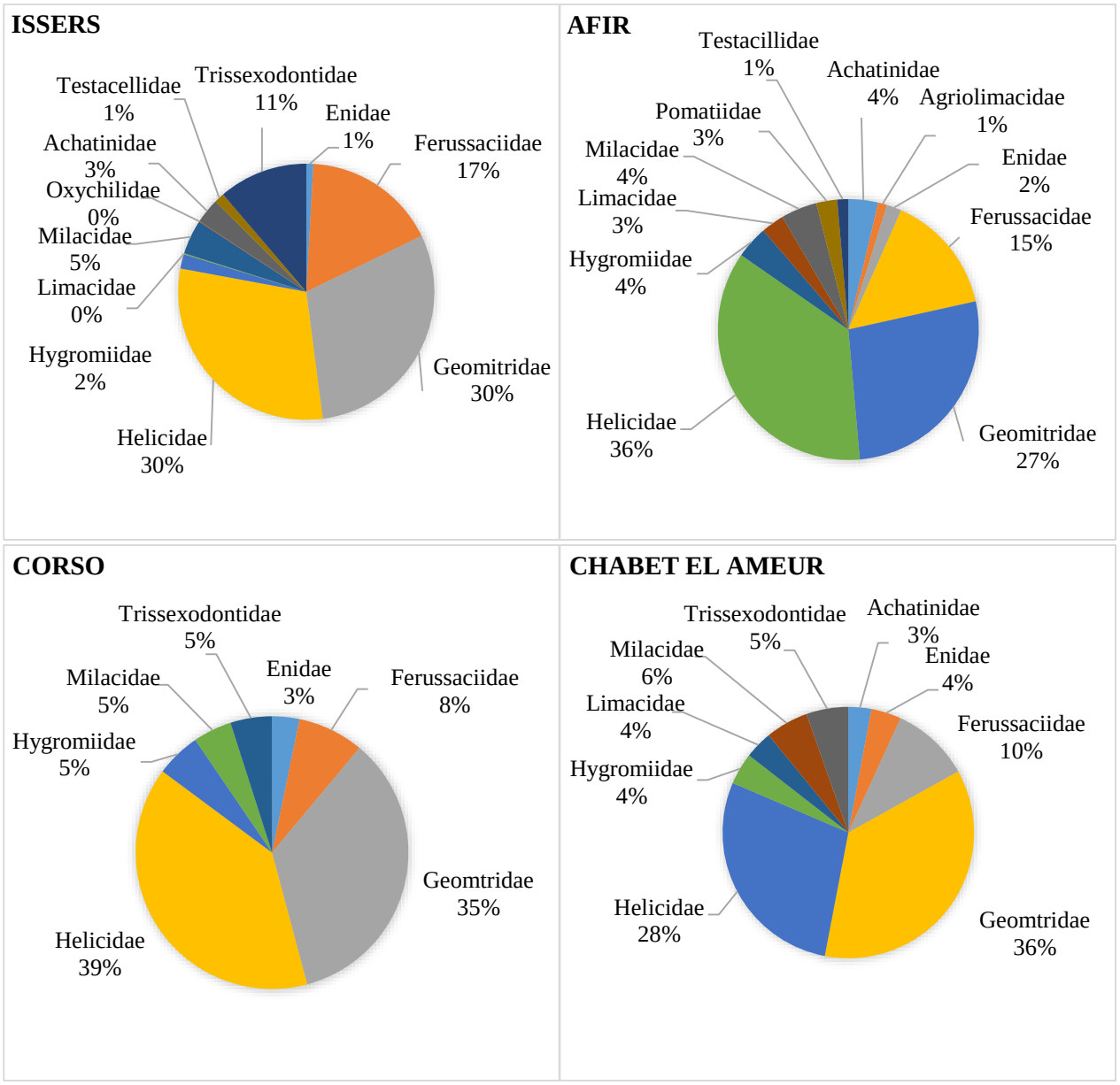


Figure 44 : Part des familles des gastéropodes recensées dans les différentes stations de la région de Boumerdes.

Au niveau de la station d'Afir, les Helicidae et les Geomitridae sont les familles les plus représentées avec des fréquences relatives de 37% et 28%, suivies par les Ferussaciidae avec une abondance relative de 15%. Les autres familles sont peu abondantes.

La station de Corso est dominée par les Helicidae avec une fréquence de 39%, suivie par les Geomitridae avec 35%. Les Ferussaciidae sont en troisième position avec un taux de 8%. Les autres familles sont peu fréquentes.

À la station des Issers, les familles des Helicidae et les Geomitridae sont marquées par la même portion qui est de d'ordre de 30%, suivies par les Ferussaciidae et les Trissexodontidae avec

des fréquences centésimales de 17% et 11% respectivement. Les autres familles sont moins marquées.

Au niveau de Chabet El Ameur, la famille la plus présentée est celle des Geomitridae avec une abondance relative de 36%, suivie par les Helicidae avec un taux de 28%. Les Ferussaciidae sont en troisième position avec une abondance relative de 10%, les autres familles sont moins abondantes dans cet habitat.

14 Distribution des espèces des gastéropodes terrestres dans les différentes stations de la région de Boumerdes

La distribution, l'abondance relative, la densité et la fréquence d'occurrence de chaque espèce d'escargots et de limaces diffèrent d'une station d'échantillonnage à une autre.

14.1 Station des Issers

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des escargots et des limaces au niveau de la station des Issers, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées aux Issers.

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Ferussacia folliculum	16,94	42,44	75,00	Constante
Cochlicella acuta	12,06	22,67	100,00	Omniprésente
Cernuella virgata	11,31	21,25	100,00	Omniprésente
Caracollina lenticula	11,26	28,22	75,00	Constante
Theba pisana	9,98	18,75	100,00	Omniprésente
Massylaea vermiculata	7,32	13,75	100,00	Omniprésente
Cochlicella barbara	6,74	12,67	100,00	Omniprésente
Cantareus apertus	5,41	12,20	83,33	Omniprésente
Cornu aspersum	4,97	11,20	83,33	Omniprésente
Milax sp.	4,35	12,25	66,67	Constante
Rumina decollata	3,15	6,45	91,67	Omniprésente
Ganula flava	1,82	13,67	25,00	Accessoire
Massylaea constantina	1,73	4,33	75,00	Constante
Testacella sp.	1,29	4,14	58,33	Régulière
Mastus pupa	0,89	6,67	25,00	Accessoire
Otala punctata	0,58	4,33	25,00	Accessoire
Lehmannia sp.	0,13	1,50	16,67	Accidentelle
Oxychilus sp.	0,09	2,00	8,33	Accidentelle

L'identification des espèces de la station des Issers a révélé une richesse de 11 familles réparties en 15 genres et 18 espèces d'escargots et de limaces. Sur les 18 espèces répertoriées, 8 espèces sont omniprésentes, 4 sont constantes, une seule espèce régulière, 2 sont accessoires et 2 espèces sont accidentelles.

F. folliculum est la plus dominante dans cette station avec une fréquence relative de 19.94% et une densité de 42.44 individus/200m^2, suivie par *C. acuta*, *C. virgata* et *C. lenticula* avec des taux de 12.06% et 11.31% et 11.26% respectivement. Les espèces les moins abondantes sont en nombre de 4 qui sont *M. pupa, O. punctata, Lehmannia* sp. et *Oxychilus* sp. avec une fréquence relative inférieure à 1%.

14.2 Station d'Afir

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de la station d'Afir, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Abondance relative, densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Afir.

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Cornu aspersum	20,39	42,18	91,67	Omniprésente
Ferussacia carnea	14,89	33,9	83,33	Omniprésente
Cantareus apertus	9,8	20,27	91,67	Omniprésente
Cernuella virgata	9,05	17,17	100	Omniprésente
Xerosecta cespitum	8,3	15,75	100	Omniprésente
Trochoidae pyramidata	6,99	14,45	91,67	Omniprésente
Theba pisana	5,89	11,17	100	Omniprésente
Milax sp.	4,48	12,75	66,67	Constante
Ganula flava	4,04	10,22	75	Constante
Rumina decollata	3,69	7,64	91,67	Omniprésente
Lehmannia sp.	2,86	8,13	66,67	Constante
Xerosecta sp.	2,72	6,2	83,33	Omniprésente
Tudorella sulcata	2,59	6,56	75	Constante
Mastus pupa	1,85	4,67	75	Constante
Testacella sp.	1,36	3,88	66,67	Constante
Deroceras sp.	1,1	4,17	50	Régulière

La station d'Afir abrite une richesse spécifique de 16 espèces appartenant à 14 genres et 11 familles. Sur les 16 espèces capturée, 9 espèces sont omniprésentes, 6 espèces sont constantes et une seule espèce régulière. Aucune espèce n'est accidentelle dans ce milieu.

C. aspersum occupe une place importante dans ce peuplement, avec une fréquence relative de 20.39% et une densité de 42.18 individus/200m^2 ce qui fait d'elle l'espèce dont l'effectif est le plus important, suivie par *F. carnea* avec une abondance relative de 14.89% et une densité de 33.9 individus/200m^2. En deuxième position, nous retrouvons *C. apertus* et *C. virgata* avec des taux de 9.8% et 9.05% et des densités de 20.27 individus/200m^2 et 17.17 individus/200m^2 respectivement. *Deroceras* sp. est l'espèce la moins retrouvée avec une abondance relative de 1.1% et une densité de 4.17 individus/200m^2, néanmoins, son apparition dans cet écosystème est régulière.

14.3 Station de Corso

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des escargots et des limaces terrestres au niveau de la station de Corso, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées au niveau de la station de Corso.

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Theba pisana	19,94	38,42	100,00	Omniprésente
Cochlicella acuta	10,21	19,67	100,00	Omniprésente
Cochlicella barbara	8,00	15,42	100,00	Omniprésente
Ferussacia folliculum	7,83	15,08	66,67	Constante
Massylaea vermiculata	7,48	14,42	100,00	Omniprésente
Xerotricha conspurcata	5,36	10,33	91,67	Omniprésente
Ganula flava	5,32	10,25	75,00	Constante
Caracollina lenticula	4,93	9,50	66,67	Constante
Cochlicella conoidea	4,89	9,42	91,67	Omniprésente
Milax sp.	4,58	8,83	66,67	Constante
Cantareus apertus	4,50	8,67	91,67	Omniprésente
Cornu aspersum	3,76	7,25	91,67	Omniprésente
Massylaea constantina	3,63	7,00	91,67	Omniprésente
Cernuella virgata	3,55	6,83	100,00	Omniprésente
Mastus pupa	3,24	6,25	66,67	Constante
Xerosecta sp.	2,77	5,33	100,00	Omniprésente

La station de Corso est occupée par 7 familles de gastéropodes terrestres repartis en 12 genres et 16 espèces différentes. Les 16 espèces répertoriées se divisent en deux catégories, omniprésentes avec 11espèces et constantes avec 5 espèces.

T. pisana est l'espèce la plus abondante dans ce peuplement avec une fréquence de 19.94% et une densité de 38.42 individus/200m^2, suivi par *C. acuta* avec une abondance relative de 10.21% et une densité de 19.67 individus/200m^2. *F. folliculum, M. vermiculata, X. conspurcata* et *G. flava* viennent avec des fréquences moins importantes qui sont d'ordre de 5% à 8% et des densités de 10 à 15 individus/200m^2. Enfin, une espèce du genre *Xerosecta* est classée dernière de la liste avec une abondance relative de 2.77% et une densité de 5.33 individus/200m^2.

14.4 Station de Chabet El Ameur

Les résultats de l'inventaire qualitatif et quantitatif des mollusques terrestres pulmonés au niveau de la station de Chabet El Ameur, ainsi que l'abondance relative, la densité et la fréquence relative de chaque espèce recensée sont présentés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Abondance relative, Densité et fréquence d'occurrence des espèces recensées à Chabet El Ameur

Espèces	**Abondance relative %**	**Densité**	**Fréquence d'occurrence %**	
Xerosecta cespitum	14,17	11,58	100,00	Omniprésente
Cornu aspersum	13,25	10,83	100,00	Omniprésente
Cernuella virgata	12,95	10,58	100,00	Omniprésente
Ferussacia folliculum	10,09	9,90	83,33	Omniprésente
Cantareus apertus	9,99	10,89	75,00	Constante
Cochlicella acuta	5,91	7,25	66,67	Constante
Milax sp.	5,50	6,75	66,67	Constante
Caracollina lenticula	5,40	6,63	66,67	Constante
Theba pisana	5,20	4,64	91,67	Omniprésente
Ganula flava	4,08	5,71	58,33	Régulière
Mastus pupa	3,87	5,43	58,33	Régulière
Lehmannia sp.	3,57	4,38	66,67	Constante
Rumina decollata	2,96	4,14	58,33	Régulière
Xerosecta sp.	2,14	7,00	25,00	Accessoire
Cochlicella barbara	0,92	4,50	16,67	Accidentelle

Au niveau de Chabet El Ameur, nous avons identifié 9 familles d'escargots et de limaces repartis en 12 genres et 15 espèces différentes, dont 5 sont omniprésentes, 5 sont constantes, 3 espèces sont régulières, une espèce accessoire et une seule espèce accidentelle.

X. cespitum et *C. aspersum* sont les plus abondantes avec des taux de 14.17% et 13.25% respectivement et des densités de 11.58 et 10.83 individus/200m^2, suivie de *C. virgata* et *F. folliculum* et *C. apertus* avec des abondances relatives de 12.95%, 10.09% et 9.99% et des densités de 10.58 individus/200m^2, 9.9 individus/200m^2 et 10.89 individus/200m^2 respectivement. En dernier de la liste nous avons *C. barbara* comme espèce accidentelle de ce peuplement, avec une abondance relative de 0.92% et une densité de 4.5 individus/200m^2.

15 Variation des indices écologiques de structure au niveau des stations de la région de Boumerdes

Les résultats de la variation des indices écologiques de structure (H' et E) au niveau de la région de Boumerdes, sont représentés dans la figure 45.

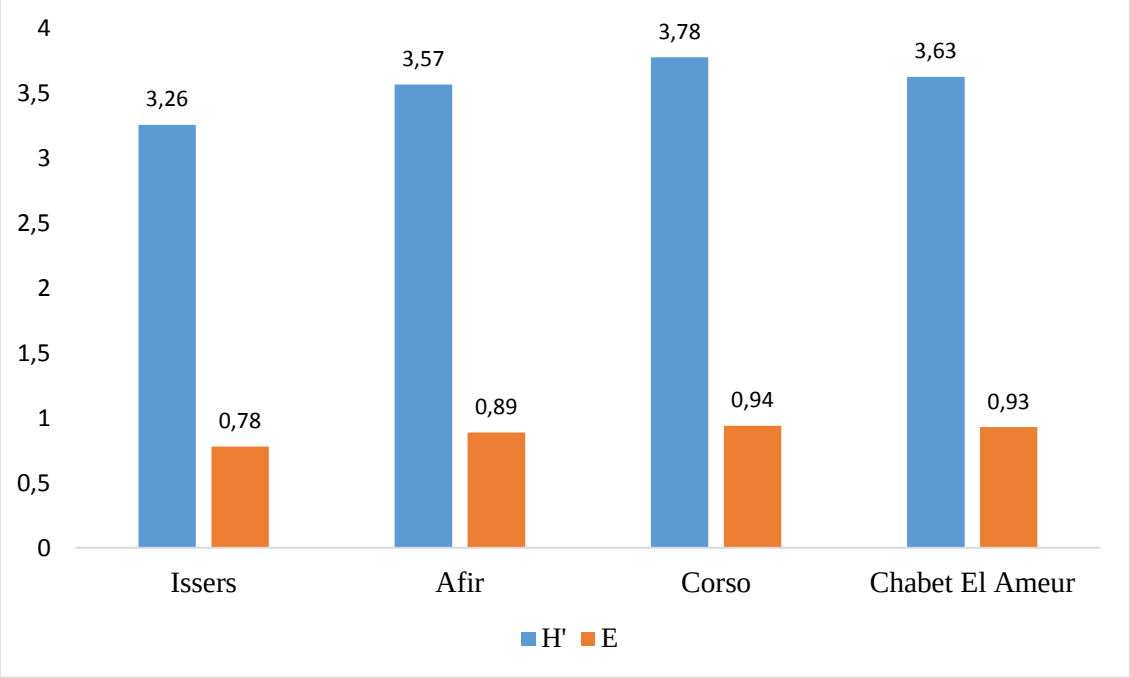


Figure 45 : Variation des indices écologiques de structure (H', E) au niveau des stations de la région de Boumerdes.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon enregistrées au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes sont importantes. Le maximum de cet indice est enregistré au niveau de la station de Corso avec 3.78 bits et un minimum de 3.26 bits au niveau de la station des Issers. Ces valeurs sont proches du maximum qui est Log_2S (Log_2 (26) = 4.7 bits), elles traduisent une richesse spécifique importante dans les stations d'échantillonnage.

Pour l'indice d'Équitabilité (E) qui est compris entre 0 et 1, nous avons enregistré des valeurs élevées dans toutes les stations, la valeur la plus élevée est enregistrée pour les stations de Corso et Chabet El Ameur avec 0.94 et 0.93 respectivement. 0,78 comme un minimum au niveau de la station des Issers. Ce qui dénote une répartition équilibrée des espèces du peuplement dans les habitats.

16 Variation saisonnière de la richesse spécifique au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes

La figure 46 présente les fluctuations saisonnières de la richesse au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes.

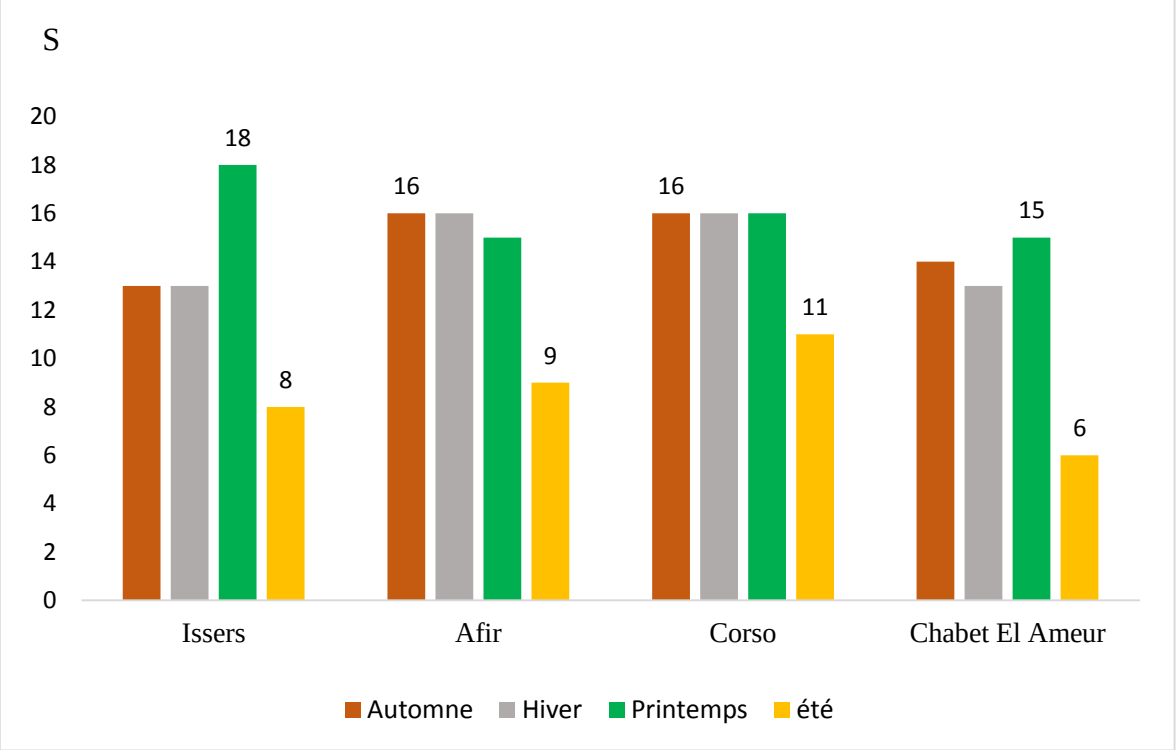


Figure 46 : Variation saisonnière de la richesse spécifique au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes.

Nous remarquons que la richesse spécifique fluctue d'une saison à une autre et d'une station à une autre.

Dans la station des Issers, 13 espèces sont enregistrées en automne et en hiver, la richesse spécifique augmente pour atteindre son maximum en hiver avec 18 espèces différentes, pour diminuer jusqu'à 8 espèces en été.

Au niveau de la station d'Afir, la richesse spécifique est de 16 espèces différentes pendant l'automne et l'hiver, elle diminue en printemps pour enregistrer une valeur de 15 espèces, elle atteint son minimum en été avec seulement 9 espèces.

À Corso, la saison automnale, printanière et hivernale est marquée par une richesse spécifique constante qui est de l'ordre de 16 espèces puis elle diminue pour arriver à sa valeur minimale de 11 espèces.

À Chabet El Ameur, 14 espèces sont enregistrées pendant la saison automnale, 13 en hiver, puis elle augmente sensiblement pour atteindre 15 espèces en printemps. En été la richesse spécifique diminue considérablement jusqu'à atteindre son minimum avec 6 espèces.

17 Variations saisonnières de la fréquence relative des différentes espèces de gastéropodes dans les stations de la région de Boumerdes

Les fréquences relatives des différentes espèces des gastéropodes terrestres recensées fluctuent d'une station à une autre et d'une saison à un autre.

17.1 Station des Issers

La figure 47 montre les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces de gastéropodes terrestres échantillonnées au niveau la station des Issers durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019.

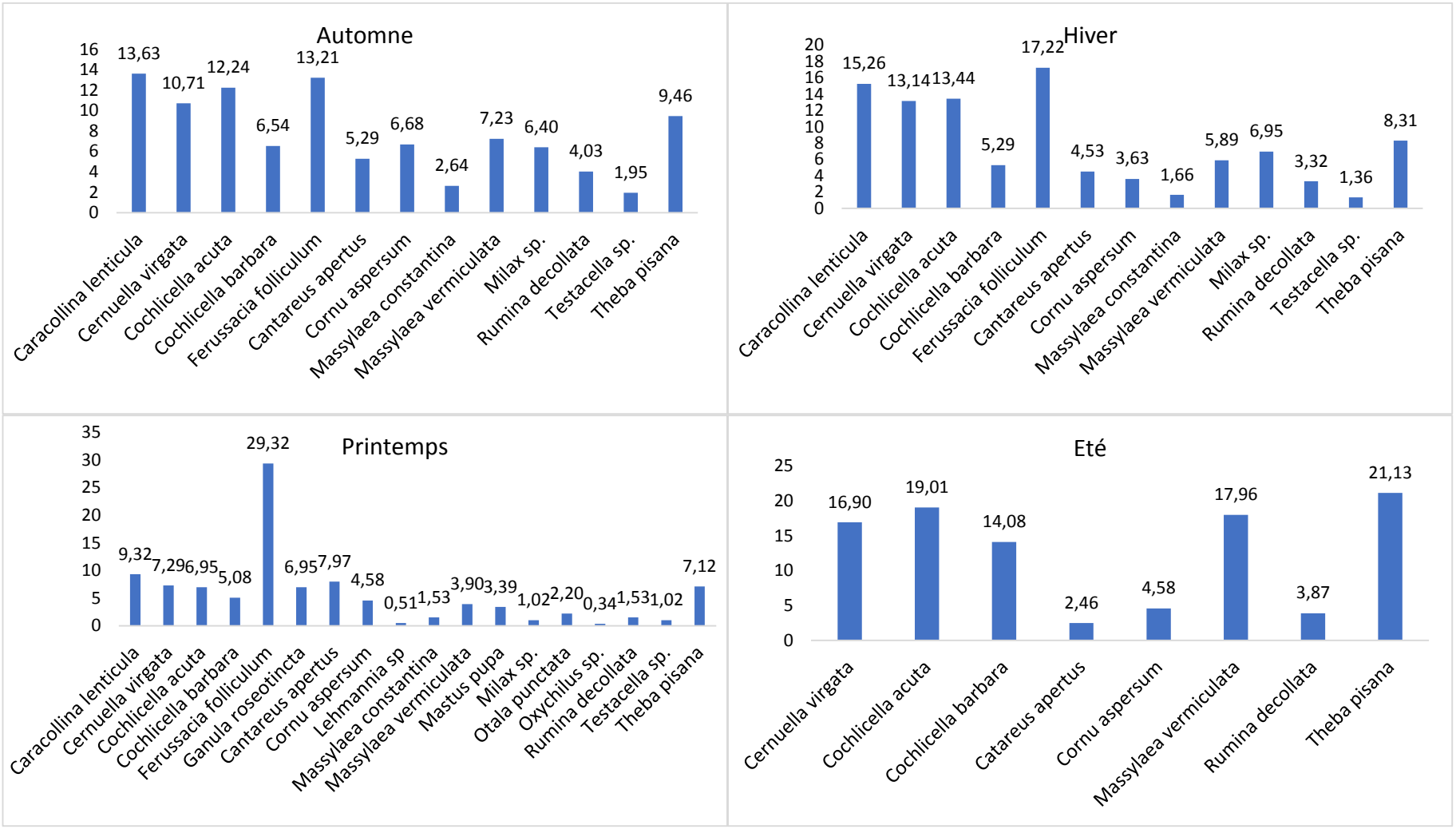


Figure 47 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau des Issers.

La station des Issers est la plus riche en espèces de toutes les stations de la région de Boumerdes, elle abrite 18 espèces différentes, cette richesse ainsi l'abondance relative de chaque espèce change d'une saison à une autre.

La richesse spécifique de cette station atteint les 16 espèces en automne et en hiver, 18 espèces en printemps. 8 espèces seulement en été.

La saison automnale est caractérisée par une dominance de deux espèces, *C. lenticula* et *F. folliculum* avec des fréquences relatives de 13.63% et 13.21% respectivement, suivies par *C. acuta* avec un taux de 12.24%. *C. virgata* et *T. pisana* partagent l'habitat avec des abondances d'ordre de 10 %. *M. constantina* et *Testacella* sp. sont les espèces les moins retrouvées en cette saison avec des fréquences relatives de 2.64% et 1.95% respectivement.

La saison hivernale, caractérisée par l'apparition de trois groupes de gastéropodes terrestres. Le premier groupe est très abondant avec la dominance de *F. folliculum* avec une abondance relative de 17.22%. Suivie par *C. lenticula* avec un taux de 15.26%, *C. virgata* avec 13.14% et *C. acuta* avec une fréquence de 13.44%.

Un groupe moyennement représentées, dont *T. pisana* avec une fréquence centésimale de 8.31%. Suivie par *Milax* sp. et *M. vermiculata* avec des densités de 6.95% et 5.89% respectivement. Le dernier groupe est faiblement fréquent, dont *M. constantina* apparaisse avec une fréquence relative de 1.66% et *Testacella* sp. avec un taux de 1.36% du total des espèces.

La saison printanière, caractérisée par un peuplement malacologique largement dominé par *F. folliculum* avec un taux de 29.32% du total des espèces, Suivie par *C. lenticula* avec une abondance de 9.32%. *C. apertus* retrouvée avec une fréquence de 7.97% et *C. virgata* avec un taux de 7.29%. *Lehmannia* sp. et *Oxychilus* sp. sont les espèces les moins représentées de ce peuplement avec des fréquences relatives de 0.51 et 0.34% respectivement.

La saison estivale, caractérisée par la dominance de *T. ba pisana* avec une abondance de 21.13%. Suivie par *C. acuta* avec un taux de 19.01%. *M. vermiculata* et *C.virgata* apparaît avec une des fréquences de 17.96 et 16.90% respectivement. *C. apertus* représente l'espèce la moins fréquente dans cette saison avec une abondance relative de seulement 2.46%.

17.2 Station de Afir

La figure 48 présente les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces de gastéropodes terrestres pulmonés dans la station d'Afir durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019.

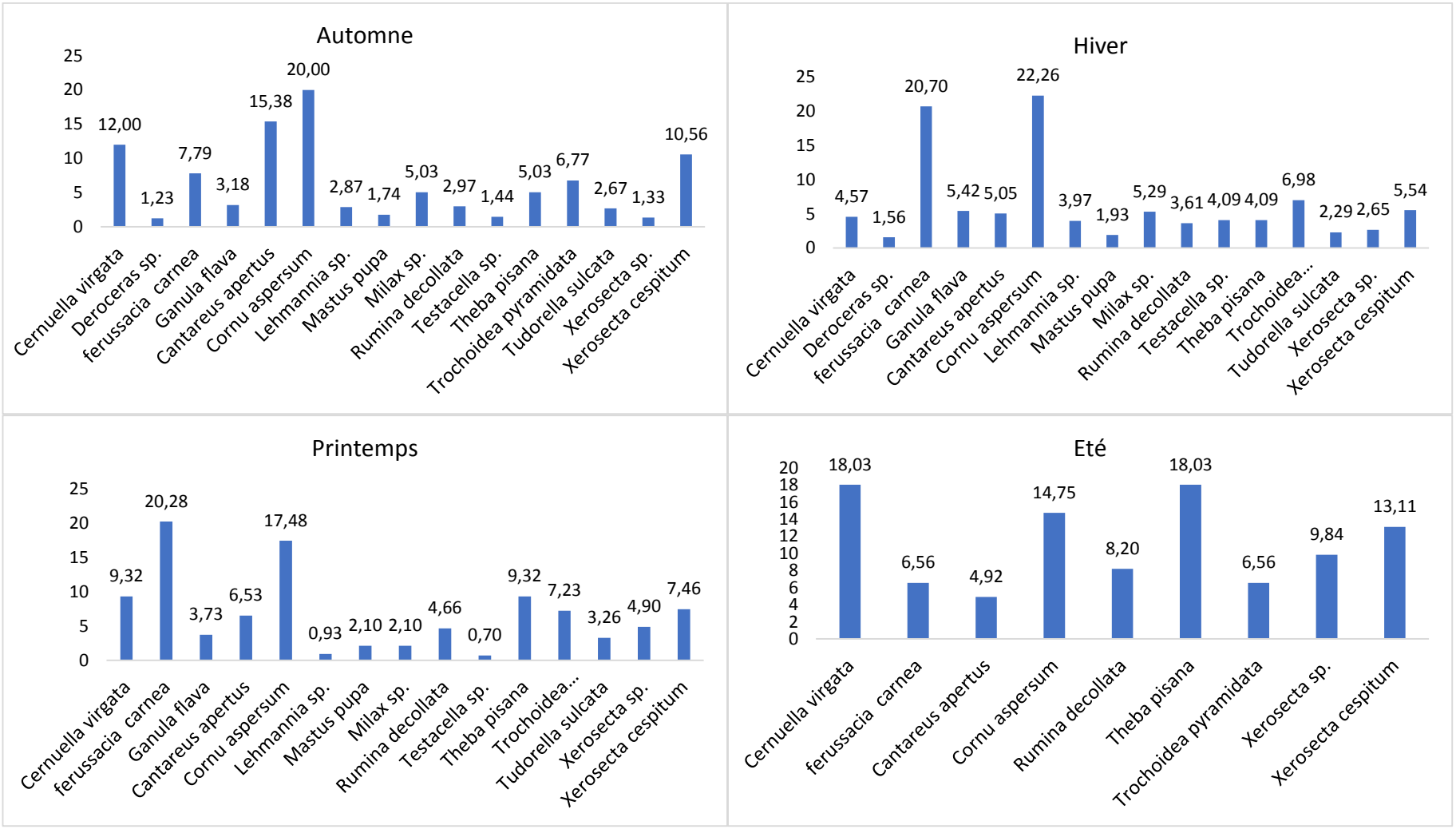


Figure 48 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de la station d'Afir.

La richesse spécifique de la région d'Afir fluctue en fonction des saisons, elle est de 16 espèces en automne et en hiver, 15 espèces au printemps et 9 espèces en été. L'abondance relative de chaque espèce est variable d'une saison à une autre.

En saison automnale, cette richesse est dominée par *C. aspersum* avec une abondance relative de 20%. Suivie par *C. apertus*, *C. virgata* et *X. cespitum* avec des taux de 15.38%, 12% et 10.56% respectivement. Les autres espèces sont moyennement représentées durant cette saison. *Deroceras* sp. est la moins répertoriée avec une fréquence relative de 1.23% seulement.

En hiver, deux espèces dominent ce peuplement, à savoir *C. aspersum* avec une fréquence relative de 22.26% et *F. carnea* avec un taux de 20.70% du total des espèces échantillonnées. Les autres espèces sont représentées avec des portions homogènes dans ce milieu en cette saison avec des abondances relativement faibles.

La saison printanière est caractérisée par la dominance de *F. carnea* avec une fréquence relative de 20.28%, suivie par *C. aspersum* avec un taux de 17.48%. *C. virgata* et *T. pisana* viennent en troisième position avec des fréquences de 9.32% chacune. *Lehmannia* sp. et *Testacella* sp. sont les moins retrouvées durant cette saison avec des abondances de 0.93% et 0.70% respectivement.

17.3 Station de Corso

La figure 49 présente les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces de gastéropodes terrestres pulmonés recensées dans la station de Corso durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019.

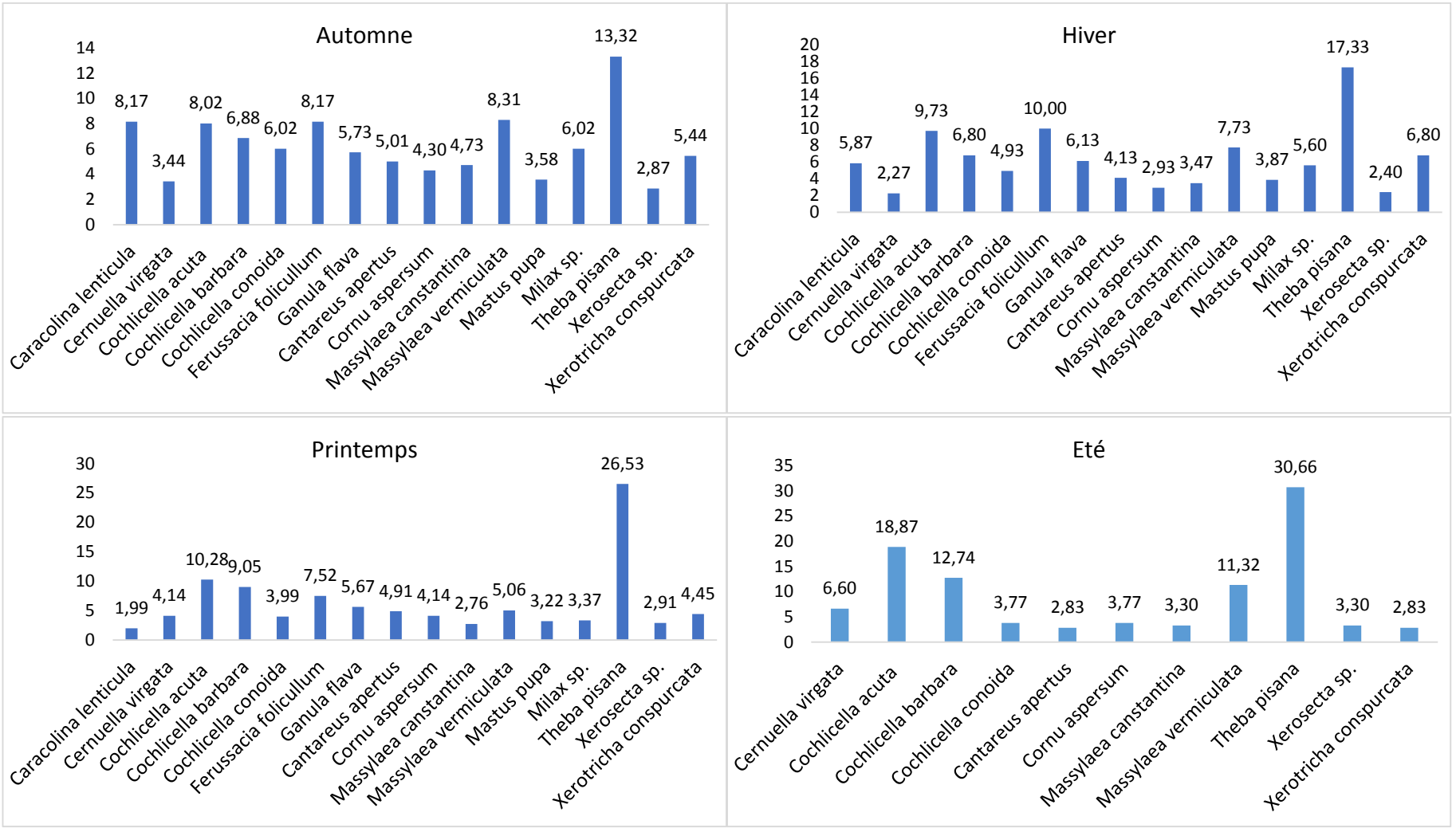


Figure 49 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Corso.

La station de Corso abrite une richesse spécifique totale de 16 espèces, dont le nombre et l'abondance relative de chaque espèce fluctuent en fonction des saisons, cette richesse est d'ordre de 16 espèces en automne, en hiver et au printemps, 11 espèces en été.

En automne, la dominance de ce peuplement est marquée par *T. pisana* avec un taux 13.32%, suivie par *M. vermiculata* avec une abondance relative de 8.31%. *C. lenticula* et *F. folliculum* avec une fréquence relative de 8.31% chacune. Les autres espèces ont tendance de partager le milieu avec des taux qui oscillent entre 3% et 6%.

En hiver, *T. pisana* reste l'espèce la plus abondante dans cette station avec une fréquence de 17.33%. Suivi par *F. folliculum* avec une abondance relative de 10%. *C. acuta* et *M. vermiculata* arrivent en troisième position avec des fréquences de 9.73% et7.73% respectivement. *C. virgata* est la moins représentée avec un taux de seulement de 2.27%.

Au printemps, *T. pisana* domine largement ce peuplement avec une fréquence relative de 26.53%, suivie par deux espèces sympatrique, *C. acuta* et *C. barbara* qui partagent le milieu avec environs des même taux et qui sont d'ordre de 10%. *C. lenticula* est la moins représentée dans cette station, pendant cette saison, avec une fréquence de 1.99%.

En été, *T. pisana* demeure l'espèce la plus représentée, comme le long de l'année, avec une abondance relative de 30.66%, suivi par *C. acuta* avec un taux de 18.87% et *C. barbara* avec 12.74 % du total des espèces. *C. apertus* et *X. conspurcata* sont les moins représentées en cette période avec une abondance relative de 2.83% chacune.

17.4 Station de Chabet El Ameur

La figure 50 présente les variations saisonnières des fréquences relatives des différentes espèces de gastéropodes terrestres identifiés au niveau la station de Chabet El Ameur durant la période allant de janvier 2018 jusqu'à décembre 2019.

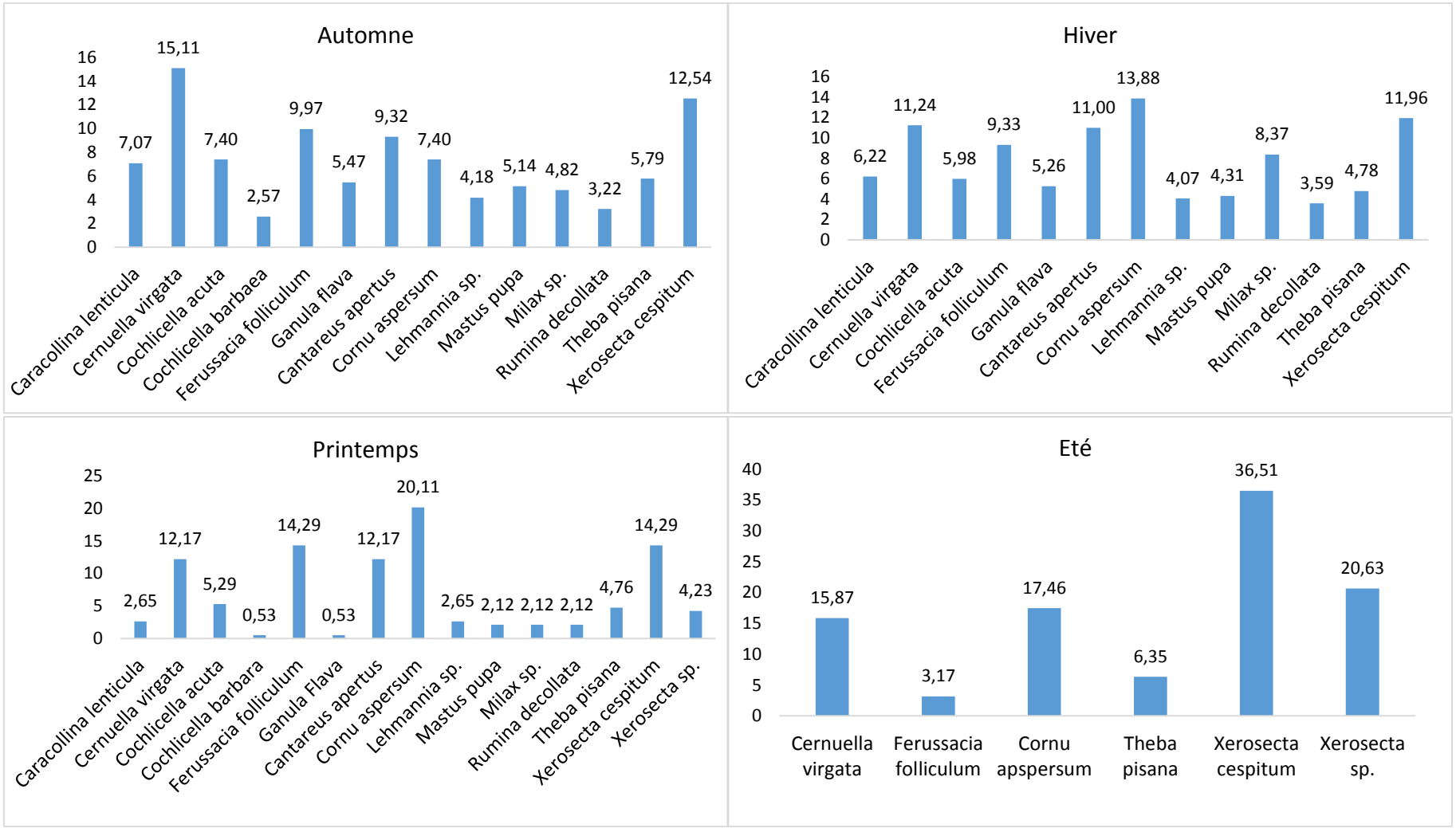


Figure 50 : Variation saisonnière de l'abondance relative des espèces recensées au niveau de Chabet El Ameur**.**

Au niveau de la station de Chabet El Ameur, la richesse spécifique totale est de 15 espèces, elle fluctue ainsi que l'abondance relative de chaque espèce d'une saison à une autre.

La saison automnale est caractérisée par une richesse spécifique de 15 espèces, elle est dominée par *C. virgata* avec une fréquence relative de 15.11%, suivie par *X. cespitum* avec un taux de 12.54%. *F. folliculum* et *C. apertus* viennent en troisième position avec des abondances relatives de 9.97% et 9.32% respectivement. Les autres espèces sont apparues avec des fréquences moyennes, tandis que *C. barbara* et *R. decollata* sont les espèces les moins représentées avec des abondances relatives de 2.57% et 3.22% respectivement.

La saison hivernale, avec la présence de 13 espèces différentes, *C. aspersum* domine ce peuplement avec une abondance relative de 13.88%, suivie par *X. cespitum* avec une fréquence de 11.96%, *C. virgata* avec 11.24%, et par *C. apertus* avec un taux de 11%. Les autres espèces partagent le milieu avec des abondances moyennes, avec une faible présence de *R. decollata.*

La saison printanière est caractérisée par un peuplement malacologique composé de 15 espèces différentes. *C. aspersum* domine ce peuplement avec une abondance de 20.11%. *X. cespitum*, *C. apertus*, *F. folliculum* et *C. virgata* sont moyennement enregistrées dans cette station avec des taux qui oscillent entre 12% et 14%. Les autres espèces apparaissent avec des fréquences faibles, avec un minimum de 0.53% pour *C. barbara* et *G. flava*.

La saison estivale est caractérisée par une richesse spécifique faible, seulement 6 espèces sont enregistrées à cette période, la dominance de ce peuplement est marquée pour *X. cespitum* avec une fréquence relative de 36.51%, suivie par *Xerosecta* sp. avec un taux de 20.63%.

C. aspersum et *C. virgata* représentées avec des abondances moyennes d'ordre de 17.46% et 15.87% respectivement. *F. folliculum* est l'espèce la moins retrouvée en cette saison avec un taux de 3.17% du total des espèces.

18 Variation saisonnière des Indices écologiques de structure au niveau des différentes stations de la région de Boumerdes

Les variations saisonnières de l'indices de diversité de Shannon (H') et d'Équitabilité (E) calculés pour les espèces recensées au niveau de la région de Boumerdes sont notées dans le tableau 21.

Tableau 21 : Variation saisonnière des indices écologiques de structure dans les différentes stations de la région de Boumerdes.

	H'				E			
	Hiver	Printemps	Été	Automne	Hiver	Printemps	Été	Automne
Issers	3,37	3,22	2,72	3,2	0,91	0,77	0,91	0,86
Afir	3,53	3,46	2,65	3,18	0,88	0,88	0,83	0,79
Corso	3,78	3,6	2,94	3,89	0,95	0,9	0,85	0,97
Chabet El Ameur	3,57	3,34	2,72	3,65	0,96	0,86	0,88	0,96

Les valeurs calculées de l'indice de diversité de Shannon sont élevées au niveau de toutes les stations de la région de Boumerdes. Les valeurs les plus importantes de l'indice de Shannon sont enregistrées au niveau de Corso et ceci durant les saisons d'étude, avec une valeur de 3.89 en automne 3.78 en hiver, 3.6 au printemps et 2.94 en été. Les valeurs minimales sont enregistrées au niveau des Issers pendant la saison hivernale et printanière qui sont 3.37 et 3.22 respectivement, et au niveau d'Afir à la saison automnale et estivale avec des valeurs d'ordre de 3.18 et 2.65 respectivement.

Pour l'indice d'équitabilité (E), nous avons enregistré des valeurs élevées dans toutes les stations et durant toutes les saisons, elles sont comprises entre 0.77 et 0.97. Ces résultats nous renseignent sur la tendance des espèces des gastéropodes terrestres à être en équilibre entre elles dans leurs milieux.

19 Indice de similitude S' entre les stations de la région de Boumerdes

La valeur de l'indice de similitude (S') est calculée entre deux stations, ce qui permet de comparer la similarité des stations deux à deux (Tab. 22).

Tableau 22 : Valeurs du coefficient de similarité de Sorensen appliquées à différentes espèces de gastéropodes terrestres dans les stations de la région de Boumerdes.

	Issers	**Afir**	**Corso**	**Chabet El Ameur**
Issers	100	-	-	-
Afir	58,82	100	-	-
Corso	**76,47**	50	100	-
Chabet El Ameur	**78,78**	70,96	77,42	100

Les similitudes entre les différentes stations de la région de Boumerdes sont moins importantes que celles des stations de la région d'Alger. Elle est supérieure à 70% entre la quasi-totalité des stations d'échantillonnage, avec une différence dans le degré de similarité.

La valeur maximale est enregistrée entre la station des Issers et de Chabet El Ameur avec une similarité de 78.78%, suivie par la similitude entre Corso et Issers avec un taux de 76.47%. Le minimum de cet indice est enregistré entre Afir et Corso avec une similarité de 50% et entre Afir et Issers avec 58.82%.

20 Analyse Factorielle des Correspondances de stations de la région de Boumerdes

Le test porte sur une analyse factorielle des correspondances des variations en composition des espèces de gastéropodes terrestres dans les différentes stations d'échantillonnage de la région de Boumerdes. Cette analyse se base sur les abondances des différentes espèces dans chaque station. Les résultats de cette analyse sont mentionnés dans la figure 51.

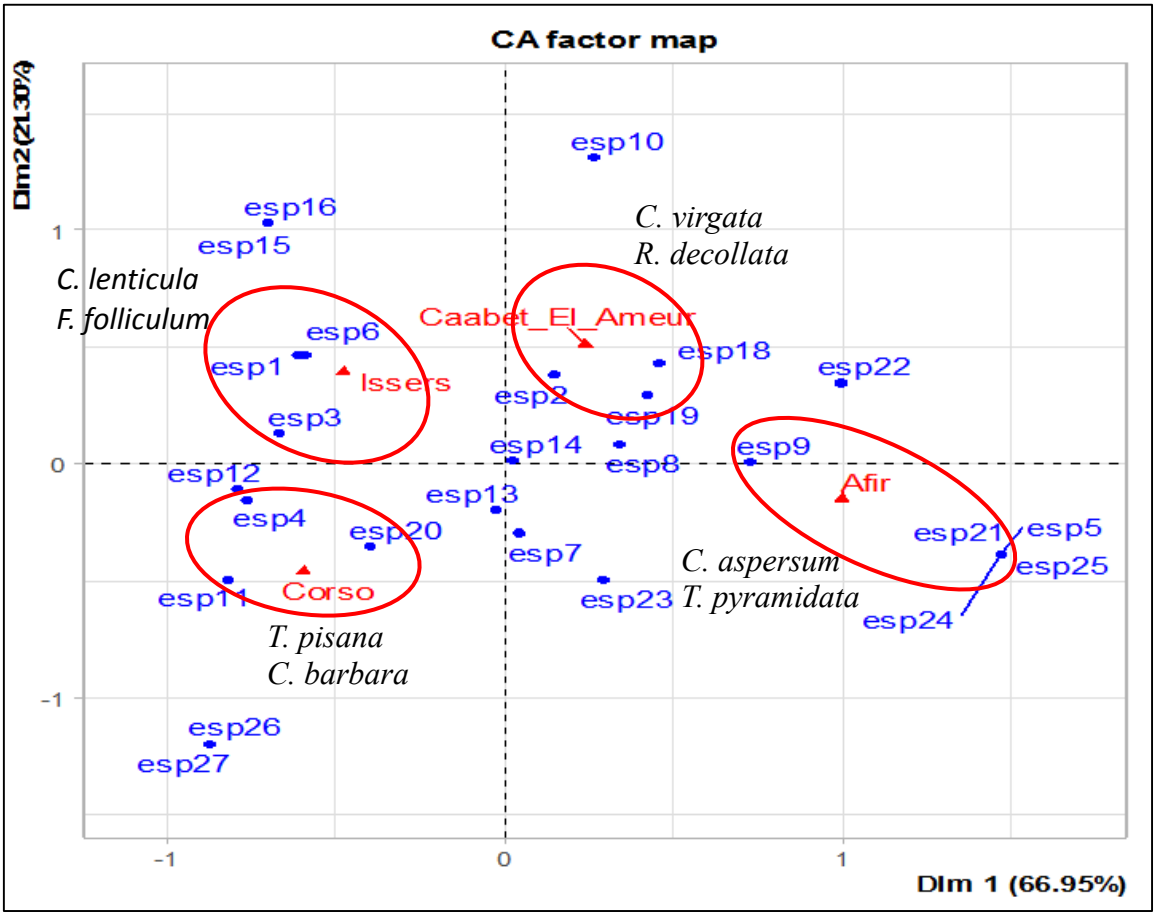


Figure 51 : Graphe de l'Analyse Factorielle des Correspondances des stations de la région de Boumerdes.

Station	Contribution	
	Axe 1	**Axe 2**
Afir	16,357	30,673
Corso	3,395	8,988
Issers	2,964	29,877
Chabet El Ameur	69,575	0,841

Code	Espèce	Contribution		Code	Espèce	Contribution	
		Axe1	**Axe 2**			**Axe1**	**Axe 2**
Esp1	*C. lenticula*	4.17	7.857	**Esp15**	*O. punctata*	0.117	1.194
Esp2	*C. virgata*	0.393	8.369	**Esp16**	*Oxychilus* sp.	0.027	0.184
Esp3	*C. acuta*	6.938	0.835	**Esp17**	*P. algirus*	0	0
Esp4	*C. barbara*	5.620	0.729	**Esp18**	*R. decollata*	1.065	2.974
Esp5	*F. carnea*	20.385	4.388	**Esp19**	*Testacella* sp.	0.297	0.462
Esp6	*F. folliculum*	6.407	12.432	**Esp20**	*T. pisana*	3.787	9.336
Esp7	*G. flava*	0.017	2.253	**Esp21**	*T. pyramidata*	9.561	2.058
Esp8	*C. apertus*	1.759	0.329	**Esp22**	*X. cespitum*	9.025	3.379
Esp9	*C. aspersum*	11.528	0.003	**Esp23**	*Xerosecta* sp.	0.345	3.126
Esp10	*Lehmannia* sp.	0.074	5.691	**Esp24**	*Deroceras* sp.	1.503	0.324
Esp11	*M. constantina*	2.283	2.611	**Esp25**	*T. sulcata*	3.584	0.764
Esp12	*M. vermiculata*	5.830	0.374	**Esp26**	*C. conoidea*	2.387	14.167
Esp13	*M. pupa*	0.003	0.605	**Esp27**	*X. conspurcata*	2.619	15.546
Esp14	*Milax* sp.	0.005	0.010				

La contribution à l'inertie totale des espèces d'escargots et limaces dans les 5 stations d'échantillonnage au niveau de la région de Boumerdes est égale à 66.95% pour l'axe 1 et de 21.30% pour l'axe 2. La somme de ses deux taux est égale à 88.25%. Par conséquent, l'ensemble des informations sont contenues dans le plan formé par les deux axes.

La contribution des stations à la formation des deux axes est la suivante :

Axe 1 : La station de Afir a la plus grande contribution à la formation de l'axe 1 avec un pourcentage de 61.61%. La station de Corso participe avec un taux de 22.63%, suivie par la station des Issers avec 14.22%.

La station de Chabet El Ameur contribue avec le taux le plus faible de contribution qui est d'ordre de 1.53% seulement.

Axe 2 : La station de Corso est plus participative à la construction de la deuxième dimension par rapport aux autres stations avec un pourcentage de 42.74%. La station des Issers contribue avec un taux de 30.55%, suivie par la station de Chabet El Ameur avec 22.48%.

La station d'Afir participe avec le taux le plus faible pour la formation de cet axe avec un pourcentage de 4.22% seulement.

La contribution des espèces à la formation des deux axes est la suivante :

Axe 1 : *F. carnea* contribue de la façon la plus importante à la formation de cette dimension que les autres espèces avec un pourcentage de 20.38%, suivie par *C. aspersum* avec un taux de 11.53%. *T. pyramidata* et *T. sulcata* participent avec des pourcentages de 9.56% et 9.02% pour la formation de l'axe 2, suivies par *C. acuta*, *M. vermiculata* et *C. barbara* avec des taux de 6.94%, 5.83% et 5.62% respectivement.

Lehmannia sp., *Milax* sp. et *M. pupa* sont les espèces les moins participatives à la formation de l'axe 1 avec des pourcentages de 0.075%, 0.005% et 0.003% respectivement.

Axe 2 : La contribution la plus importante dans la formation du deuxième axe est celle de *F. folliculum* avec un pourcentage de 12.43%. *T. pisana* et *C. virgata* sont venues ensuite avec des pourcentages de 9.33% et 8.37% respectivement, suivie par *C. lenticula* avec 7.86%.

Milax sp. et *C. aspersum* sont les moins contributives à la création de l'axe 2 avec des pourcentages de 0.01% et 0.003% seulement.

21 Résultats des Analyse physico-chimique des sols de la région de Boumerdes

Les résultats des analyses physicochimiques du sol des stations de Boumerdes sont mentionnés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Caractères physicochimiques du sol des stations de de la région Boumerdes.

Station	pH	Calcaire total %	M. O. %	Texture
Issers	7.7	75	7.05	Argileuse
Afir	7.5	62.5	8.06	Argileuse
Corso	7.5	31	2.43	Sableuse
Chabet El Ameur	7.6	43.7	6.30	Argilo- limoneuse

Les résultats des analyses des sols au niveau de la région de Boumerdes montrent que le pH est légèrement alcalin au niveau de toutes les stations. Les résultats indiquent que les sols ont une texture argileuse au niveau d'Afir et Issers, Saleuse à Corso et Argilo-limoneuse à Chabet El Ameur.

Les stations de la région de Boumerdes présentent des sols de type modérément calcaire au niveau de la station de Afir, calcaire au niveau de Corso et Chabet El Ameur, enfin très

fortement calcaire aux Issers, avec des teneurs élevées en matière organique, excepté la station de Corso qui est pauvre en matière organique.

21.1 Analyse des corrélations au niveau de la station de la région de Boumerdes

Les résultats des corrélations entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse spécifique des populations de gastéropodes terrestres au niveau des stations de la région de Boumerdes sont mentionnés dans le tableau 24 et la figure 52.

Tableau 24 : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse Spécifique des gastéropodes terrestres au niveau de la région Boumerdes.

	pH	**$CaCO_3$**	**MO**	**S**
pH	1,00	0,62	0,36	0,62
$CaCO_3$	0,62	1,00	0,82	0,72
MO	0,36	0,82	1,00	0,20
S	0,62	0,72	0,20	1,00

En rouge, valeurs significatives au seuil α= 5% (test bilatéral).

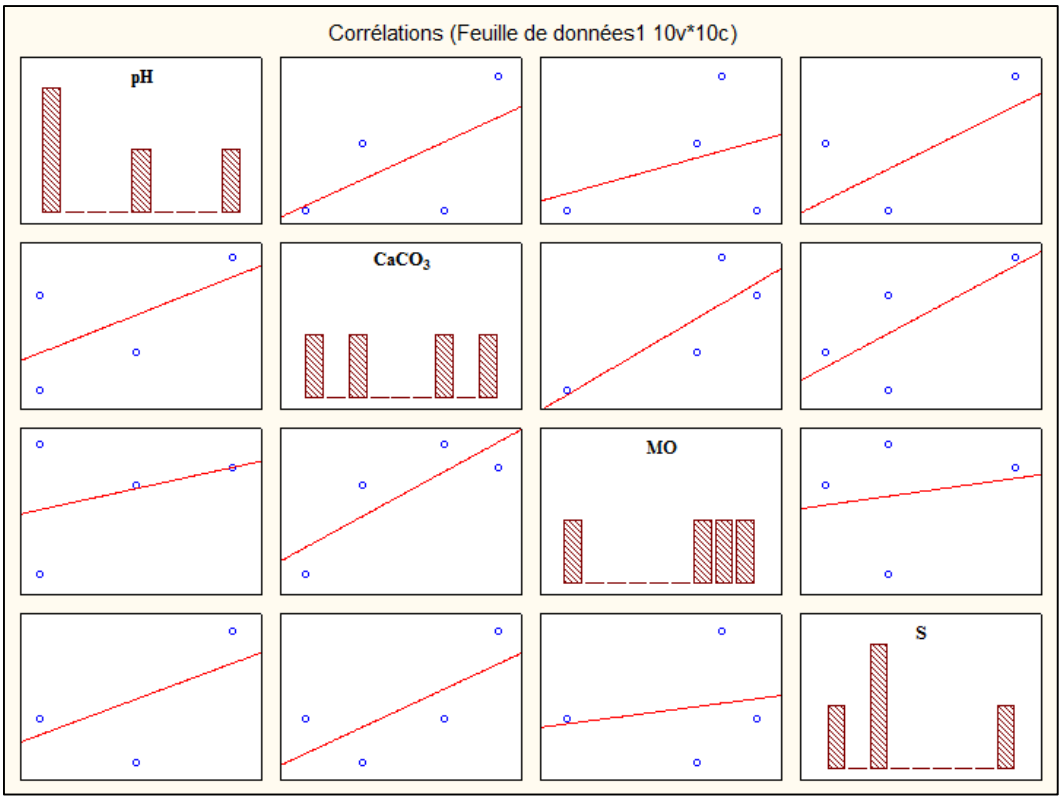


Figure 52 : Corrélation des propriétés des sols et la richesse spécifique à de Boumerdes.

Le tableau 22 et la figure 51 montrent que la richesse spécifique « S » est positivement corrélée au pH et au taux de calcaire total ($CaCO_3$). Le taux de calcaire total $CaCO_3$ est corrélé positivement à la matière organique.

22 Estimation de la richesse spécifique dans la région de Boumerdes

Les résultats des calculs des différents estimateurs de diversité sont représentés dans le tableau 25

Tableau 25 : Estimateurs de diversité dans la région de Boumerdes

S. Obs	Chao	Chao.se	Jack1	Jack1.se	Jack2	Boot	Boot.se
26	29.0625	3.159909	31.25	3.381937	32.75	28.61328	2.185459

Au niveau de la région de Boumerdes, la richesse spécifique estimée est plus élevée que la diversité recensée, qui est de 26 espèces, en utilisant les différentes méthodes de prélèvements (Tab. 15).

Suivant les différents estimateurs calculés, le nombre de nouvelles espèces à découvrir dans cette région est de 5 à 6 espèces selon les indices de Jackknife1 et Jackknife2, trois espèces selon l'indice de Chao et deux espèces seulement suivant l'indice de Bootstrap.

Tableau 26 : Estimation de la richesse spécifique total des gastéropodes terrestre de Boumerdes

	Valeur	Complétude	Complétude moyenne
S Observée	26		
Chao	29.06	89.47%	85.72%
Jackknife1	31.25	83.2%	
Jackknife2	32.75	79.34%	
Bootstrap	28.61	90.87%	

Le taux de la complétude calculé à la base des moyennes des quatre estimateurs de la diversité est de 85.72%, ce qui suggère que plus que les trois-quarts des espèces de cette région ont été recensés.

L'insuffisance de l'effort d'échantillonnage dans la région d'étude est confirmée par la croissance de la courbe d'accumulation de la richesse spécifique (S. Obs) et sa divergence par rapport à celles de l'estimateur étudié (Fig. 53).

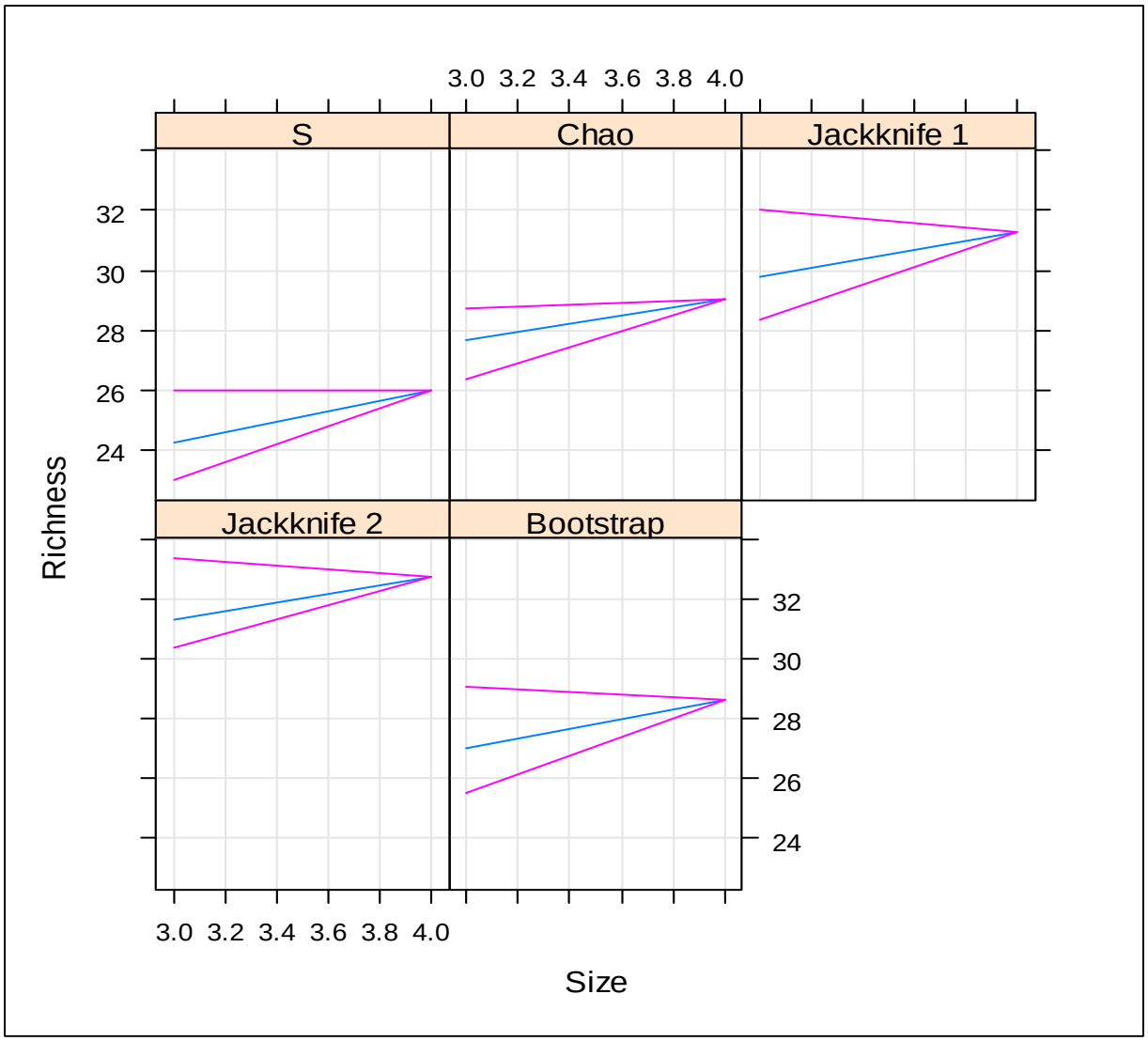


Figure 53 : Courbe d'accumulation de la richesse spécifique avec les différents estimateurs pour la région de Boumerdes.

23 Limaces

Dans cette partie, nous avons étudié les limaces récoltées au niveau de trois régions, Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou. L'identification de ces mollusques terrestres est basée sur la morphologie externe des individus et pour plus de précision à l'étude de l'anatomie de l'appareil génital des espèces.

23.1 Part des familles des limaces échantillonnées

La Figure 54 présente la part de chaque famille de limace identifiée au niveau de chaque région d'échantillonnage.

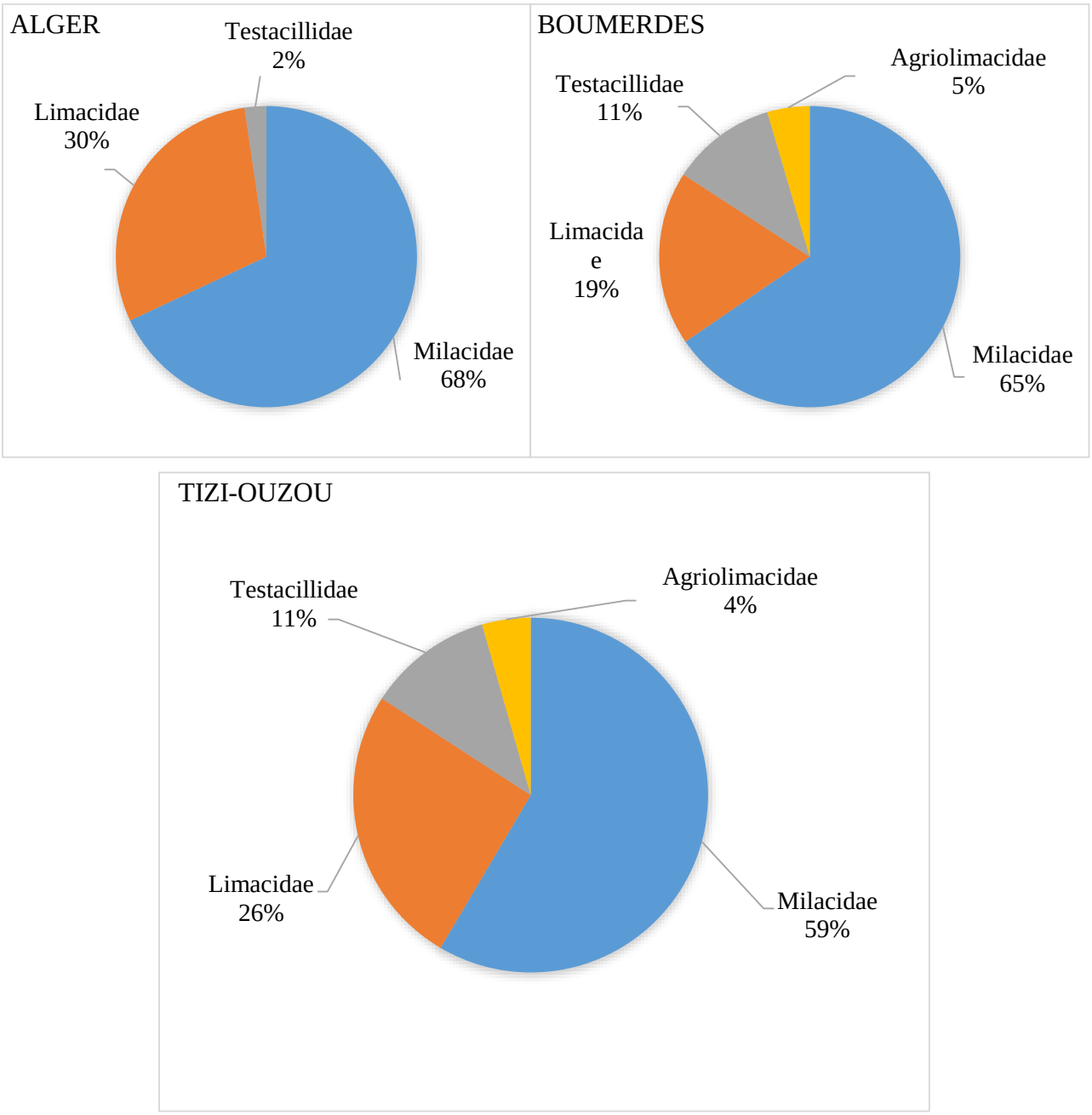


Figure 54 : Part des familles des limaces dans différentes régions d'échantillonnage.

Nous avons comptabilisé un nombre de 1983 individus de limaces, toutes espèces confondues, ramassées au niveau de trois régions du Nord-Centre du pays (Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou). L'identification a révélé la présence de quatre familles de limace, les Milacidae, les Limacidae, les Testacellidae et les Agriolimacidae. La répartition de ces familles fluctue d'une région à une autre. Au niveau de toutes les régions d'échantillonnage, où il est à signaler que la famille des Milacidae domine largement les peuplements malacologiques.

Dans la région d'Alger, les Milacidae ont une fréquence relative de 68%, suivie par les Limacidae avec un taux de 30%. Les Testacellidae sont en dernière position avec seulement 2% du total.

À Boumerdes, les Milacidae sont retrouvées avec une fréquence relative de 65%, suivie par les Limacidae et Testacellidae avec des fréquences de 19% et 11% respectivement. Les Agriolimacidae sont en dernière position avec un taux de 5% seulement.

Au niveau de Tizi-Ouzou, comme la région précédente, nous avons les Milacidae qui dominent ce peuplement avec un taux de 58% de total des familles, suivie par les Limacidae et Testacellidae avec des fréquences de 26% et 11% respectivement. Les Agriolimacidae sont retrouvées dans cette région avec une abondance relative de 4%.

24 Identification anatomique des espèces de limaces

L'analyse des organes génitaux des limaces étudiées a permis d'identifier 6 espèces différentes appartenant aux quatre familles. Les Milacidae sont représentés par deux espèces du genre *Milax* et qui sont *M. nigricans* et *M. gagates*. Les Limacidae avec deux espèces, *Ambigolimax nyctelius* et *Lehmannia* sp. Les Testacellidae avec une seule espèce qui est *T. riedeli,* en fin, les Agriolimacidae avec une espèce indéterminée du genre *Deroceras*.

24.1 *Milax nigricans* (Philippi, 1836)

Nom d'origine : Non documenté.

Synonyme : *Amalia gagates benoiti* (Lessona et Pollonera, 1882).

24.1.1 Systématique

Phylum	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-Classe	Heterobranchia
Infra-classe	Euthyneura
Super-ordre	Eupolmonata
Ordre	Stylommatophora
Sous-ordre	Helicina
Infra-ordre	Limacoidei
Famille	Milacidae
Genre	*Milax*
Espèce	*M. nigricans* (Philippi, 1836)

24.1.2 Description

Milax nigricans est une limace de taille moyenne à grande, elle peut atteindre 100 mm de long en extension (Fig. 55).

Figure 55 : Longueur d'une *Milax nigricans* à l'extension (Originale, 2020).

M. nigricans possède un manteau, d'une longueur d'environ 20 à 25mm, granuleux et chagrinée avec un sillon en forme de fer à cheval. La couleur du corps varie, du noir, grisâtre où rouge et parfois du blanc- beige, cette espèce de limace est caractérisée par une carène sur la longueur du dos, une carène dorsale, pneumostome au tiers postérieur droit du manteau (Fig. 56).

Figure 56 : Morphologie externe de *M. nigricans* (Originale, 2020).

L’appareil génital de *M. nigricans* est caractérisé par un épiphallus cylindrique, plus court que le pénis. Le canal déférent est plus long que l’épiphallus et le pénis ensemble, provenant de l’extrémité proximale de ce dernier. Le pénis est ovale, gonflé au niveau de la papille, le muscle rétracteur de pénis est attaché latéralement sur l’épiphallus ou entre le pénis et l’épiphallus.
Le vagin et le canal de la vésicule séminale sont courts, la vésicule séminale est courte et de forme ovale. Le pénis et le vagin s’ouvrent sur l’atrium génital. La glande vaginale est très grosse, reliées à l’atrium génital par des extrêmement fin. Stimulateur grand et charnu, légèrement courbé, triangulaire allongé avec une base plus large, son extrémité libre étant conique. À l'intérieur, plusieurs rangées de papilles, le plus souvent à extrémité pointue, voire en forme d'épine, ou (pour les spécimens mal conservés) sphériques. La plupart d'entre elles sont situées à la base du stimulateur, et absentes à son extrémité (Fig. 57).

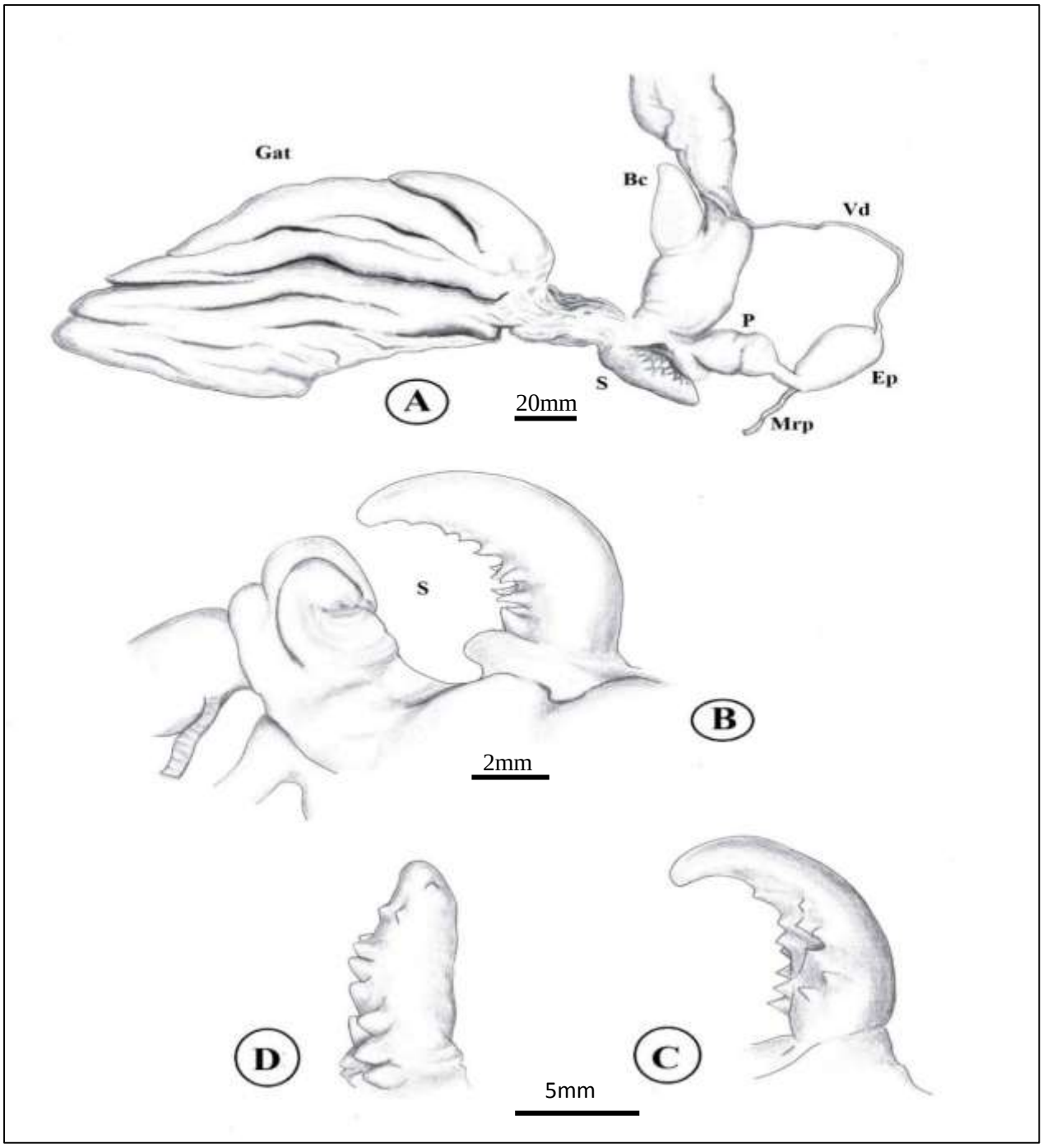


Figure 57 : *Milax nigricans* (Originale, 2020). **A.** Appareil reproducteur, **B. C. D**. Stimulateur.

Ag : Atrium génital ; **Mrp :** Muscle rétracteur du pénis ; **P :** Pénis ; **S :** stimulateur ; **Gat :** Glande atriale (Glande vaginale) ; **Bc :** Bourse copulatrice (Vésicule séminale) ; **Vd :** Spermiducte. **Ep :** épiphalus.

24.2 *Milax gagates* (Draparnaud, 1801)

Nom d'origine : *Limax gagates* (Draparnaud, 1801).

Synonymes : *Milax gagates* Bourguignat (1864).

Amalia (Pirainea) gagates (Germain, 1908).

Milax (Lallemantia) gagates (Ktari and Rezig, 1976).

24.2.1 Systématique

Phylum	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-Classe	Heteroblanchia
Infra-classe	Euterobranchia
Super-ordre	Eupolmonata
Ordre	Styllomatophora
Sous-ordre	Helicina
Infra-ordre	Limacoidei
Super-famille	Parmacelloidea
Famille	Milacidae
Genre	*Milax*
Espèce	*M. gagates* (Draparnaud, 1801)

24.2.2 Description

Milax gagates est une limace de taille moyenne, avec un corps de 35 à 55 mm de longueur, la couleur du corps est du noir ou gris foncé. Le manteau parfois orné de taches plus claires, dont sa longueur est de 6 à 10 mm, sculpture de la peau faible. Une sole avec des zones latérales plus foncées, grises ou noirâtres et une zone médiale plus claire (Fig. 58).

Figure 58 : Morphologie externe de *Milax gagates* (Originale, 2019).

Les organes génitaux de ce gastéropode sont caractérisés par un pénis légèrement plus court que l'épiphallus ; la partie extrême du pénis est arrondie. Le canal déférent est plus long que le double de la longueur du pénis et l'épiphallus ensemble, et se développe latéralement à partir de l'extrémité proximale de l'épiphallus. L'oviducte est libre et très long, le vagin très court. La vésicule séminale est ovale. Le canal de la vésicule séminale est court, mince dans la partie postérieure et légèrement élargi à l'entrée dans l'atrium génitale. Un grand atrium génital contenant un stimulateur mince et en forme de ruban, qui est tordu, se rétrécit progressivement vers son extrémité et la surface restante étant lisse (Fig. 59).

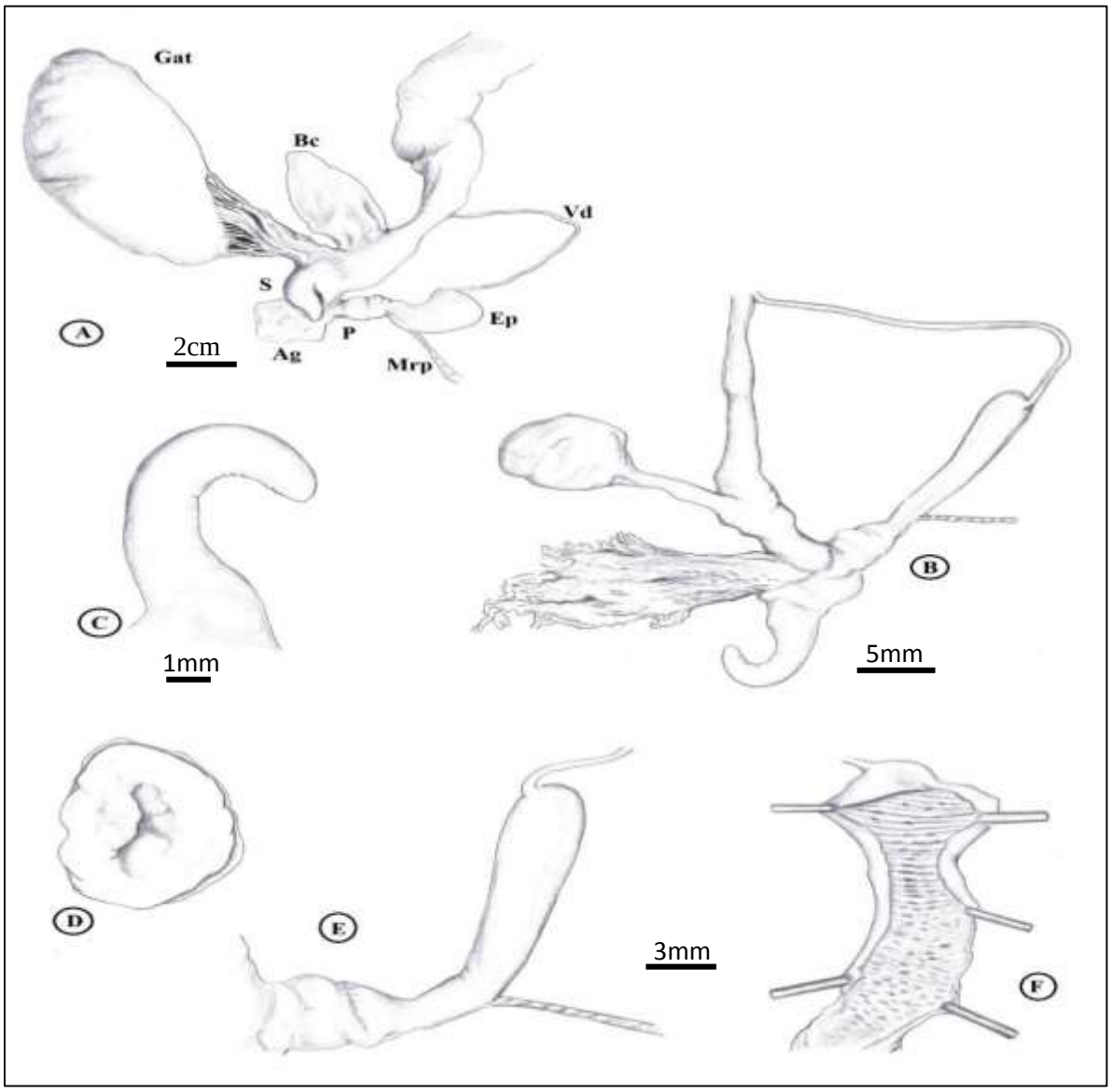


Figure 59 : *Milax gagates* (Originale, 2020). **A. B.** Appareil reproducteur ; **C.** Stimulateur ; **D.** Papille ; **E.** Structure interne du pénis ; **E.** épiphalus ; **F.** Structure interne de l'épiphalus.

Ag : Atrium génital ; **Mrp :** Muscle rétracteur du pénis ; **P :** Pénis ; **S :** stimulateur ; **Gat :** Glande atriale (Glande vaginale) ; **Bc :** Bourse copulatrice (Vésicule séminale) ; **Vd :** Spermiducte. **Ep :** épiphalus.

24.3 *Ambigolimax nyctilus* (Bourguignat, 1861)

Nom d'origine : *Limax nyctelius* (Bourguignat, 1861)

Synonymes : *Lehmannia nyctelia* (Bourguignat, 1861)

Limax nyctelius (Bourguignat, 1861)

Limax legrandi (Tate, 1881)

Agriolimax (Malacolimax) kervillei (Germain, 1907)

Malacolimax nyctelius (Pallary, 1939)

24.3.1 Systématique

Phylum	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-Classe	Heteroblanchia
Infra-classe	Euthyneura
Super-ordre	Eupolmonata
Ordre	Styllomatophora
Sous-ordre	Helicina
Infra-ordre	Limacoidei
Super-famille	Limacoidea
Famille	Limacidae
Sous-famille	Limacinae
Genre	*Ambigolimax*
Espèce	*A. nyctelius* (Bourguignat, 1861)

24.3.2 Description

Une limace de petite à moyenne taille qui varie entre 25 mm et 45 mm, allongée et cylindrique, brièvement carénée à sa partie postérieure. Sa couleur est de brun clair à brunâtre. Sur le dos, des rides fines et légèrement réticulées. Le manteau avec de fines rides semblables à des empreintes digitales, deux bandes noires longitudinales sur les deux côtés des flancs, parfois avec une autre centrale. Un bouclier de forme ovale, arrondi à sa partie antérieure et postérieure (Fig. 60).

Figure 60 : Morphologie externe de *Ambigolimax nyctelius* (Originale, 2020).

L'examen des organes génitaux montre qu'ils sont caractérisés par un très long pénis, d'une forme plus ou moins cylindrique, parfois enroulé, à sa partie postérieure s'insère le muscle rétracteur du pénis et le spermiducte, avec une absence totale d'appendices péniaux. La vésicule séminale est très allongée, le canal de la vésicule séminale est court et épais, l'oviducte est cylindrique et très court. La structure interne de pénis montre deux crêtes péniennes qui sont deux lignes séparées (Fig. 61).

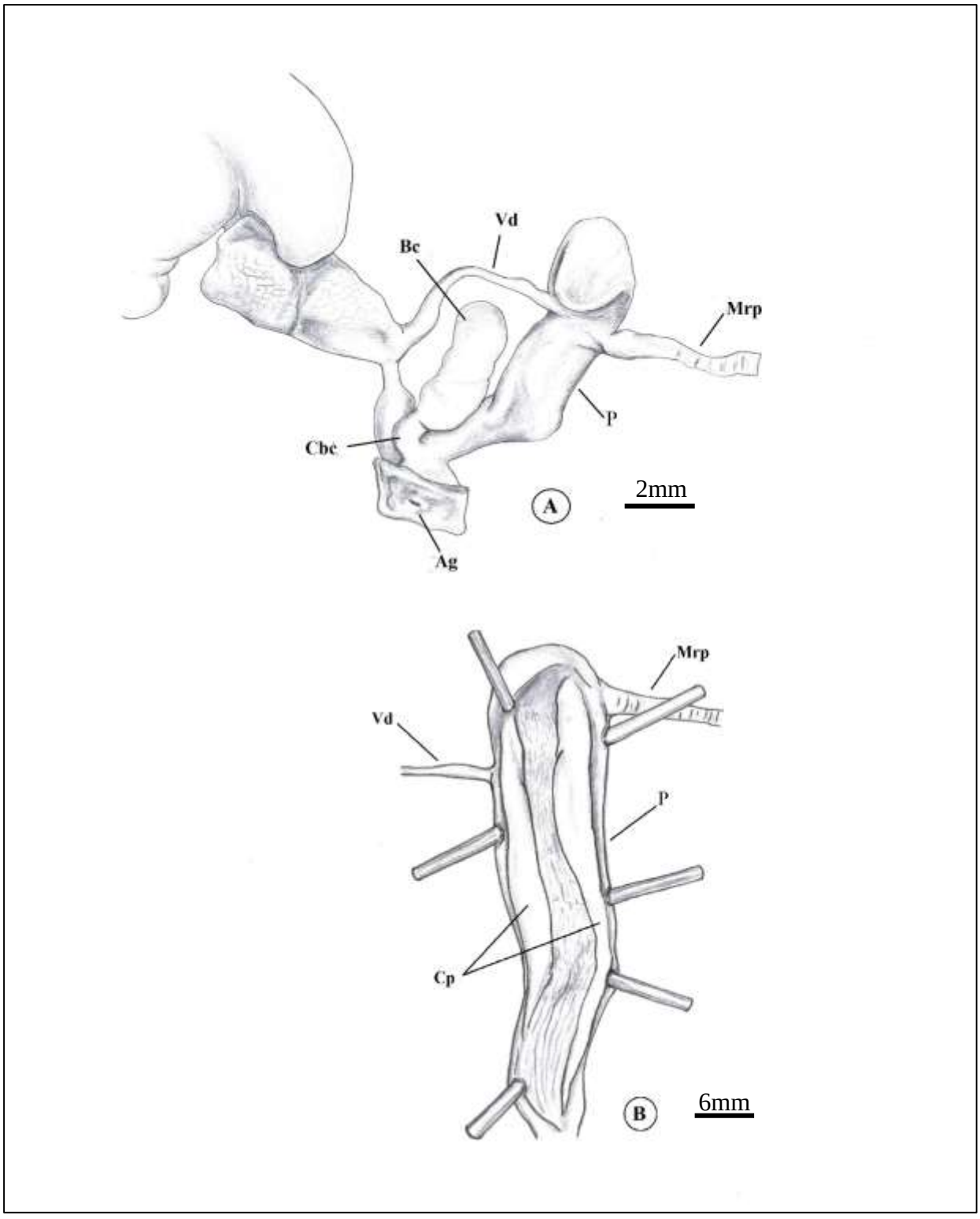


Figure 61 : *Ambigolimax nyctelius* (Originale, 2020). **A.** Appareil reproducteur ; **B.** Structure interne du pénis.

Ag : Atrium génital ; **Mrp :** Muscle rétracteur du pénis ; **P :** Pénis ; **Cp :** Crête penienne ; **Cbc :** Canal de la bourse copulatrice ; **Bc :** Bourse copulatrice (Vésicule séminale) ; **Vd :** Spermiducte.

24.4 *Lehmannia* sp.

Nom d'origine : Non documenté.

Synonyme : Non documenté.

Ce spécimen montre une structure de l'appareil génital différente de l'espèce précédente (*A. nyctelius*). La comparaison de cette structure avec celle étudiée par d'autres auteurs (données bibliographique) n'a pas donné de ressemblance, ce qui nous a permis d'identifier cette espèce en tant que *Lehmannia* sp.

24.4.1 Systématique

Phylum	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-Classe	Heteroblanchia
Infra-classe	Euthyneura
Super-ordre	Eupolmonata
Ordre	Styllomatophora
Sous-ordre	Helicina
Infra-ordre	Limacoidei
Super-famille	Limacoidea
Famille	Limacidae
Sous-famille	Limacinae
Genre	*Lehmannia*
Espèce	*Lehmannia* sp.

24.4.2 Description

Une limace morphologiquement semblable et à *A. nyctelius*, dont l'analyse des organes génitaux est nécessaire pour les séparer, d'une taille moyenne, environs 4cm de long, d'une couleur claire, brunâtre à marron, une sole blanche avec un mucus transparent, le mentaux a une forme ovale avec des rides fine donnant une forme des empreinte digitales. Une crène de très petite taille se trouve à l'extrémité caudale (Fig. 62).

Figure 62 : Morphologie externe de *Lehmannia* sp. (Originale, 2019).

Les organes génitaux de cette limace se caractérisent par un pénis très petit et épais plus ou moins cylindrique, sans appendices péniaux, à son extrémité postérieure s'insère le spermiducte qui est d'une longueur semblable à celle du pénis. Un muscle rétracteur de pénis se trouve à la partie supérieure du pénis. La vésicule séminale est très allongée et grande d'une forme ovale, le canal de la vésicule est petit et très épais, qui parfois se confond avec la vésicule. L'oviducte est long et épais. La structure interne du pénis montre une chaine de crêtes qui donnent une allure d'un triangle (Fig. 63).

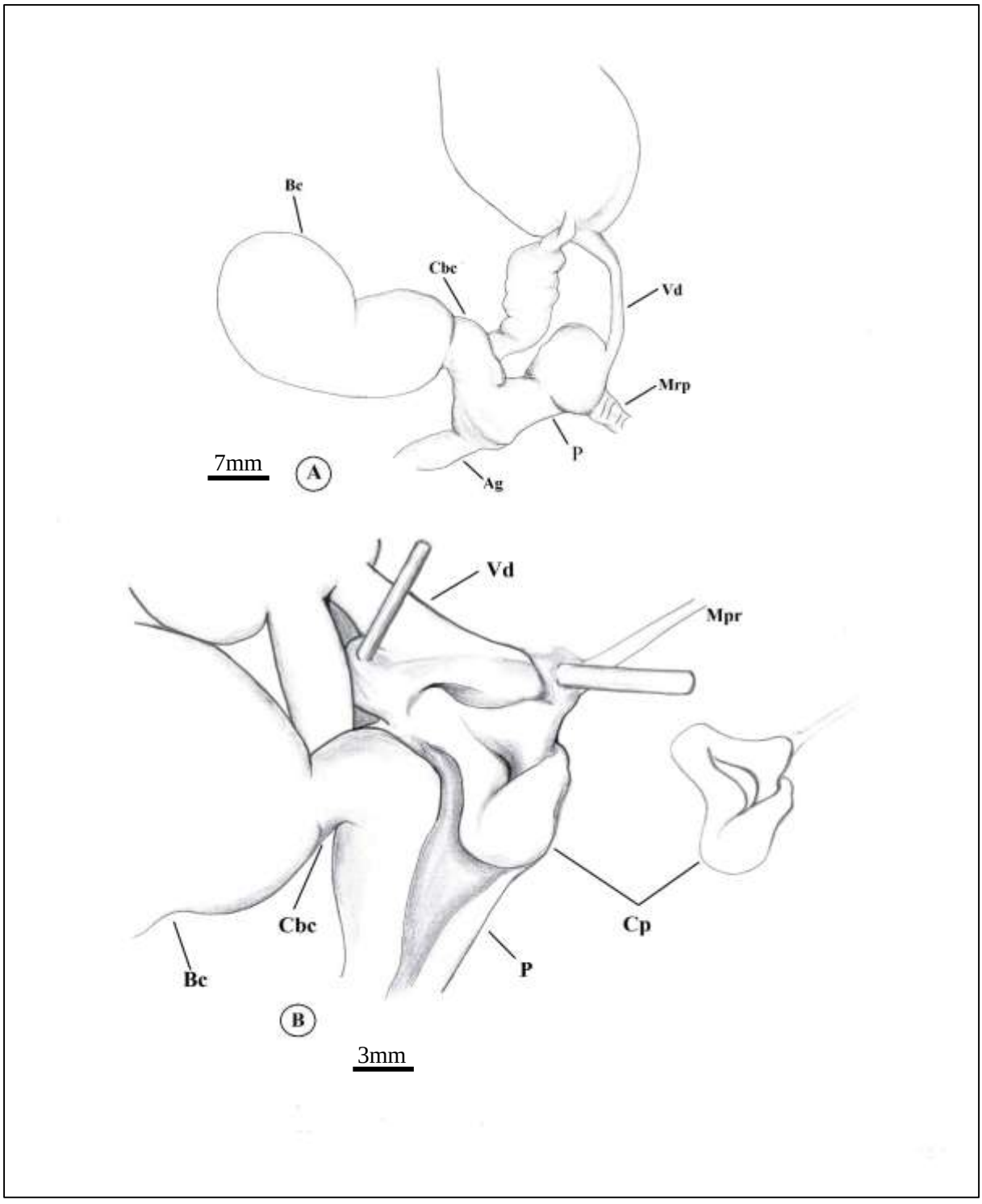


Figure 63 : *Lehmannia* sp. (Originale, 2020). **A.** Appareil génital ; **B.** Structure interne du pénis.

Ag : Atrium génital ; **Mrp :** Muscle rétracteur du pénis ; **P :** Pénis ; **Cp :** Crête penienne ; **Cbc :** Canal de la bourse copulatrice ; **Bc :** Bourse copulatrice (Vésicule séminale) ; **Vd :** Spermiducte.

24.5 *Testacella riedli* (Giusti, Manganelli et Schambri, 1995)

Nom d'origine : Non documenté.

Synonymes : Non documenté.

24.5.1 Systématique

Phylum	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-Classe	Heteroblanchia
Infra-classe	Euthyneura
Super-ordre	Eupolmonata
Ordre	Styllomatophora
Sous-ordre	Helicina
Super-famille	Testacelloidae
Famille	Testacellidae
Genre	Testacella
Sous-genre	*Testacella*
Espèce	*T. riedli* (Giusti, Manganelli et Schambri, 1995)

24.5.2 Description

L'animal est de taille moyenne, 4 à 6 cm de long à l'extension, dont le corps a un contour semblable à celui d'une feuille. Arrondi à l'avant, pointu à l'arrière, aplati sur le dos et le ventre, convexe sur le dessus avec deux rainures dorso-latérales (une de chaque côté) partant de la coquille et s'étendant vers les côtés de la tête, et de petites rainures transversales minces. Un pied avec une large sole indivisée, de couleur jaune pâle sans glande caudale. La couleur du corps est brune-jaune. Un manteau très petit avec des bords dépassant légèrement l'ouverture de la coquille, le pneumostome sur le bord du manteau, recouvert par la coquille, au niveau du tiers postérieur de la coquille, tentacules supérieurs cylindriques, tentacules inférieurs courts (Fig. 64).

Figure 64 : Morphologie externe de *Testacella riedeli* (Originale, 2020).

La coquille de cette limace est dextre, petite, aplatie, avec un apex déprimé, robuste, de couleur brune. Sa surface externe avec des lignes de croissance claires et irrégulières. Spire très courte avec 1,5 tours, l'ouverture de la coquille est très grande, oblique, avec un péristome simple avec des bordures columellaires épaissies, arquées, nacrées (Fig. 65).

Figure 65 : Coquille de *Testacella riedeli* (Originale, 2020).

L'appareil génital de *T. riedeli* est caractérisé par une grande ovotestis pâle avec un assemblage compact d'acini. Un premier canal hermaphrodite mince, long et convoluté, pénétrant dans un petit talon. Une très grande vésicule séminale allongée. Un oviducte libre, long et large. Un canal initialement évasé de la bourse copulatrice, se terminant par une grande bourse copulatrice d'une forme ovale. Le vagin est large et court se terminant côte à côte avec le pénis dans un très court atrium génital. Le canal déférent long, étroit en proximal, élargi en distal. Le pénis proximal et distal enveloppé par une gaine épaisse, glandulaire et musculaire, d'où émerge un robuste muscle rétracteur du pénis (Fig. 66).

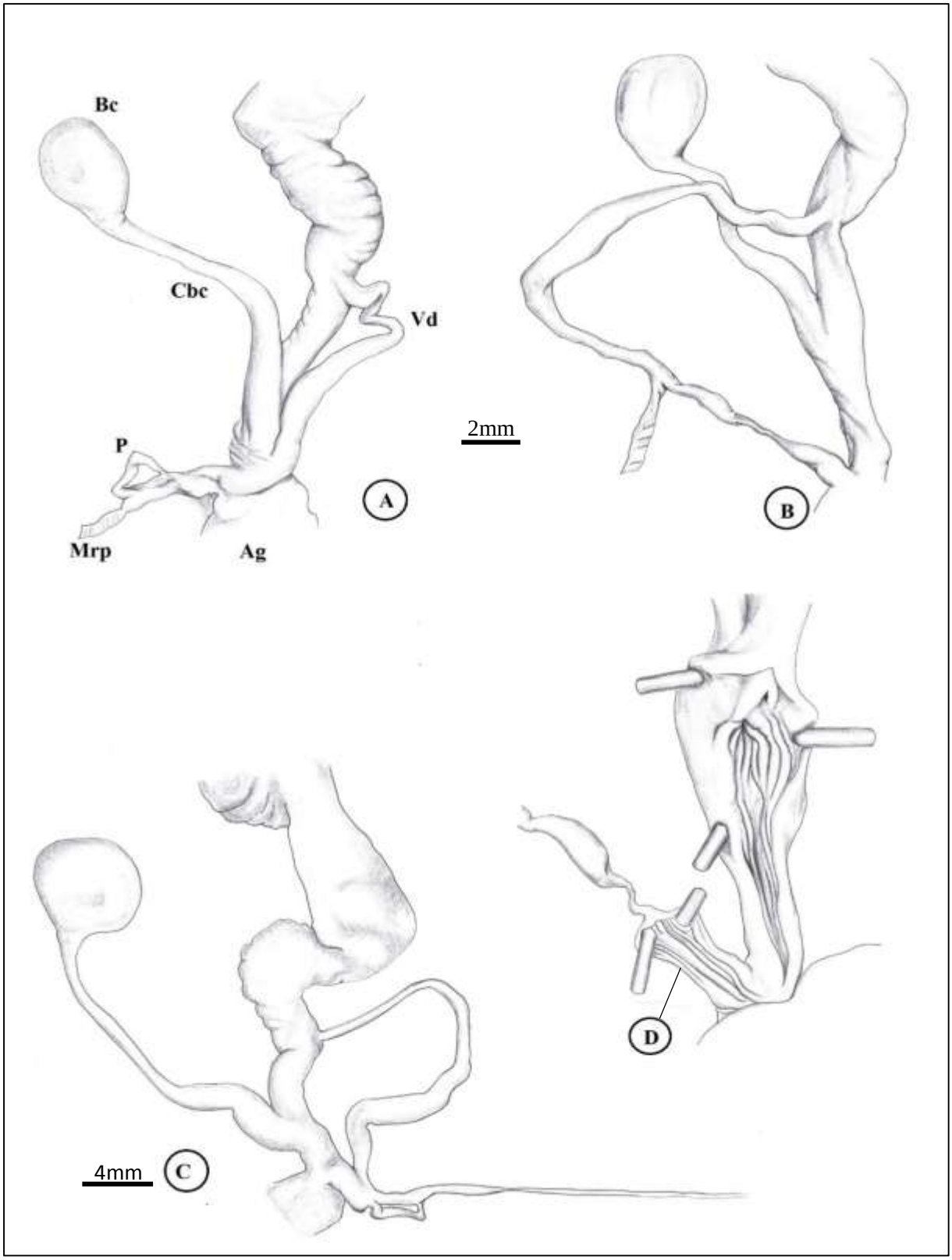


Figure 66 : *Testacella riedeli* (Originale, 2021). **A. B. C.** Appareil génital ; **D.** Structure interne du penis.

Ag : Atrium génital ; **Mrp :** Muscle rétracteur du pénis ; **P :** Pénis ; **Cbc :** Canal de la bourse copulatrice ; **Bc :** Bourse copulatrice (Vésicule séminale) ; **Vd :** Spermiducte.

24.6 *Deroceras* sp.

Nom d'origine : Non documenté.

Synonymes : Non documenté.

24.6.1 Systématique

Phylum	Mollusca
Classe	Gastropoda
Sous-Classe	Heteroblanchia
Infra-classe	Euthyneura
Super-ordre	Eupolmonata
Ordre	Styllomatophora
Sous-ordre	Helicina
Super-famille	Limacoidea
Famille	Agriolimacidae
Genre	*Deroceras*
Espèce	*Deroceras* sp.

24.6.2 Description

Cette Agriolimacidae, du genre *Deroceras*, est une petite limace d'une longueur d'environ 25 à 30mm. Elle possède une petite carène caudale, à l'extrémité postérieure du corps, qui ne peut être observée que lorsque l'animal est contracté. Sa coloration est de rouge-marron, parfois blanche, une forme rarement observée, le corps présent des tâches noires. Cette espèce possède un manteau qui est d'envions les 10mm de longueur, il couvre les 2/3 du corps, les tentacules tactiles sont plus petites que les tentacules oculaires qui portent à leur extrémités des petits points noirs qui représentent les yeux (Fig. 67).

Figure 67 : Morphogie externe de *Deroceras* sp. (Originale, 2020).

L'appareil génital de cette limace est caractérisé par un gros pénis très large à sa base, il est dépourvu des appendices pénaux. Le canal déférent ou le spermiducte est de petite taille, il s'ouvre dans la partie supérieure du pénis. Le muscle rétracteur de pénis s'insère à côté de l'ouverture de spermiducte. La structure interne du pénis présente par un sarcobelum conique qui est typique au genre *Deroceras*. La vésicule séminale est de petite taille avec un court canal de la bouse copulatrice (Fig. 68).

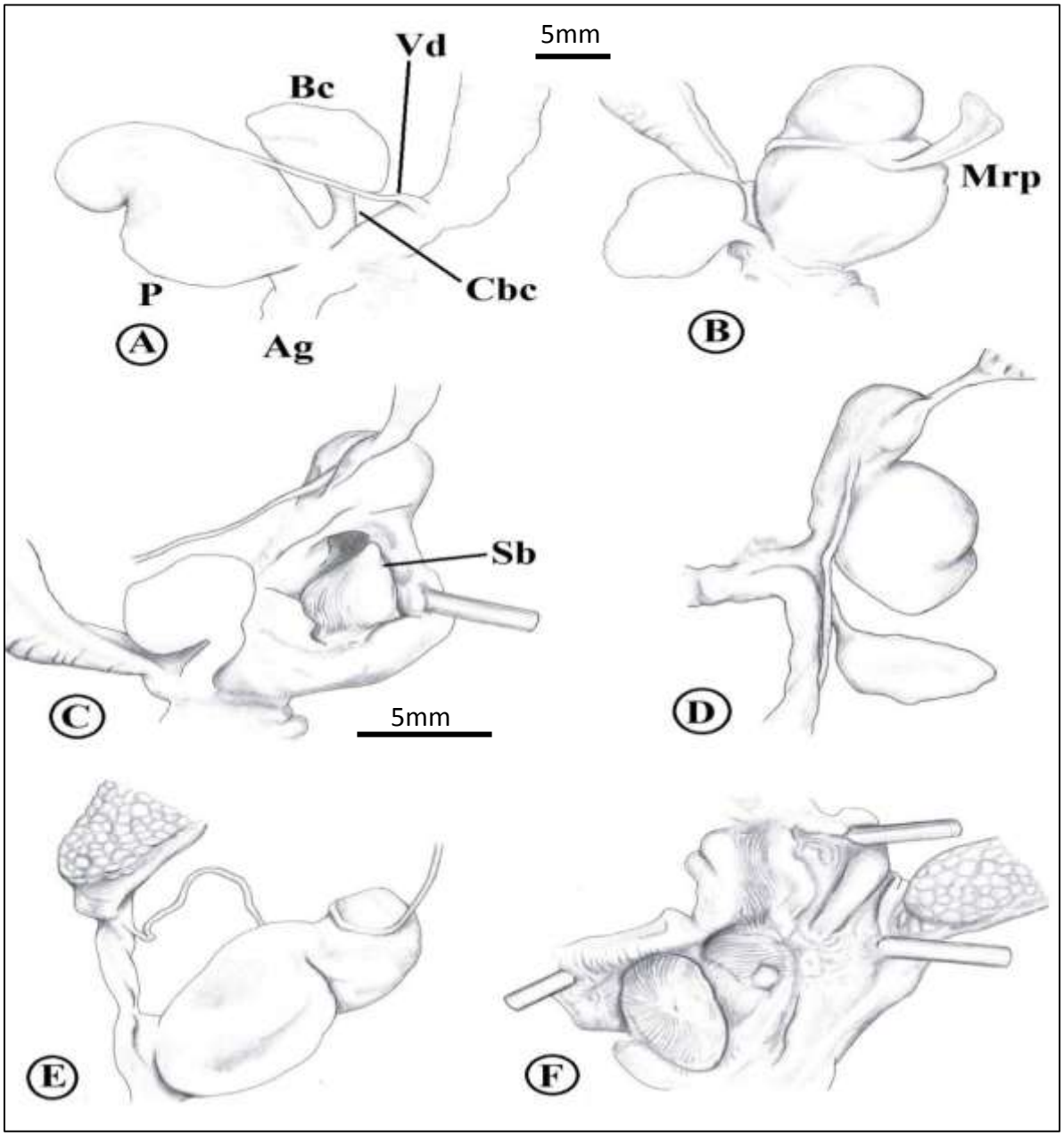


Figure 68 : *Deroceras* sp. (Originale, 2020). **A. B. D. E.** Appareil génital ; **C. F.** Structure interne du pénis.

Ag : Atrium génital ; **Mrp :** Muscle rétracteur du pénis ; **P :** Pénis ; **Cbc :** Canal de la bourse copulatrice ; **Bc :** Bourse copulatrice (Vésicule séminale) ; **Vd :** Spermiducte ; **Sb :** Sarcobelum.

Chapitre V
Discussion

Dans le contexte des changements globaux, la nécessité de connaitre la biodiversité et de comprendre l'influence des paramètres climatiques et environnementaux sur les populations des gastéropodes terrestres et leurs évolutions spatio-temporelles est désormais primordiale (Sauvion et *al.*, 2013). L'objectif de ce travail est, d'une part, d'inventorier la biodiversité des gastéropodes terrestres et dulçaquicoles de l'Algérie. D'autre part, étudier la bioécologie des gastéropodes terrestres dans deux régions au Nord-Centre du pays (Alger et Boumerdes) durant la période de 2018/2019. Enfin, étudier la morphologie des organes génitaux des espèces de limaces répertoriées au niveau des régions d'Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou.

L'entreprise d'une étude bioécologique ou biogéographique sur un groupe taxonomique donné et dans une région donnée requiert la connaissance de plusieurs éléments fondamentaux. Dans un premier temps, il est indispensable d'avoir une liste de référence des espèces sur le territoire étudié. Dans un second temps, il est nécessaire de mettre en place des stratégies d'échantillonnage, ainsi que des méthodes de prélèvement ou de récolte spécifiques au groupe étudié (Cucherat et Demuynck, 2008).

La mise en place de stratégies d'échantillonnage des gastéropodes terrestres et le choix des bonnes méthodes de prélèvement aptes à estimer des diversités et densités d'espèces d'un point à un autre et/ou d'un moment à un autre, la répartition et la biogéographie sont difficiles (Cucherat et Demuynck, 2008). Dans la présente étude, nous avons opté pour quatre méthodes de prélèvement, une recherche à vue ou le prélèvement direct, le tamisage de la litière et le piégeage par des planches en bois ou des bâches en plastique. Aussi, une épuisette est utilisée afin de récolter les espèces de mollusques dulçaquicoles.

La recherche à vue est la méthode la plus utilisée dans la malacologie (Kiss et *al.*, 2004 ; Pokryszko et Cameron, 2005 ; Pokryszko *et al.*, 2006 ; Boschi et Baur, 2007a, 2007b).

Les espèces de grandes tailles et visibles à l'œil nu sont recherchées dans tous les milieux favorables, sous les pierres, sous les feuilles et les troncs d'arbres. Cette méthode permet de faire des suivis des populations de gastéropodes terrestres dans le temps. Comme présentée par Fowles (1998), cette méthode consiste à échantillonner dans des quadras d'une superficie de 10mx10m soit 100 m^2. Cependant, cette surface peut être variable selon les types des espèces visées ainsi que les types d'habitat. Dans notre travail, nous avons pris en considération une surface de 200m^2, soit des quadras de 10m x 20m.

La deuxième méthode est le tamisage de la litière ou la méthode volumique qui permet la récolte des espèces de mollusques terrestres vivant au niveau de la litière, ainsi que les petites espèces dont la taille est inférieure à 5 mm (Horsák et Hájek, 2003 ; Horsák, 2006).

Le volume de litière recueilli varie entre 1 et 20 litres (Wardhaugh 1995, 1997). Dans notre travail, nous avons opté pour un volume de 2 litres de la litière.

Le piégeage par une planche ou une bâche en plastique permet principalement de capturer les limaces, d'où son nom de piège à limaces. Cette méthode est utilisée par certains auteurs comme Cucherat et Demuynck (2008). Hommay et Briard (1988) indiquent que le nombre d'individus capturés par cette méthode dépend de la taille et de la nature de piège (bois, plastique, polystyrène…), ainsi que la durée de leur exposition.

Cucherat et Demuynck (2008) suggèrent que les méthodes de prélèvement des mollusques dulçaquicoles sont celles utilisées pour l'échantillonnage des macros-invertébrés aquatiques. Toutefois, l'utilisation d'une épuisette et un troubleau est largement utilisé dans la récolte des mollusques des eaux continentales (Foeckler *et al.*, 1991 ; Carlsson, 2001 ; Watson and Ormerod, 2004).

Nos résultats permettent l'identification et l'établissement d'une liste systématique de 26 familles reparties en 43 genres et 55 espèces de gastéropodes. 45 espèces sont terrestres, dont 6 espèces de limace, et 10 espèces sont dulçaquicoles.

Les Helicidae et les Geomitridae sont les familles les plus riches en espèces, elles comptent 9 espèces chacune suivie par les Planorbidae avec 6 espèces et les Sphincterochilidae avec trois espèces morphologiquement différentes. Les Achatinidae, Ferussaciidae, Hygromiidae, Enidae, Limacidae, Milacidae et les Condrinidae sont toutes représentées par deux espèces chacune. Les autres familles, Trissexodontidae, Oleacinidae, Oxychilidae, Discidae, Pomatiidae, Agriolimacidae, Testacellidae, Megalostomatidae, Truncatellinidae, Lymnaeidae, Physidae, Bulinidae, Melanopsidae, Thiaridae sont représentées par une seule espèce chacune. Quatre familles de limaces sont identifiées, les Milacidae et les Limacidae avec deux espèces chacune, les Agriolimacidae et les Testacellidae avec une seule espèce chacune.

Michaud (1833) et Tirver (1839) sont considérés comme fondateurs de la malacologie en Algérie. Michaud (1833) a recensé 114 espèces de mollusques en Algérie, dont seulement 26 espèces sont terrestres. Ce travail a été jugé comme médiocre par Bourguignat en 1864. Tirver (1839) a décrit 61 espèces de mollusques terrestres. Bourguignat (1864) pensait que ce travail était le plus complet de son époque.

En 1864, Bourguignat, dans son travail « Malacologie de l'Algérie ou Histoire naturelle des animaux mollusques terrestres et fluviatiles » a inventorié une richesse plus importante que les travaux de ses prédécesseurs, avec un total de 319 espèces réparties en 37 genres différents.

Depuis aucune étude complète sur la faune malacologique Algérienne n'a été établie. Il demeure le travail le plus complet et l'inventaire le plus exhaustive de toute la faune malacologique terrestre de l'Algérie jusqu'à présent.

Pour l'Algérie, l'ancienneté des données et la nomenclature des taxons est celle utilisée dans le 19ème siècle. Non actualisée, ce qui ouvrent un grand champ pour les chercheurs et les taxonomistes et favorisent l'apparition de plusieurs synonymes du même taxon expliquant en partie les nombres différents des espèces d'un travail à un autre.

Le calcul du nombre absolu de taxons est parfois arbitraire, car ce nombre est fortement corrélé au concept d'espèce privilégié par le chercheur concerné. Traditionnellement, les mollusques sont un groupe bien décrit, tout au moins au niveau des espèces.

Les résultats de notre étude, avec les 55 espèces, reste insuffisant si nous les comparons à ceux obtenus par Bourguignat en 1864, ceci est probablement dû à l'étendue de la région d'échantillonnage, où nous nous sommes focalisé seulement au centre du nord du pays, tandis que Bourguignat a échantillonné la quasi-totalité de l'Algérie d'un côté. D'un autre côté, les identifications de Bourguignat ne prenaient pas en considération les variétés de certaines espèces et genres qui semblent avoir plusieurs morphes comme chez les *Xerosecta*, *Cernuella* et *Theba*.

Comparativement aux études régionales qui ont été faites, Damerdji (2009), dans son travail sur la composition et la structure de la malacofaune du littoral Algérien, a inventorié 14 espèces de gastéropodes terrestres dans la région de Beni-Saf, au Nord-Ouest du pays. Larbaa et Soltani (2013) ont recensé une richesse de 14 espèces dans le Nord-Est du pays. Douafer et Soltani (2014) ont identifié 9 espèces seulement dans quelques régions du Nord-Est de l'Algérie. En 2016, Bouaziz-Yahiatene et Medjdoub-Bensaad ont recensé une richesse de 26 espèces dans la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie).

Plus récemment, Belhiouani et *al.* (2019), où ils ont comparé la richesse spécifique de différentes stations selon l'effet anthropique sur la diversité et la distribution des gastéropodes terrestres dans les écosystèmes, ont estimé une richesse de 11 espèces dans le Nord-Est de l'Algérie. Quant aux travaux de Ameur et *al.* (2019), dans la région aride de Batna (Algérie), ont cité une richesse spécifique de 11 espèces. Ramdini et *al.* (2020) ont pu identifier une richesse de 27 espèces d'escargot et de limaces dans les régions d'Alger et de Boumerdes.

Pour la faune malacologique dulçaquicole, nous avons recensé une richesse spécifique de 10 espèces dont deux sont récemment redécouvertes, *Hippeutis complanatus* et *Armiger crista.* Bourguignat (1864) a signalé la présence d'une seule population relique de *Hippeutis*

complanatus dans la région d'Alger. Van Damme et Seddon (2011) ont mentionné dans leur liste rouge de l'UICN que cette espèce est essentiellement distribuée dans l'Europe-Centrale et qu'elle est éteinte en Algérie.

Après plus de 150 ans, Glöer et Ramdini (2019) ont fait la redécouverte d'une population de *H. complanatus* dans un petit lac au niveau de la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie).

Quant à *Armiger crista*, qui est un gastéropode pulmoné à distribution holarctique d'eau douce, appartenant à la famille des Planorbidae. La limite de son aire de répartition sud en Afrique est le Maghreb et l'Éthiopie (Van Damme, 1984 ; Brown, 1994). En Algérie, n'était plus enregistrée depuis le 19ème siècle, lorsque Bourguignat (1864) l'a classée comme *Planorbis crista* et *P. imbricatus* (=*P. crista*), de la région méditerranéenne entre Mostaganem et Constantine, cette espèce était considérée comme possiblement éteinte (Van Damme et Ghamizi, 2010, Van Damme et *al.*, 2010). Ramdini et *al.* (2020) ont fait la redécouverte de cette espèce dans un lac de la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie), où ils considèrent cet habitat comme relique et qui nécessite une gestion durable afin de le préserver.

L'utilisation intense et non durable des eaux de surface met en danger d'extinction d'une part importante de la faune des gastéropodes dulçaquicoles (Ramdini et *al.*, 2020). La faune de gastéropode dulçaquicole est très mal connue en Algérie. Depuis les travaux de Van Dame (1984), très peu d'études locales sont réalisées (Glöer et *al.*, 2010 ; Glöer et Ramdini, 2019 ; Ramdini et *al.*, 2020). De ce fait, nos résultats demeurent les plus importants dans toute la nouvelle littérature de la faune malacologique de l'Algérie, mais loin d'être le chiffre réel de la richesse spécifique des gastéropodes terrestres dulçaquicole du pays.

L'absence d'une liste de références des mollusques continentaux de l'Algérie récente met la faune malacologique du pays dans le besoin d'une grande investigation afin d'apporter le manque énorme en informations et de résoudre l'importante confusion dans la taxonomie. Malgré ce grand manque d'informations, très peu d'études s'intéressent à la révision des taxons et revoir leurs positions.

Dans ce sens, Glöer et *al.* (2010), dans leur investigation approfondie pour la révision du genre *Pseudamnicola* et *Mircuria* d'Algérie et de Tunisie ont mis en évidence 9 espèces nouvelles pour le genre *Pseudamnicola* et 2 nouvelles espèces pour le genre *Mercuria.* Ils ajoutent que l'Est Algérien constitue un point chaud de la spéciation de *Pseudamnicola.*

Bouaziz-Yahiatene et *al.* (2017), dans leur travail de révision du genre *Massylaea* en utilisant une approche morphologique et moléculaire, ont conclu que le genre *Eobania* est un synonyme de *Massylaea*, désormais ce taxon est connu sous ce nom, il est représenté par trois espèces,

M. massylaea, *M. vermiculata* et *M. constantina*. En 2019, Bouaziz-Yahiatene et ses collaborateurs ont fait une autre révision du genre *Cantareus*. Cette étude confirme que ce genre comporte trois espèces différentes qui sont *C. subapertus, C. apertus* et *C. koraegaelius,* cette dernière n'est présente qu'au niveau de la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie. Néanmoins, dans le présent travail, nous restons sur l'ancienne espèce reconnue, *C. apertus.* Les spécimens examinés dans le travail de Bouaziz-Yahiatene et *al.* (2019) sont tous échantillonnés dans la région de Tizi-Ouzou (Kabylie), contrairement aux nôtres qui sont récoltés dans les régions d'Alger et de Boumerdes. Cependant, des études anatomiques et génétiques sont nécessaires afin de confirmer cette espèce dans des régions autres que la Kabylie.

La grande diversité des mollusques en nombre d'espèces et leur grande variété sur les plans structurels (Ivanova, 1990), ainsi que leur faible mobilité et leur incapacité de franchir les grandes barrières géographiques (Magomedova, 2015), en outre, la facilité de collecte de matériels biologiques et leur sensibilité aux changements environnementaux, font de ce groupe un objet pratique pour les études zoogéographiques et écologiques (Abdurakhmanov et *al.*, 2009).

La distribution des gastéropodes terrestres dans les écosystèmes est régie par plusieurs facteurs environnementaux, notamment l'hygrométrie, la photopériode, le calcaire qui est indispensable dans la synthèse de la coquille et la végétation qui présente l'essentielle source alimentaire des de ce groupe zoologique (Horsák et *al.*, 2007 ; Benbellil-Tafoughalt et *al.*, 2009 ; Nunes et Santos, 2012).

Les mollusques terrestres ont un grand éventail d'habitat, ils se trouvent dans les forêts, les prairies, les marécages, les rivières et lacs (Hickman et *al.*, 2003 ; Tarnnoy, 2010). Les gastéropodes terrestres occupent une place très importante dans les chaînes alimentaires, la plupart sont des herbivores ou détritivores. Néanmoins, certaines espèces sont carnivores comme *Poiretia algira, Rumina decollata* et les *Testacellidae*, ils possèdent plusieurs prédateurs comme les oiseaux, les reptiles et les insectes (Barker, 2004). Certaines espèces peuvent être vecteurs de plusieurs nématodes et parasites (Tarnnoy, 2010).

Dans le but d'étudier la bioécologie des gastéropodes terrestres de l'Algérie, 9 stations sont échantillonnées, 4 au niveau de la région de Boumerdes et 5 au niveau de la station d'Alger, par l'utilisation des trois méthodes d'échantillonnage en milieu terrestre. Nos résultats montrent qu'une seule espèce n'est retrouvée qu'au niveau de la région d'Alger à Dely Ibrahim, il s'agit de *Poiretia algira*. Par ailleurs, quatre espèces caractérisent la région de Boumerdes qui sont

Cochlicella conoidea, *Xerotricha conspurcata*, *Tudorella sulcata* et *Deroceras* sp. Ce résultat peut être expliqué par l'hétérogénéité des habitats ainsi que l'anthropisation des milieux.

Kerney et Cameron (2006) attestent que la complexité de la structure des habitats joue un rôle important dans la répartition des espèces. Les préférences écologiques des espèces sont souvent très différentes et l'existence de nombreux microhabitats contribue à augmenter sensiblement la richesse faunistique. L'hypothèse de l'hétérogénéité de l'habitat est l'une des bases fondamentales de l'écologie (MacArthur et Wilson, 1967 ; Lack, 1969). Elle suppose que les habitats structurellement complexes peuvent fournir davantage de niches et des moyens d'exploiter les ressources environnementales et donc accroître la diversité des espèces (Bazzaz, 1975). Dans la plupart des habitats, les communautés végétales déterminent la structure physique de l'environnement, ont donc une influence considérable sur les distributions et les interactions entre les espèces animales (McCoy et Bell, 1991).

Belhiouani et *al.* (2018) confirment que les régions loin de toute perturbation humaine sont plus riches en espèces. Bertrand (2002) ajoute que les mollusques terrestres, par leur biologie et leur écologie, constituent bien des indicateurs de choix de l'état des écosystèmes qu'ils peuplent.

Le reste des espèces sont répertoriées dans la quasi-totalité des stations, un résultat qui confirme les tolérances écologiques des espèces de gastéropodes terrestres. En effet, le climat, la géologie, le type d'habitat et les caractéristiques physico-chimiques des sols sont des paramètres régissant la distribution, l'abondance et la densité des espèces dans les différents écosystèmes (Robitaille et *al.*, 1973 ; Ondina et *al.*, 2004 ; Tews et *al.*, 2004).

Au niveau de la région d'Alger et durant la période d'échantillonnage, nous constatons que *Cernuella virgata*, *Cochlicella acuta* et *Massylaea vermiculata* sont les plus abondantes. Tandis qu'au niveau de la région de Boumerdes *C. virgata*, *F. folliculum*, *C. aspersum* et *T. pisana* sont les plus abondantes. La totalité de ces espèces rencontrées, a une aire de répartition méditerranéenne (Kerney et Cameron, 2006 ; Shileyko, 2004, 2006 ; Walter-Schultes, 2012 ; Neubert, 2014).

Cernuella virgata est une espèce xérophile de la famille des Geomitridae qui présente un cycle de vie varié selon les habitats et peut être annuel ou bisannuel. Sa présence dans la plupart des habitats est due à sa forte capacité de résistance et d'adaptation. Elle est considérée en tant qu'espèce envahissante et ravageuse des cultures dans certaines régions du monde (Baker, 2012). L'aire de répartition de cette espèce est circumméditerranéenne et est signalée en Afrique du Nord, au Proche-Orient et en Turquie (Byrne *et al.*, 2009).

Cochlicella acuta, originaire d'Europe occidentale et du nord-ouest de l'Afrique, bien qu'elle soit plus largement répandue autour de la région Méditerranéenne (Lewis, 1977 ; Welter-Schultes, 2012). Son habitat n'est pas directement affecté par l'activité humaine (Byrne et *al.*, 2009), ce qui explique son abondance dans la région d'Alger.

Theba pisana, un Helicidae originaire du Sud-Ouest de l'Angleterre et du Pays de Galles, de l'Irlande (Gittenberger et Ripken, 1987). C'est un gastéropode terrestre, connu pour son polymorphisme de la coquille et sa capacité à estiver à l'air libre pendant la saison sèche (Hazel et Johnson, 1990). Cette espèce est phytophage, elle cause des dommages aux fleurs ornementales, aux légumes, aux agrumes, aux amandes, aux oliviers et aux vignes (Baker, 1988).

Massylaea vermiculata, est une espèce méditerranéenne, elle est connue en Afrique du Nord, au Proche-Orient et sur la côte Méditerranéenne de la Turquie (Kerney, 1976). Elle occupe tous les types d'habitats Méditerranéens, c'est une espèce anthropophile. Ceci concorde avec notre résultat qui révèle une grande abondance de cette espèce dans les régions les différents habitats prospectés.

Cornu aspersum, un Helicidae très connu dans la région Nord-Africaine, il s'agit d'une espèce très anthropophile, que l'on trouve dans tous les milieux perturbés par l'homme, jusqu'au cœur des villes, pour vu que la végétation soit suffisante (Kerney et Cameron, 1999). Le petit-gris est une espèce très généraliste et commune, pouvant être trouvée dans tous types de milieux terrestres (Falkner et *al.*, 2001). Il est possible de noter une certaine préférence pour les buissons, les milieux rocheux, les haies et les bois décidus (Kerney et Cameron, 2006 ; Welter-Schultes, 2012).

Ferussacia folliculum, c'est une espèce de la Méditerranée occidentale, elle est présente le long de la côte Nord-Africaine, du Maroc jusqu'à la Tunisie (Reitano et *al.*, 2009 ; Welter-Schultes, 2012). Son habitat préféré est sous les pierres et les feuilles en dégradation, principalement dans les zones côtières et les basses terres, dans les habitats naturels et perturbés.

Nos résultats montrent une inégalité entre la richesse spécifique et la densité des individus d'un point d'échantillonnage à un autre. En effet, certaines stations sont marquées par, d'une part, une grande diversité spécifique avec une faible densité des individus, d'autre part, des habitats avec une faible diversité, mais une densité élevée des individus qui y vivent. Par ailleurs, Karas (2009) annonce que les exigences des gastéropodes terrestres sont, d'une espèce à une autre, très variables. Gimbert et De Vaufleury (2009) affirment que les escargots et limaces terrestres occupent une grande variété d'habitats. 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.

Nos résultats montrent que la richesse spécifique varie d'une station à une autre. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations de Dely Ibrahim et Issers avec 18 espèces différentes, ces régions présentent une forte présence humaine, ceci peut être expliqué par la contribution de l'homme à la création des micros-habitats par ses activités. En effet, Kerney et Cameron (2006) annoncent que la malacofaune des habitats anthropisés est souvent très complexe et l'existence des micros-habitat joue un rôle dans l'augmentation de la richesse spécifique. Cependant, ces résultats contredisent ceux de Belhiouani et *al.* (2018), dans la région Est du pays où ces auteurs ont enregistré la richesse la plus importante dans les régions montagneuses qui sont loin de toute activité humaine.

D'autre part, les stations de Douera et Chabet El Ameur, avec des habitats ouverts et bien ensoleillés, présentent la plus faible richesse spécifique. Les caractères physiques de ces stations ne permettent que l'installation des espèces les plus généralistes, plus résistantes et xérophiles. Bachelier (1978) confirme que la majorité des gastéropodes terrestres n'activent que si l'humidité du milieu est suffisante. Damerdji (1990) annonce qu'il existe un lien négatif entre la fréquence des gastéropodes terrestres et les sols découverts où l'exposition est importante.

Nous constatons que les peuplements des gastéropodes terrestres sont omniprésents au niveau de toutes les stations pendant tous les mois de l'année. Toutefois, des fluctuations de la richesse spécifique et d'abondance relative des individus sont marquées suivant les saisons et d'une station à une autre.

La richesse spécifique demeure stable durant les saisons d'automne, d'hiver et du printemps, au niveau des stations de Corso et Afir, ceci peut être expliqué par fait de la proximité de ces deux régions de la mer, ce qui permet un maintien de taux d'humidité atmosphérique assez important pour l'activité des mollusques terrestres.

Deux autres stations au niveau de la région d'Alger qui sont Tamentfoust et Sidi Moussa, présentant des habitats agricoles. Elles marquent une stabilité dans le nombre d'espèces durant les mêmes saisons, ce fait peut être expliqué par une action humaine dans ces habitats qui s'exprime par l'arrosage des cultures, qui conduit à l'élévation de taux d'humidité dans les milieux et contribue ainsi à la création des micros habitats propices à l'installation de ces organismes.

En effet, Charier et Daguzane (1980) confirment que les gastéropodes terrestres sont sensibles aux changements thermiques et hygrométriques. La valeur la plus élevée est enregistrée au

niveau de Dely Ibrahim en saison automnale et au printemps, au niveau de la région des Issers. Deux saisons qui présentent un taux d'humidité suffisant pour l'activité de ces mollusques.

Les mollusques sont des organismes d'origine marine, la conquête de la terre ferme est un résultat d'une adaptation de système respiratoire à la vie pulmonaire, cependant le développement de ce groupe faunistique est intimement lié à l'eau (Haszprunar, 1988 ; Baker, 2001 ; Audibert et Bertrand, 2014). Leurs corps mou avec un épiderme constamment humide, leurs déplacements qui dépendent du mucus sécrété et qui entraîne des pertes considérables en eau (Kerney et Cameron, 2006).

Les gastéropodes terrestres existent dans deux états différents, en activité et au repos. L'animal en mouvement utilise son mucus chargé d'eau sur lequel il se déplace, expose son tégument à une atmosphère potentiellement asséchante et augmente les pertes d'eau à travers la cavité palliative en raison de la nécessité d'un échange gazeux (Cook, 2001).

Néanmoins, les gastéropodes terrestres ne vivent pas seulement dans des environnements humides et frais, mais aussi dans des habitats où règnent des conditions chaudes et sèches. D'après Audibert et Bertrand (2014), certaines espèces ont pu s'accommoder à une vie en milieu très sec, très chaud, voire désertique. Ces espèces se sont adaptées pour survivre cacher dans leurs coquilles en attendant les conditions de pluie ou d'hygrométrie favorables à leurs sortie.

La saison sèche est marquée par une faible richesse spécifique et une faible abondance des individus au niveau de toutes les stations d'échantillonnage. Au niveau de la région d'Alger, le maximum d'espèces est prélevé au niveau de la station de Sidi Moussa avec 9 espèces suivie par la station de Ain Benian ave 8 espèces. Les espèces les plus dominantes sont *M. vermiculata, C. virgata* et *C. acuta* avec des taux qui diffère d'une station à une autre.

Dans la région de Boumerdes, le maximum de la richesse spécifique est enregistré au niveau de la station de la station de Corso avec 11 espèces différentes suivie par la station de Afir avec 9 espèces avec la dominance de *C. virgata, T. pisana, C. acuta* et *X. cespitum*

Barbara et Schembri (2008) confirment qu'*Otala punctata* est une espèce de la famille des Helicidae thermophile avec une préférence pour les habitats agricoles. En effet, cette espèce domine durant la saison estivale le peuplement malacologique de la région de Tamentfoust, une station à vocation agricole.

Concernant les limaces, nos résultats montrent leur absence totale durant la saison sèche. Ce groupe de gastéropodes dépourvus de coquille protectrice est vulnérable à la déshydratation,

aux fortes températures et aux températures inférieures à 5°C (Chevalier, 1970 ; Kerney et Cameron, 2006).

Le temps d'observation et d'échantillonnage a un rôle important pour la diversité des gastéropodes terrestres. En effet, le climat et la saisonnalité font une grande différence sur ce qui est échantillonné. Dans des conditions humides et chaudes, il est possible de trouver des limaces et des escargots rampant sur les troncs d'arbre de la végétation ou se nourrir, et même sur le ras de sol. Par temps sec ou froid, aucun escargot n'est visible, ils ne se trouvent que sous les troncs d'arbres et les pierres ou enfouis dans le sol. Il est à rappeler qu'une recherche nocturne révèle souvent une activité beaucoup plus importante que celle qui est observée le jour (Cameron, 2016).

Plusieurs stratégies comportementales sont développées pour la contribution à éviter l'hyperthermie et à retenir l'eau du corps chez les escargots terrestres, la plus simple est de rester à l'ombre et dans des micros habitats. Une autre façon d'éviter les températures élevées, communément connue pour les gastéropodes terrestres, est de limiter l'activité aux périodes diurnes favorables, et qui sont généralement concentrées la nuit, tôt le matin et/ou plus tard dans la soirée (Cowie, 1990). Dans des environnements plus secs et dépourvus de végétation, un comportement permettant aux gastéropodes terrestres de résister aux fortes températures consiste à s'enterrer dans les premières couches du sol (Schweizer et *al.*, 2019).

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon (H) enregistrées dans toutes les stations d'études sont importantes. Cependant, des fluctuations saisonnières, durant la période de prospection, sont marquées. Au niveau des stations de la région d'Alger, cet indice est compris entre 3.13 et 3.82 bits en hiver, entre 2.97 et 3.45 bits au printemps, entre 2.21 et 3.63 bits en été, enfin elles sont entre 2.98 et 3.82 bits en Automne. À Boumerdes, nous avons enregistré des valeurs de 3.37 à 3.78 bits en hiver, de 3.22 à 3.6 bits au printemps, de 2.65 à 2.94 bits en été et enfin de 3.2 à 3.89 en automne. Ces résultats corroborent ceux de Bouaziz-Yahiatene (2017), dans son étude de la bioécologique des gastéropodes terrestres de la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou), ces résultats en étés calculés pour les stations de basse altitude, où cet auteur a enregistré un indice de Shannon qui oscille entre 2.85 et 3.72 bits en hiver, entre 3.1 et 3.72 bits au printemps, entre 1.55 et 3.24 bits en été, et enfin entre 2.45 et 3.47 bits en automne.

Au niveau de la plupart des stations d'étude, l'indice de Shannon est plus important pendant trois saisons, Automne, Hiver et Printemps. Ce résultat peut être expliqué par, d'un côté par les conditions climatiques qui règnent au niveau de cette région, avec un hiver doux et humide, et l'absence des grands froids et les gels, et d'autre côtés par la coïncidence de ces périodes avec

la période de l'accouplement et de reproduction de la majorité des Helicidae et Geomitridae qui dominent nos échantillons récoltés.

Les valeurs les moins importantes de l'indice de Shannon sont enregistrées pour toutes les stations d'échantillonnage durant la saison estivale. Cette faible richesse durant cette saison peut être expliquée par la difficulté de la récolte due à l'estivation des escargots et limaces, afin de se protéger de la dessiccation causée par les élévations des températures et à l'ensoleillement intense durant cette période. Effectivement, la synthèse bioclimatique montre que ces régions d'études se caractérisent par un été sec et chaud.

Bonavita et Bonavita (1962) précisent que, pour les mollusques méditerranéens et en conditions naturelles, leur activité n'est possible que dans un intervalle assez restreint des variables de l'environnement qui correspondent à celles de l'automne, d'une partie du printemps et de l'hiver ainsi que de quelques nuits d'été.

Au niveau de la totalité des stations d'études et durant toute la période de prospection, nous avons constaté que l'indice d'Équitabilité 'E' tend vers 1. Ce résultat rejoint celui de Bouaziz-Yahiatene (2017), ou ils ont enregistré un indice d'Équitabilité élevé au niveau de toutes les stations d'échantillonnage.

Selon Barbault (1981), cet indice tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance dans le peuplement étudié. En effet, Legendre et Legendre (1979) affirment que l'équipartition permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité de Shannon ne peut détecter. Plus sa valeur se rapprocher de 1, plus il traduit un peuplement bien équilibré. Cet équilibre peut être dû aux conditions de l'échantillonnage des mollusques qui s'est déroulé dans des habitats regroupant des facteurs propices aux développements des gastéropodes terrestres, tels que l'humidité, le couvert végétal et les températures ambiantes.

L'indice de similitude 'S'' permet de mesurer en pourcentage la similarité entre deux stations, au niveau de la région d'Alger, cet indice est important, ce qui explique par la ressemblance des peuplements malacologiques des stations de cette région. Cependant, un pourcentage de 70 seulement de similitude entre la station de Dely Ibrahim et Douera qui est probablement dû à l'exposition des deux stations, qui est Sud pour la station de Douera et Nord pour la deuxième station.

Au niveau de la région de Boumerdes, l'indice de similitude (S') demeure très important entre toutes les stations. Néanmoins, un minimum de similitude (50%) est enregistré entre la station de Corso et Afir, deux régions du littoral avec la même altitude et exposition, mais avec deux différents types d'habitats. Un habitat dunaire pour Corso et une friche pour Afir. Un

pourcentage de 70 entre la station d'Afir et Chabet El Ameur qui diffère par leur exposition. Il semble que le type d'habitat et l'exposition semblent être deux facteurs régissant la distribution et la répartition des espèces de gastéropodes terrestres dans les stations d'études. En rappelant que les expositions sud sont plus ensoleillées.

Pearson et Dawson (2003) suggèrent que la répartition des espèces est en équilibre avec le climat. D'autres études montrent que la validité de cette hypothèse varie considérablement selon les différents groupes d'organismes. L'équilibre espèces-climat est inversement lié à la capacité des espèces à suivre les changements climatiques futurs, ce qui suggère que les espèces pour lesquelles les projections sont les moins certaines, sont en fait les plus susceptibles d'être en danger (Araùjo et Pearson, 2005).

Les facteurs écologiques et les espèces interagissent à différentes échelles dans l'espace et dans le temps. Les gastéropodes terrestres réagissent de manière sensible aux perturbations et aux changements des conditions environnementales, notamment le pH du sol et la teneur en carbonate de calcium dans la couche supérieure du sol, le couvert végétal et la présence ou l'absence d'éléments structurels dans leur habitat, tels que les tiges de plantes hautes, qui servent de sites d'estivation, ou des pierres sous lesquels ils peuvent se cacher (Wäreborn, 1992 ; Martin et Sommer, 2004 ; Boschi et Baur 2007a, 2008). Cowie (1985) annonce que la pente et l'orientation sont essentielles pour les adultes et les juvéniles des gastéropodes terrestres dans les habitats méditerranéens.

Afin de mettre en évidence la relation entre la distribution des communautés des gastéropodes terrestres et les propriétés de sol, des analyses physico-chimiques des sols de chaque station d'échantillonnage sont réalisées.

Plusieurs études confirment l'importance des facteurs physico-chimiques des sols sur la distribution des mollusques terrestres (Gardenfors et *al.*, 1995 ; Ondinat et *al.*, 1998). Néanmoins, les avis des auteurs sont parfois contradictoires. En effet, Evans (1972) suggère que les caractéristiques du sol sont les principaux déterminants de la répartition des espèces de gastéropodes. En revanche, Bishop (1977) suggère que les déterminants les plus importants sont d'abord les caractéristiques de la litière, ensuite les caractéristiques du sol et enfin le type de végétation. D'autre côté, les facteurs climatiques (Hermida et *al.*, 1994) et le couvert végétal (Necola, 2003) sont également d'une importance majeure déterminant la distribution des mollusques terrestres.

Selon Evans (1972), les paramètres physico-chimiques de sol sont les facteurs déterminant la distribution des gastéropodes terrestres dans les écosystèmes. L'étude de l'importance des variations des paramètres édaphiques a été largement discutée.

Nos résultats montrent que le pH de toutes les stations d'études est compris entre 6.6 et 7.9, des valeurs qui classent nos sols dans les faiblement acides à moyennement alcalin. Les stations qui ont une richesse spécifique plus élevée sont Dely Ibrahim (18 espèces) dont le sol a un pH de 6.6 qui est faiblement acide et la station des Issers (18 espèces) dont le sol a un pH de 7.7 qui est légèrement alcalin. Les stations de Douera et Tamentfoust avec 13 et 14 espèces différentes respectivement, caractérisées par un pH neutre.

Nos résultats montrent que le pH du sol influe significativement la distribution des espèces. Ce résultat corrobore ceux de Ondina et *al.* (2004) qui rapportent que le pH et le taux de calcium sont des facteurs limitant de la distribution des gastéropodes terrestres.

D'après Martin et Sommer (2004), l'humidité du sol est un facteur déterminant la densité et de la richesse en espèces des escargots dans les sites boisés non perturbés, mais l'effet de l'humidité et du pH du sol sur ces caractéristiques sont étroitement liés sur les sols à humidité intermédiaire et les sols humides.

Cependant, la composition quantitative des assemblages des gastéropodes terrestres est liée aux propriétés des sols à un degré moindre que la densité et la richesse en espèces des escargots, et d'autres caractéristiques de l'habitat, telles que la végétation qui peut être importante pour la dominance des espèces, en plus de l'humidité.

Un autre facteur qui se considère autant qu'un facteur déterminant de la distribution des gastéropodes terrestres dans les écosystèmes est celui de la texture des sols (Hermida et *al.*, 1995; Ondinat et *al.*, 2004).

Cependant, le fait qu'une espèce soit présente dans un écosystème donné, elle est déterminée par son intervalle de tolérance pour des facteurs particuliers. Cependant les groupes d'espèces reflètent des intervalles de tolérance qui se chevauchent (Ondinat et *al.*, 2004).

Nos résultats de l'analyse des organes génitaux des limaces a permis d'identifier 6 espèces différentes de limaces appartenant à 4 familles et 5 genres.

Lallemant (1881), dans son catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles des environs d'Alger, a signalé une richesse de 10 espèces de limaces. Bourguignat (1864), avec son travail sur les mollusques d'Algérie a mentionné une richesse de 6 espèces de limaces. Un travail plus récent, réalisé par Borredà et Martinez-Orti (2017), sur les limaces du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie), où ils ont recensé une richesse spécifique de 10 espèces de limaces pour l'Algérie.

La famille de Testacellidae qui a été signalée par Bourguignat (1864), avec trois espèces représentant le genre *Testacella* avec *T. fischeriana* aux environs d'Alger, Constantine et Annaba, *T. bisulcata* recueillie à Constantine, Skikda et Annaba et *T. brondeli* qui était une espèce rare aux environs d'Annaba. Cependant, durant leurs investigations Borredà et Martinez-Orti (2017) n'ont pas répertorié ce genre en Algérie.

La famille des Agriolimacidae, représentée par un seul genre, *Deroceras*, découvert pour la première fois en Algérie par Wiktor en 1983, au niveau de la région de Skikda, où il a identifié cette espèce autant que *D. riedelianum.* Depuis aucune étude ne cite cette espèce en Algérie.

L'analyse des morphologiques des limaces échantillonnées nous a donné un nombre de quatre familles différentes qui sont les Milacidae, Limacidae, Testacellidae et Agriolimacidae. Cette identification a été soutenue par l'analyse des organes génitaux des espèces. Cette technique nous a permis d'identifier 6 espèces de limaces, *M. nigricans, M. gagates, A. nyctelius, Testacella reideli, Lehmannia* sp. et *Deroceras* sp.

Bourguignat (1861) a élaboré une liste de cinq espèces, plus deux autres sans nom qu'il a critiquées comme étant insuffisante, et ajoutant à cela les données non publiées de Deshayes durant la même période, a fourni une autre liste de huit espèces tout aussi déroutante que la précédente. En 1864, Bourguignat, dans son grand ouvrage sur la malacologie de l'Algérie, décrivent les limaces connues à cette époque, plus en détail que dans celui de 1861, il met en évidence une description approfondie de *Parmacella deshayesii* (Moquin-Tandon, 1848). Plus tard, il décrivit *Letourneuxia numidica* (Bourguignat, 1866), de Tlemcen (Algérie), publiée par le même auteur entre 1863 et 1870.

En 1983, Wiktor annonce que le Maroc et l'Algérie, avec leur position à la périphérie sud du paléarctique, constituent une zone limite d'aire de répartition de la majorité des familles de limaces. Il estime que du point de vue taxonomique et zoogéographique, toutes les données sur les mollusques de cette région sont particulièrement importantes et même de petits rapports sur ce taxon devraient être publiés et mis en valeur.

En rappelle l'étude la plus récente est celle de Borridá et Martinez-Orti (2017), où ils ont établi une liste de dix espèces différentes de limaces pour l'Algérie.

Les Milacidae, ont été identifiées suivant les travaux de Wiktor (1987), ou il s'est basé sur la forme de stimulateur pour séparer les espèces du genre *Milax*. Nos résultats confirment la présence de deux espèces qui appartiennent au genre *Milax, M. nigricans et M. gagates.*

Milax nigricans, ou pseudo-limace de Méditerranée a été récoltée au niveau de toutes les régions prospectées (Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou).

En Algérie, cette espèce a été retrouvée au niveau de l'Ouest du pays, dans la région de Tlemcen par Damerdji en 2018. Douafer et Soltani (2014) l'ont identifiée, dans la région de Guelma située au Nord –Est du pays. Elle a été signalée aussi au niveau des régions de El-Taref et Annaba à l'extrême Nord-Est du pays (Larbaa et Soltani, 2013 ; Douafer et Soltani, 2014).

Il est a signalé que Borridà et Martinez-Orti (2017) n'ont jamais identifié *M. nigricans* en Algérie. Ce qui mène à revoir la répartition de cette espèce en Algérie qui est souvent confondue avec *M. gagates* et *M. ater.*

En Afrique, la répartition de *M. nigricans* est essentiellement en Tunisie, Algérie et au Maroc (Wiktor, 1987 ; Abbes et *al.,* 2010 ; Borridá et Martinez-Orti, 2017).

En Europe, elle est présente en Croatie, France, Allemagne, Grande-Bretagne, Espagne (Bank et Neubert, 2017). En Italie, dans toute la péninsule, en Sicile et sardine (Boato et a*l.,* 1989 ; Ferreri et *al.,* 2005).

Milax gagates, ou pseudolimace jayet, a été échantillonnée au niveau de la région de Boumerdes et Tizi-Ouzou.

En Algérie, cette espèce a été retrouvée au niveau de l'Ouest du pays, dans la région de Tlemcen (Borrida et Martinez-Orti, 2017 ; Damerdji, 2018). À l'Est, Douafer et Soltani (2014) ont identifié *M. gagates* dans la région de Guelma, elle a été signalée aussi au niveau des régions de El-Taref et Annaba à l'extrême Nord-Est du pays (Larbaa et Soltani, 2013 ; Douafer et Soltani, 2014).

En Afrique, elle s'étale sur le long des pays méditerranéens, du Maroc à l'Ouest jusqu'à la Tunisie à l'Est (Wiktor, 1987 ; Abbes et *al.,* 2010 ; Borredà et Martines-Orti, 2017). Elle est originaire du Sud et de l'Ouest de l'Europe, du nord-ouest de l'Afrique et des îles Canaries.

En Europe, elle est présente en Italie, France, Espagne, Portugal, Iles Canaries, Belgique, Pays-Bas, Irlande, Allemagne, Suisse, Croatie et Slovénie (Bank et Neubert, 2017).

Ambigolimax nyctelius est une espèce de la famille des Limacidae, décrite pour la première fois en Algérie par Bourguignat (1961).

En Algérie, *A. nyctelius* est échantillonnée aux environs d'Alger, près de Budjeriah et aux alentours de Bougie. Elle a été retrouvée à l'Ouest du pays au niveau de Tlemcen et Oran. À l'Est de pays aux environs de Koléa et Constantine (Bourguignat, 1864). Wiktor (1983) signale la présence de cette espèce au niveau de la région d'Alger à El-Hamma (Jardin d'essai), au niveau de la région de Bouira (Lakhdaria) et dans la région de Tizi-Ouzou (Kabylie).

En Afrique du Nord, Borridà et Martinez-Orti (2017) ont identifié cette espèce au Maroc et en Algérie, néanmoins, elle a été introduite en Égypte et en Afrique de sud (Wiktor, 1983).
En Europe, sa répartition est signalée en France, Italie, Bretagne, Allemagne, Albanie, Bulgarie, Pologne, Monténégro, Roumanie, Slovaquie, Yougoslavie et la Hongrie (Bank et Neubert, 2017). Cependant, elle a été introduite aux États-Unis d'Amérique (Wiktor, 1983).

Une autre espèce de la famille des Limacidae a été retrouvée au niveau de la région de Tizi-Ouzou, dans plusieurs localités et dans des différents types d'habitat, l'analyse des organes génitaux a révélé une différence anatomique avec *Ambigolimax nyctelius.* La comparaison avec les travaux antérieurs traitant la morphologie de l'appareil reproducteur des limaces notamment les Limacidae (Crossu et Tesio, 1975 ; Wiktor, 1996 ; Skujienė, 2002 ; Abbes et *al.*, 2010 ; Nardi, 2011 ; Sparcio et *al.*, 2018) n'a révélé aucune ressemblance avec nos spécimens, ce qui nous a laissé sur le nom *Lehmannia* sp.

La famille des Testacellidae compte moins d'une douzaine d'espèces vivantes connues, réparties dans la zone euro-méditerranéenne-macaronésienne (Giusti et *al.*, 1995 ; Kerney et Cameron, 1999 ; Schileyko, 2000).

Certaines espèces ont une répartition assez limitée : *T. fischeriana* (Bourguignat, 1861) est signalée pour l'Algérie et la Tunisie (Giusti et *al.*, 1995 ; Abbes et *al*, 2010) ; *T. gestroi* (Issel, 1873) est connue pour la Sardaigne et au Sud de la Corse (Giusti et Manganelli, 1987 ; Manganelli et *al.*, 1995 ; Falkner et *al.*, 2002) ; *T. riedeli* (Giusti, Manganelli et Schembri, 1995) est signalé pour les îles Maltaises et l'Algérie (Giusti et *al.*, 1995).
Ces mollusques ont des habitudes souterraines et sont des prédateurs actifs d'autres invertébrés, en particulier des vers de terre (Quick, 1960), ce qui peut expliquer sont abondance relativement faible dans nos stations d'échantillonnage.
La comparaison des organes génitaux avec les travaux de Giusti et *al.* (1995) a permis d'identifier *T. riedeli*. Elle a été signalée par la première fois par Giusti et *al*. (1995) dans la région nord de Tizi-Ouzou (Algérie)
Son aire de répartition en Europe est très restreinte, elle a été identifiée uniquement aux iles maltaises par Bank et Neubert en 2017. En Afrique, cette espèce est signalée dans le Nord-Centre du continent, précisément dans la région de la Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie) par Giusti et *al.* en 1995.
Nos résultats rapportent l'existence d'une aire de répartition plus large, cette espèce a été retrouvée dans la région de Boumerdes et Alger en plus que la région de Tizi-Ouzou.

Nos résultats révèlent une autre espèce de limace appartenant à la famille des Agriolimacidae, du genre *Deroceras.* Un genre qui compte environ 123 espèces différentes (Wiktor, 2000).

En 1983, Wiktor a signalé pour la première fois la présence de ce genre en Algérie, il a identifié l'espèce *Deroceras riedelianum* (Wiktor, 1983) dans la région de Skikda et d'Annaba comme une nouvelle espèce pour ce genre et pour l'Algérie. Depuis aucune étude ne signale cette espèce dans le pays.

La morphologie de l'appareil génital de nos spécimens montre une structure anatomique différente de celle de *Deroceras riedelianum*, l'espèce signalée par Wiktor en 1983, ce qui ne nous a pas permis l'identification exacte de notre spécimen.

Cette espèce a été récoltée, dans ce présent travail, dans la région de Tizi-Ouzou et Boumerdes, cette découverte est considérée comme la première signalisation de ce genre dans ces régions.

La comparaison des organes génitaux de nos spécimens avec le travail de référence de Wiktor (2000) sur la systématique la monographie de la famille des Agriolimacidae nous mène à penser que notre espèce peut être nouvelle.

Conclusion

Au terme de cette étude consacrée au suivi et à la caractérisation de la diversité des gastéropodes terrestres en Algérie, leur évolution spatiotemporelle au niveau de la région Nord-Centre du pays (Alger et Boumerdes) et la description morphologique ainsi que l'étude de l'anatomie des organes reproducteurs des limaces échantillonnées.

L'analyse des résultats de l'inventaire qualitatif des gastéropodes terrestres et dulçaquicoles a permis l'établissement d'une liste systématique de 55 espèces différentes appartenant à 42 genres et 26 familles dont 45 espèces sont terrestres et 10 sont dulçaquicoles. Nos résultats montrent que les familles des Helicidae, des Geomitridae et des Planorbidae sont les plus riches en espèces. Les Sphincterochilidae sont représentés par 3 espèces morphologiquement distinctes. Les Achatinidae, les Ferussaciidae, les Hygromiidae, les Enidae, les Milacidae, les Limacidae et les Chondrinidae sont représentées par deux espèces chacune. Les autres familles sont représentées par une seule espèce chacune.

En 2019, nos prospections sur le terrain ont permis la redécouverte de *Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758) après 150 ans de disparition, en 2020, *Armiger crista* (Linnaeus, 1857) a été retrouvée après qu'elle a été signalée comme éteinte. Mais les faibles densités de ces populations retrouvées nous obligent à les protéger ainsi leurs habitats qui sont en perpétuelle dégradation.

L'étude de la dynamique et l'écologie des espèces d'escargots et des limaces dans l'espace et dans le temps est caractérisé par un inventaire qualitatif et quantitatif mené au niveau de 9 stations dans la région du Nord-Centre de l'Algérie (Alger et Boumerdes), durant la période allant de janvier 2018 à décembre 2019.

L'analyse des conditions climatiques, les caractères physiques des stations d'échantillonnage et les paramètres physico-chimiques des sols de chaque station ont été étudiés afin de comprendre les distributions spatiotemporels des peuplements malacologiques et de mettre en évidence les exigences biologique et écologique des gastéropodes terrestres pulmonés.

L'inventaire a fait ressortir une richesse spécifique de 27 espèces appartenant à 14 familles avec une richesse de 22 espèces au niveau de la région d'Alger et 26 espèces au niveau de la région de Boumerdes. Nous avons constaté qu'au niveau de la région d'Alger les espèces les plus abondantes sont *Massylaea vemiculata*, *Cochlicella acuta* et *Caracollina lenticula* avec des taux qui ne dépassent pas les 15%, tandis qu'en région de Boumerdes, *Theba pisana* et *Cornu aspersum* sont les plus abondantes avec des fréquences de 11 et 10% respectivement suivies par *Cernuella virgata* et *Ferussacia folliculum* avec un taux de 8% chacune.

Nous remarquons qu'au niveau de toutes les stations d'échantillonnage, les peuplements malacologiques sont dominés par les familles des Helicidae et les Geomitridae, et que la

richesse spécifique diffère d'une station à une autre selon les exigences et les conditions offertes par le milieu. Les stations de Dely Ibrahim et Issers sont caractérisées par la richesse spécifique la plus élevée, tandis que les stations de Douera et Chabet El Ameur sont les plus pauvres en espèces. Nous concluons que la complexité des habitats et les caractéristiques physiques des stations jouent un rôle très important dans la distribution des espèces de gastéropodes.

Le calcul des indices écologiques de structures et de compositions a permis la compréhension de statut de chaque espèce dans le peuplement malacologique et de les classer comme omniprésentes, constantes, accessoires ou accidentelles.

Nos observations sur le terrain ont permis de conclure que certaines espèces sont présentes au niveau de toutes les stations d'échantillonnage, tandis que d'autres ne présente qu'au niveau de certaines station. En effet la biologie et l'écologie des escargots et des limaces sont intimement liées aux facteurs climatiques et édaphiques.

Durant les prospections sur le terrain, nous remarquons que les facteurs climatiques tels que les températures, les précipitations, l'humidité relative, le type et les caractéristiques physiques des habitats ainsi que les caractéristiques édaphiques sont les facteurs déterminants la distribution et l'abondance des espèces d'escargots et limaces dans l'espace.

Nos résultats montrent que l'abondance des gastéropodes terrestres au niveau de toutes les stations d'échantillonnage est plus importante durant les saisons automnale et hivernale qui offrent un taux optimal d'humidité, un paramètre qui est primordial pour le développement de ces organismes. En effet, l'automne est marqué par l'arrivée des pluies et l'élévation des taux d'humidité ambiante et l'hiver de la région méditerranéenne, qui est humide est doux, offrent les meilleures conditions pour l'activité des escargots et les limaces terrestres et qui coïncide avec la période de reproduction de ces animaux.

Nous constatons que les densités les plus faibles des gastéropodes terrestres sont enregistrées pendant les saisons estivales, une saison caractérisées par un climat sec et des températures très élevées. Néanmoins, nous avons pu récolter des spécimens en cette période. Des espèces, comme *Theba pisana*, *Cornu aspersum* et *Massylaea vemiculata* de la famille des Helicidae et *Cernuella virgata* et *Xerosecta cespitum* de la famille des Geomitridae, qui s'accrochent aux tiges des végétaux et sur des troncs d'arbres, un comportement qui leur permet d'éviter le contact avec les sols brulant exposé au soleil. D'autre part, des espèces développent une protection sous forme de couvercle au niveau de l'ouverture de la coquille, qui est l'épiphragme, une paroi plus au moins fine et imperméable, elle est considérée en tant qu'une défense contre la déshydratation.

Nous concluons que certaines espèces restent en activité malgré les fortes températures journalières en été, ces espèces préfèrent les endroits plus ombragés et proche des oueds et points d'eaux qui constituent des microclimats propices à l'activité de quelques individus.

De plus, le type d'habitat joue un rôle très important dans la présence et l'abondance de ces invertébrés, nous avons remarqué que les habitats ruraux, qui sont caractérisés par une forte présence humaine, ont une biodiversité plus importante. Ce résultat a été observé au niveau de la région de Dely Ibrahim (Alger) et Issers (Boumerdes) avec un total de 18 espèces chacune. D'autre côté, l'exposition de la station d'échantillonnage présente une importance majeure dans la diversité des mollusques terrestres. En effet, au niveau des stations de Douera (Alger) et Chabet El Ameur (Boumerdes), qui présentent une exposition sud, ont la biodiversité la moins importante avec 13 et 15 espèces respectivement.

En ajoutant, la présence et le type de la végétation, qui constitue la principale source de nourriture pour ces mollusques, jouent un rôle important dans leur diversité et leur abondance dans l'écosystème.

Les facteurs édaphiques jouent un rôle important dans la distribution des gastéropodes terrestres dans le paysage. En effet, le pH, la texture des sols et le taux de calcaire total sont les principaux facteurs régissant la richesse spécifique et la distribution des escargots et des limaces. Néanmoins, la texture des sols et le taux de calcaire ont un effet secondaire sur et la distribution de nos espèces dans les habitats prospectés.

L'étude des caractéristiques et de la morphologie de l'appareil génital des limaces inventoriées au niveau des régions de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger à permis une différenciation de 6 espèces appartenant à 4 familles qui sont les Milacidae et les Limacidae présentés par deux espèces chacune, les Agriolimacidae et les Testacellidae représentés par une espèce chacune.

Nous avons pu identifier deux espèces de Milacidae, *Milax gagates et Milax et nigricans*, deux espèces qui ne présentent pas autant de différences morphologiques, et partagent les mêmes habitats, la forme de stimulateur a permis de séparer les deux espèces. En effet, le stimulateur de *M. gagates* est du forme cylindrique et lisse, cependant, celui de *M. nigricans* est cylindrique avec des papilles de formes arrondies à épineuses.

Pour les Limacidae, nous avons pu identifier deux espèces, *Ambigolimax nyctelius* et *Lehmannia* sp. la différenciation morphologique de ces deux espèces n'est pas possible et elles partagent les mêmes habitats dans les régions échantillonnées. Cependant, nous avons constaté des différences au niveau de l'appareil génital. Chez *A. nyctelius* le pénis est très long, sa structure interne est caractérisée par la présence des crêtes péniennes le long des deux côtés de

la face interne du pénis. La deuxième espèce, *Lehmannia* sp., elle est caractérisée par un pénis très court avec une structure interne du forme triangulaire.

La famille des Agriolimacidae est représentée par une seule espèce qui est du genre *Deroceras*, l'analyse des organes génitaux de cette espèce montre des différences avec les formes des espèces appartenant à ce genre qu'elles sont décrites dans les travaux de Wiktor (2000), nous sommes alors restés au genre dans notre nomenclateur.

Enfin, la famille des Testacellidae, avec son unique genre *Testacella* et l'unique espèce qui a été identifié par une étude précédente dans la région de Tizi-Ouzou autant que *Testacella reideli*, notre résultat vient confirmer cette identification et augmente la distribution de cette espèce dans le Nord Algérien vers la région de Boumerdes et Alger.

En guise de prospectives, il serait très intéressant d'élargir les champs de prospections et d'échantillonnages pour une meilleure connaissance et de caractérisation de la faune de mollusques terrestres de l'Algérie. Il serait utile d'approfondir les études sur les effets des facteurs biotiques et abiotiques et les interactions avec les peuplements malacologiques, ainsi l'effet de l'action anthropique sur la distribution de ce groupe d'animaux. Enfin, des études anatomiques et moléculaires sont plus que nécessaires afin de résoudre les problématiques taxonomiques de la malacofaune Algérienne.

Références Bibliographiques

1. Abbes I., Liberto F., Castillejo J. and Nouira S. 2010. A review of slugs and semi-slugs of Tunisia (Testacellidae, Milacidae and Limacidae). *Journal of Conchology* 40 (2): 219-231.

2. Abdurakhmanov G. M., Magomedova M. Z. and Batkhiev A. M. 2009. *Bioekologicheskoe obosnovanie peresmotra oledeneniya Kavkaza.* Bioecological substantiation review glaciation of the Caucasus. Makhachkala, ALEF Publ. 270p.

3. Ahmim, M. 2019. *Les mammifères sauvages d'Algérie, Répartition et Biologie de la Conservation*. Algérie. 289p.

4. Allen J. A. 2004. Avian and Mammalian Predators of Terrestrial Gastropods. In: Barker, G. (Ed.), Natural enemies of terrestrial molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 1-36 pp.

5. Ameur N., Adjroudi R., Si Bachir, A. and Mebarkia N. 2019. Diversity and Distribution Patterns of Land Snails in the Arid Region of Batna (North East Algeria). *Eco. Env. & Cons.* 25 (4) : 1517–1523.

6. Amroun M. 2006. Zoologie des invertébrés 1- des Protozoaires aux Échinodermes. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Algérie.

7. Andre F. 1968. *Zoologie des invertébrés*, tome 1.Ed. Masson et C^{ie}, Paris. France.

8. Ansart A., Annegret N., Vernon P. and Madec L. 2010. Do ice nucleating agents limit the supercooling ability of the land snail *cornu aspersum?*. *CryoLetters* 31 (4): 329–340.

9. Araújo M. B. and Pearson R. G. 2005. Equilibrium of Species, Distributions with Climate. *Ecography* 28 (5): 693–695. https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04253.x.

10. Aubert G. 1978. *Méthodes d'analyses des sols*. Ed. C.R.D.P. France. 189p.

11. Aubert C., 1998. Étude monographique d'élevage d'escargots. Ed. Bornemann. Paris. 21p.

12. Aubry S., Labaune C., Magnin F., Roche P. and Kiss L. 2006. Active and Passive Dispersal of an Invading Land Snail in Mediterranean France. *Journal of Animal Ecology* 75 (3): 802–813. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01100.x.

13. Audibert C. et Bertrand A. 2014. *Guide des mollusques terrestres. Escargots et limaces*. Belin. France. 227p.

14. Bachelier G. 1978. *La faune des sols, son écologie et son action*. Initiations Documentations techniques N° 38. O.R.S.T.O.M. Paris, France. 82p.

15. Baize D. 1988. *Guide des analyses courantes en Pédologie*. Ed. INRA, Paris, France. 172p.

16. Baker A. N. 1973. Factors contributing towards the initiation of slug activity in the field. *Proceedings of the Malalacological Sociely of London* 40: 329-333.

17. Baker G. H. 2012. The population dynamics of the mediterranean snail *Cernuella Virgata* (Da Costa, 1778) (Hygromiidae), in continuous-cropping rotations in south Australia. *Journal of Molluscan Studies* 78 (3): 290–296. https://doi.org/10.1093/mollus/eys015.

18. Baker G. H. 1988. The dispersal of *Cernuella virgata* (Mollusca, Helicidae). *Australian Journal of Zoology* 36 (5): 513–520. https://doi.org/10.1071/ZO9880513.

19. Bandel K. 1982. Morphologie und bildung der fnühontogenetischen gehäuse bei conchiferen mollusken morphology and formation of the early ontogenetic shells of conchiferan mollusks. *Facies* 7: 1-197.

20. Bank R. A. and Neubert E. 2017. Checklist of the land and freshwater gastropoda of Europe, 170p.

21. Barbara N. and Schembri P. J. 2008. The status of *Otala punctata* (Müller, 1774), a recently established terrestrial gastropod in Malta. *Boll. Malacol* 44 (5–8) : 101–107.

22. Barbault R. 1981. *Écologie des populations et des peuplements*. *Des théories aux faits*. Ed. Masson, Paris, France. 208p.

23. Barker G. M. 2001. *The Biology of Terrestrial molluscs*. CAB Inter. Oxon. Wallingford, UK, Cambridge, MA, USA: CABI Pub.

24. Barker G. M. 2001a. *Gastropods on land: phylogeny, diversity and adaptive morphology*. In: Barker G. (Ed.), The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 1–146 pp.

25. Barker G. M. 2004. *Natural enemies of terrestrial molluscs*. Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA, USA: CABI Pub.

26. Barker G. M. and Efford M. G. 2004. *Predatory gastropods as natural enemies of terrestrial gastropods and other invertebrates*. In: Barker, G. (Ed.), Natural enemies of terrestrial molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 279-403 pp. https://doi.org/10.1079/9780851993195.0279

27. Barthlott W., Eduard Linsenmair K. and Porembski S. 2009. *Biodiversity*: *Structure and function*. (Ed) Encyclopedia of Life Support Systems. United Kingdom.

28. Baur B. 1987. Effects of early feeding experience and age on the cannibalistic propensity of the land snail *Arianta Arbustorum*. *Canadian Journal of Zoology* 65 (12): 3068-3070. https://doi.org/10.1139/z87-465.

29. Bazzaz F. A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology* 56 : 485-488.

30. Beaumont A. et Cassier P. 1998. *Biologie animale*, des *Protozoaires aux Métazoaires Epithélioneuriens*. 3eme Edition. Ed. Dunod, Paris.

31. Beaumont A. 2006. *Biologie et phtisiologie animale*. Ed. Dunod, Paris, France. 573p.

32. Beese K., Armbruster G. F. J., Beier K. and Baur B. 2009. Evolution of female sperm storage organs in the carrefour of stylommatophoran gastropods. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 47(1): 49-60. https://doi.org/10.1111/j.14390469.2008.00491.x

33. Belhiouani H., El-Hadef El-Okki M., Afri-Mehennaoui F. Z. and Sahli L. 2019. Terrestrial gastropod diversity, distribution and abundance in areas with and without anthropogenic disturbances, northeast Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20 (1): 243–249. https://doi.org/10.13057/biodiv/d200128.

34. Bellion M. 1909. Contribution à l'étude de l'hibernation chez les invertébrés, recherches expérimentales sur l'hibernation de l'escargot (*Helix pomatia* L.). Ed. Lyon-Paris, France. 203p.

35. Benbellil-Tafoughalt S., De-Vaufleury A., Sahnoune M. and Moali A. 2009. Effects of temperature and photoperiod on growth and reproduction of the land snail *Helix Aperta* Born (Gastropoda, Pulmonata). *Revue Ecologie (Terre et Vie)* 64 (3): 207-219.

36. Bertrand A. 2002. *Chilostoma desmoulinsii* (Farines, 1834) en France. *Document Malacologique* 3: 19-20.

37. Bishop M. J. 1977. The mollusca of acid woodland in West Cork and Kerry. *Proceedings of the Royal Irish Academy. Section B: Biological, Geological, and Chemical Science* 77: 227-244.

38. Blondel J. 1975. *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, France. 73p.

39. Boato A., Bodon M., Giovannelli M. M. and Mildner P. 1989. Molluschi terrestri delle alpi sudorientali. *Biogeographia, Lavori della Società Italiana di Biogeografia, Nuova Serie* 13: 429–528.

40. Bonavita A. et Bonavita D. 1962. Contribution à l'étude écologique d'*Euparypha pisana* Müller des rivages méditerranéens de la provence, note préliminaire. *Publ. Staz. Zool., Napoli* 32 : 189-204.

41. Bonnemain B. 2003. Hélices et médicament : l'escargot au service de la santé depuis l'antiquité jusqu'à nos jours. *Revue d'histoire de la pharmacie* 91(338) : 211-218. https://doi.org/10.3406/pharm.2003.5514.

42. Bonte D., Van Dyck H., Bullock J. M., Coulon A., Delgado M., Gibbs M., Lehouck V., Matthysen E., Mustin K., Saastamoinen M., Schtickzelle N., Stevens V. M., Vandewoestijne S., Baguette M., Bartoń K., Benton T. G., Chaput-Bardy A., Clobert J., Dytham C., Hovestadt T., Meier C. M., Palmer S. C. F., Turlure C. and Travis J. M. J. 2012. Costs of dispersal. *Biological Reviews* 87(2): 290-312. https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00201.x.

43. Borredà V. and Martínez-Ortí A. 2017. Contribution to the knowledge of the terrestrial slugs (Gastropoda, Pulmonata) of the Maghreb. *Iberus* 35 (1): 1–10.

44. Boschi C. and Baur B. 2007a. The effect of horse, cattle and sheep grazing on the diversity and abundance of land snails in nutrient-poor calcareous grasslands. *Basic and Applied Ecology* 8: 55–65.

45. Boschi C. and Baur B. 2007b. Effects of management intensity on land snails in Swiss nutrient-poor pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 243–249.

46. Boschi C. and Baur B. 2008. Past pasture, management affects the land snail diversity in nutrient-poor calcareous grasslands. *Basic and Applied Ecology* 9 (6): 752–761. https://doi.org/10.1016/j.baae.2007.09.006.

47. Bouaziz-Yahiatene H. and Medjdoub-Bensaad F. 2016. Malacofauna diversity in kabylia region (Algeria). *Advances in Environmental Biology* 10 (7): 99–106.

48. Bouaziz-Yahiatene H. 2017. *Diversité et bioécologie des gastéropodes terrestres dans la région de Tizi-Ouzou*. Thèse Doctorat. Université de Tizi-Ouzou. Algérie. 139p.

49. Bouaziz-Yahiatene H., Pfarrer B., Medjdoub-Bensaad F. and Neubert E. 2017. Revision of *Massylaea* Möllendorff, 1898 (Stylommatophora, Helicidae). *ZooKeys* 694: 109–133. https://doi.org/10.3897/zookeys.694.15001

50. Bouaziz-Yahiatene H., Inäbnit T., Medjdoub-Bensaad F., Colomba M. S., Sparacio I., Gregorini A., Liberto F. and Neubert E. 2019. Revisited - the species of tweeting vineyard snails, genus *Cantareus* Risso, 1826 (Stylommatophora, Helicidae, Helicinae, Otalini). *ZooKeys* 876 : 1-26. https://doi.org/10.3897/zookeys.876.36472.

51. Bouchet P., Bary S., Héros V. and Marani G. 2016. How many species of molluscs are there in the world's oceans, and who is going to describe them? *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle (1993).*

52. Bouchet P. and Rocroi J. P. 2005. Classification and nomenclator of gastropod families. *Malacologia* 47: 85-397.

53. Bouchet P., Rocroi J. P., Hausdorf B., Kaim A., Kano Y., Nützel A., Parkhaev P., Schrödl M. and Strong E. E. 2017. Revised classification, nomenclator and typification of gastropod and monoplacophoran families. *Malacologia* 61 (1–2): 1-526. https://doi.org/10.4002/040.061.0201.

54. Boue H. et Chanton R. 1958. *Biologie animale. Zoologie*. Tome 1, Invertébrés. Ed. Gaston Doin et C^{ie}. France. 542p.

55. Bouillon J. 1960. Ultrastructure des cellules rénales des mollusques. I. Gastéropodes pulmonés terrestres (*Helix pomatia*). *Journal of Evolutionary Biology* 12: 719-757.

56. Bourguignat J. R. 1861. Des limaces Algériennes. *Revue et Magasin de Zoologie* 2 (13): 299–306.

57. Bourguignat J. R. 1864. *Malacologie de l'Algérie. Histoire naturelle des animaux. Mollusques terrestres et fluviatiles*. Ed. Librairie, Challamed Bastid, Paris. 372p.

58. Brooks A. W., White K. N. and Bailey S. E. R. 1992. Accumulation and excretion of aluminium and iron by the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology* 103 (3): 577–83. https://doi.org/10.1016/0742-8413(92)90184-9.

59. Brown D. S. 1994. Freshwater snails of Africa and their medical importance. 2nd Ed. 673p.

60. Byrne A., Moorkens E. A., Anderson R., Killeen I. J. and Regan E. C. 2009. Ireland Red List N°. 2 – Non-Marine Molluscs. National Parks and Wildlife Service. Department of the Environment, Heritage and Local Government, Dublin, Ireland.

61. Cadart J. 1955. Les escargots (*Helix pomatia* L. et *Helix aspersa* M.). Biologie. Élevage. Parcage. Histoire. Gastronomie. Commerce. Vol. 24. Ed. Paul Lechevalier. Paris. 420p.

62. Cameron R. A. D. 2016. *Slugs and Snails*. The New Naturalist Library. London: William Collins, an imprint of Harper Collins Publishers. Vol. 133.

63. Carlsson R. 2001. Specie-area relationships, water chemistry and species turnover of freshwater snails on the Åland islands, southwestern Finland. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 17-26.

64. Chapron C. 1999. *Principe de zoologie structure-fonction et évolution*. Ed. Dunod. Paris. 203p.

65. Charrier M. et Dguzan J. 1980. Étude du bilan hydrique et de son évolution en fonction de la température et de l'humidité relative chez *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné). *Haliotis* 10: 33-36.

66. Chase R., and Crolle R. P. 1981. Tentacular function in snail olfactory orientation. *Journal of Comparative Physiology. A.* 143 (3): 357-362. https://doi.org/10.1007/BF00611173.

67. Chevalier H. 1970. Les Limaces de Bretagne. *Penn ar Beb* 7 (62): 370-389.

68. Chung D. J. D. 1986. Initiation of growth of the first dart in *Helix aspersa* Muller. *Journal of Molluscan Studies* 52 (3): 253-255. https://doi.org/10.1093/mollus/52.3.253.

69. Cobbinah J. C., Vink A. and Onwuka B. 2008. L'élevage d'escargots : Production, transformation et commercialisation. 84p.

70. Codjia J. T. C. et Noumonvi R. C. J. 2002. Guide technique d'élevage N°02 Sur les escargots géants. Ed. B.E.D.I.M. Gembloux. 5p.

71. Cook A. 2001. *Behavioural ecology, on doing in right time in the right* place. In: Barker, G. (Ed.), The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 447-488pp.

72. Cosin D. 1977. Estructura de las celulas renales de *Theba pisana*. *Beltin de la real sociedadespanola de historia natura (Biol.)* 75 : 217-242.

73. Cowie R. H. 1980. Observations on the dispersal of two species of British land snail. *Journal of Conchology* 30: 201.

74. Cowie R. H. 1985. Microhabitat choice and high temperature tolerance in the land snail *Theba pisana* (Mollusca: Gastropoda). *Journal of Zoology* 207 (2): 201–11. https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1985.tb04924.x.

75. Cowie R. H. 1990. Climatic selection on body colour in the land snail *Theba pisana* (Pulmonata: Helicidae). *Heredity* 65: 123-126.

76. Cranga F. and Cranga Y. 1991. *L'escargot : Zoologie, symbolique, imaginaire, Médecine et gastronomie*. Les éditions du bien public. https://books.google.dz/books?id=Vcj2AQAACAAJ.

77. Grossu A. V. and Tesio C. 1975. Suggestions for species grouping within the family Limacidae (Gastropoda, Pulmonata) by biochemical methods. *Journal of Molluscan Studies* 41 (4): 321–329. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.mollus.a065280.

78. Cucherat X. et Demuynck S. 2008. Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvements des mollusques continentaux. *MalaCo* 5: 244-253.

79. Cuttelod M., Senn L., Terletskiy V., Nahimana I., Petignat C., Eggimann P., Bille J., Prod'hom G., Zanetti G. and Blanc D. S. 2011. Molecular epidemiology of *Pseudomonas Aeruginosa* in intensive care units over a 10-year period (1998-2007). *Clinical Microbiology and Infection* 17 (1): 57–62. https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2010.03164.x.

80. Cuvier B. G. 1849. *Le règne animal distribué d'après son organisation* : Les mollusques et les annélides. Ed. FORTIN, MASSON ET C^{ie} LIBRAIRES, Paris. 266p.

81. Dagnelie P. 2006. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. 3ème édition. Ed. De Boeck et Lacier. Bruxelles. 659p

82. Daguzan J., Bonnet J.C., Perrin Y., Perrin E. et Rouet H. 1981. Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-Gris : *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). I. Reproduction et éclosion des jeunes, en bâtiment et en conditions thermohygrométriques contrôlées. *Annales de Zootechnie* 30 (2): 249-272. https://doi.org/10.1051/animres:19810208.

83. Dainton B. 1943. Effect of air currents, light, humidity and temperature on slugs. *Nature* 151 (3818) : 25-25.

84. Dainton B. 1954a. The activity of slugs. I. The induction of activity by changing temperature. *Journal of Experimental Biology* 31: 165-187.

85. Dainton B. 1954b. The activity of slugs. II. The effect of light and the air currents. *Journal of Experimmta1Biology* 31: 188-197.

86. Dajoz R. 1971. *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, France. 434p.

87. Dajoz, R., 1975. Précis d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris. 549 pp.

88. Dajoz R. 1982. *Précis d'écologie*. Ed. Bordas, Paris, France. 495p.

89. Dajoz R. 1985. *Précis d'écologie*. 5ème édition, Ed. Dunod, Paris, France. 505p.

90. Dallinger R., Berger B., Triebskorn-Köhler R. and Köhler H. 2001. *Soil Biology and Ecotoxicology*. In: Barker, G. (Ed.), The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 489-525 pp. https://doi.org/10.1079/9780851993188.0489.

91. Damerdji A. 1990. *Contribution à l'étude bio systématique des mollusques gastéropodes pulmonés terrestres dans la région de Tlemcen*. Thèse magister. Univ. Tlemcen. Algérie.

92. Damerdji A. and Benyoucef B. 2006. Impact des différents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen (Algérie). *Revue des Énergies Renouvelables* 9 (4): 267–276.

93. Damerdji A. 2008. Contribution à l'étude écologique de la malacofaune de la zone Sud de la région de Tlemcen (Algérie). *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie* 4 (1): 138–153. https://doi.org/10.4314/afsci.v4i1.61667.

94. Damerdji A. 2009. Composition et structure de la malacofaune dans l'extrême ouest du littoral Algérien. *Afrique Science* 5 (3): 149–68.

95. Damerdji A. 2018. Malacological diversity of five Lamiaceae in the region of Tlemcen (Northwest Algeria). *Journal of Agricultural and Crop Research* 6 (3): 47–52.

96. Denny M. 1980. Locomotion: The cost of gastropod crawling. *Science* 208 (4449): 1288–1290.

97. De Vaufleury A. G. 2001. *Regulation of growth and reproduction*. In: Barker, G. (Ed.). The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 331-355 pp.

98. Dörge N., Walther C., Beinlich B. and Plachter H. 1999. The significance of passive transport for dispersal in terrestrial snails (Gastropoda, Pulmonata). *Zeitschrift Für Ökologie Und Naturschutz* 8 (1): 1-10.

99. Douafer L. and Soltani N. 2014. Inventory of land snails in some sites in the northeast Algeria: Correlation with soil characteristics. *Advances in Environmental Biology* 8 (1): 236–243.

100.Dreyfuss G., & Rondelaud, D. 2011. Les mollusques dans la transmission des helminthoses humaines et vétérinaires. Bulletin de l'Académie vétérinaire de France.

101.Duchaufour P. H. 1997. *Abrégé de pédologie, sol, végétation, environnement.* Ed. Masson, France. 291p.

102.Duncan C. J. 1975. Reproduction. In : Fretter V. and Peake, J. Pulmonates, 1, 309-365pp. Acad. Press, London-New York. *Environ*. 68 : 588-598.

103. Dwek M. V., Ross H. A., Streets A. J., Brooks S. A., Adam E., Titcomb A., Woodside J. V., Schumacher U. and Leathem A. J. 2001. Helix Pomatia Agglutinin Lectin-Binding Oligosaccharides of Aggressive Breast Cancer. *International Journal of Cancer* 95 (2): 79-85. https://doi.org/10.1002/1097-0215(20010320)95:2<79::AID-IJC1014>3.0.CO;2-E.

104. Emberger L. 1971. *Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques, phytogéographiques et écologiques*. In : Travaux de Botanique et d'écologie de Luis Emberger. Ed. Masson et Cie, France. 215-229p.

105. Evans J. G. 1972. *Land snails in archaeology*. Seminar Press, London.

106. Falkner G., Bank R. A. and Proschwitz T. V. 2001. Clecom-project: Check-list of the non-marine Molluscan species-group taxa of the states of northern, Atlantic and central Europe. *Heldia* 4 (1/2) : 76.

107. Falkner G., Ripken T. E. J. et Falkner M. 2002. *Mollusques continentaux de France*. Liste de référence annotée et bibliographie. Patrimoines naturels, Paris. (Publications Scientifiques du M.N.H.N.). Collection Patrimoines Naturels.

108. Faurie C. Ferra C. Medori P. Devaux J. et Hemptinne J. L. 2003. *Écologie, approche scientifique et pratique*. Ed. Lavoisier. 584p.

109. Fedonkin M. A. and Waggoner B. M. 1997. The late precambrian fossil kimberella is a mollusk like bilaterian organism. *Nature* 388: 868–871.

110. Ferreri D., Bodon M. and Manganelli G. 2005. Molluschi terrestri della provincia di Lecce. *Thalassia Salentina* 28: 31-130.

111. Foeckler F., Diepolder U. and Deichner O. 1991. Water mollusc communities and bioindication of lower Salzach floodplain waters. *Regulated Rivers: Research & Management*, 6: 301-312.

112. Fowles A. P. 1998. Implementing the habitats directives: Vertigo angustior Jeffreys in Wales. *Journal of Conchologv, Special publication* 2: 179-190.

113. Gärdenfors U., Waldén H. W. and Wäreborn I. 1995. Effects of soil acidification on forest land snails. *Ecological Bulletins* 44: 259-270.

114. Germain L. 1930. *Faune de France*, 21. Mollusques terrestres et fluviatiles (première partie). Paul Lechevalier, France. 477p.

115. Giese A. C. and Pearse J. S. 1977. Reproduction of marine invertebrates: Mollucs: Gastropods and Cephalopods. Acadimic press. New York: Academic Press.

116. Gimbert F. 2006. *Cinétiques de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot*. Thèse doctorat en sciences de la vie. Université de Franche-Comté, France. 172p.

117. Gimbert F. et De Vaufleury A. G. 2009. Bioindication et unités (concentrations vs quantités) : Comparaison des cinétiques d'accumulation et d'élimination du Cd, Pb et Zn chez l'escargot *Helix aspersa*. *Et.et gest.des sols* 16(3/4) : 243-252.

118. Giribet G., Okusu A., Lindgren A. R., Huff S. W, Schrodl M. and Nishiguchi M. K. 2006. Evidence for a clade composed of molluscs with serially repeated structures: Monoplacophorans are related to chitons. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (20): 7723–28. https://doi.org/10.1073/pnas.0602578103.

119. Gittenberger E. and Ripken T. E. J. 1987. The genus *Theba* (Mollusca: Gastropoda: Helicidae), systematics and distribution. *Zoologische verhandelingen* 241(1): 1-59.

120. Giusti F. and Manganelli M. 1987. Notulae malacologicae XXXVI. On some Hygromiidae (Gastropoda: Helicoidea) living in Sardinia and in Corsica. (Studies on the Sardinian and Corsican Malacofauna VI). *Bollettino Malacologico* 23: 123-206.

121. Giusti F., Manganelli G. and Schembri P. J. 1995. The non-marine molluscs of the Maltese Islands. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, *Monografie* 15: 1-607.

122. Glöer P. and Ramdini R. 2019. *Hippeutis Complanatus* Linnaeus, 1758 in Algeria, Refound after more than 150 years. *Ecologica Montenegrina* 22: 226–27. https://doi.org/10.37828/em.2019.22.18.

123. Glöer P., Bouzid S. and Boeters H. D. 2010. Revision of the genera *Pseudamnicola* Paulucci 1878 and Mercuria Boeters 1971 from Algeria with particular emphasis on museum collections (Gastropoda: Prosobranchia: Hydrobiidae). Archiv Für Molluskenkunde. *International Journal of Malacology* 139 (1): 1–22. https://doi.org/10.1127/arch.moll/1869-0963/139/001-022.

124. Gómez B. J. 2001. *Structure and foctioning of the reproductive system*. In: Barker, G. (Ed.), The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 307-330 pp.

125. Grall J. et Hily C. 2003. *Traitement des données stationnelles (faune).* Fiche technique. Inst. Univ. Euro. Mer. Bretagne.10p.

126. Grande C., Templado J. and Zardoya R. 2008. Evolution of gastropod mitochondrial genome arrangements. *BMC Evolutionary Biology* 8 (1): 61. https://doi.org/10.1186/1471-2148-8-61.

127. Grassé P. P. 1946. La structure de la société d'invertébrés. *Revue suisse de zoologie*. 58:432-441.

128. Grassé P. P. et Doumenc D. 1995. *Zoologie I*. Invertébrés. Ed. Masson, Paris. 263p.

129. Grassé P. P. et Doumenc D. 1998. *Zoologie*. Invertébrés, Ed. Dunod, Paris. 296p.

130. Grewal P. S., Grewal S. K., Tan L. and Adams B. J. 2003. Parasitism of molluscs by nematodes: Types of associations and evolutionary trends. *Journal of Nematology* 35 (2): 146-156.

131. Griffond B. et Vincent C. 1985. Étude de l'activité des corps dorsaux de l'escargot *Helix aspersa* Muller au cours des phases physiologiques de la vie adulte et sous différentes photopériodes. *International Journal of Invertebrate Reproduction and Development* 8(1): 27-37. https://doi.org/10.1080/01688170.1985.10510122.

132. Guillaume F. and Perrin N. 2006. Joint evolution of dispersal and inbreeding load. *Genetics* 173 (1): 497–509. https://doi.org/10.1534/genetics.105.046847.

133. Guyard A. 2009. *Étude de la différenciation de l'ovotestis et des facteurs contrôlant l'orientation sexuelle des gonocytes de l'escargot Helix aspersa Müller*. Thèse Doct. Sci. nat., Univ. Besançon. France. 156p.

134. Hamdi-Ourfella A. N. and Soltani N. 2014. Qualité des sols dans deux sites du Nord-Est Algérien : Utilisation d'une espèce bioindicatrice de la pollution des sols (Soil quality of two sites in Northeast Algeria : use of a bioindicator species of soil pollution). *J. Mater. Environ. Sci.* 5: 2527–2533.

135. Haszprunar G. 1988. On the origin and evolution of major gastropod groups, with special reference to the streptoneura. *Journal of Molluscan Studies* 54 (4): 367–441. https://doi.org/10.1093/mollus/54.4.367

136. Haszprunar G. 2020. Mollsca (molluscs). *eLS* 1(3) : 565-571. https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0029219.

137. Hausdorf B., and Sauer J. 2009. Revision of the Helicellinae of Crete (Gastropoda: Hygromiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 157 (2): 373–419. https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2008.00504.x.

138. Hazel W. N. and Johnson M. S. 1990. Microhabitat choice and polymorphism in the land snail *Theba pisana* (Müller). *Heredity* 65 (3): 449–54. https://doi.org/10.1038/hdy.1990.116.

139. Hermida J., Outeiro A. and Rodriguez T. 1994. Biogeography of terrestrial gastropods of north-west Spain. *Journal of Biogeography* 21 (2): 207-217. https://doi.org/10.2307/2845473.

140. Heusser S. et Dupuy H. G. 1998. *Atlas biologie animale 1*. Les grands plans d'organisation. Ed. Dunod, Paris, France. 135p.

141. Heusser S. et Dupuy H. G. 2008. *Atlas biologie animal*. Partie 1. Les grands plans d'organisation. 3eme Edition. Paris: Ed. Dunod. 138p. http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=304149.

142. Heusser S. et Dupuy H. G. 2011. Synthèse de la structure tissulaire à la réalisation des fonctions chez les gastéropodes pulmonés (I), éléments d'histologie et de physiologie des espèces *Helix aspersa* et *Helix pomatia*. *Folia Conchyliologica* 10: 3-25.

143. Heusser S. et Dupuy H. G. 2015. *Atlas de biologie animale*. Partie 2. Ed. Dunod. 215p. http://sbiproxy.uqac.ca/login?url=http://international.scholarvox.com/book/88830650.

144. Hickman C. P., Roberts L. S. and Larson A. 2003. *Animal Diversity*. 3rd Edition. Ed. McGraw-Hill, Boston: 447p.

145. His E. and Cantin C. 1995. *Biologie et physiologie des coquillages*. Archimer Ifremer. 118p.

146. Hommay G. and Briard P. 1988. Apport du piégeage dans le suivi des peuplements de limaces en grande culture. *Haliotis* 18: 55-74.

147. Horne F. R. 1973. The utilization of foodstuffs and urea production by a land snail during estivation. *The Biological Bulletin* 144 (2): 321–330. https://doi.org/10.2307/1540011

148. Horsák M., Hájek M., Tichý, L. and Juřičková L. 2007. Plant indicator values as a tool for land mollusc autecology assessment, *Acta Oecologica* 32: 161-171.

149. Horsák M. 2006. Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: A case study in fens. *Journal of Biogeography* 33 (1): 98-107. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01359.x.

150. Horsák M. and Hájek M. 2003. Composition and species richness of molluscan communities in relation to vegetation and water chemistry in the western carpathian spring fens:

the poor rich gradient. *Journal of Molluscan Studies* 69 (4): 349–357. https://doi.org/10.1093/mollus/69.4.349.

151. Iglesias J. and Castillejo J. 1999. Field observations on feeding of the land snail *Helix aspersa* Müller. *Journal of Molluscan Studies* 65 (4): 411-423. https://doi.org/10.1093/mollus/65.4.411.

Ivanova D. L. 1990. *Evolyutsionnaya morfologiya mollyuskov* (Evolutionary morphology of molluscs). Moscow State University Publ. 223 p.

152. Karas F. 2009. Gastéropodes terrestres, invertébrés continentaux des pays de la Loire. *Gretia* 379-387.

153. Kent M. and Cooker P. 1992. *Vegetation description and analysis. A practical approach*. Ed. Belhaven Press. London. 363p.

154. Kerney M. P. 1976. *Atlas of the Non-marine Mollusca of the British Isles*, Institute of Terrestrial Ecology, Cambridge. 214p.

155. Kerney M. P. et Cameron R. A. D. 1999. *Escargots et limaces d'Europe du Nord-Ouest*. Delachaux et Niestlé, Paris et Neuchâtel. 370p.

156. Kerney M. P. et Cameron R. A. D. 2006. *Guide des escargots et limaces d´Europe*. Identification et biologie de plus de 300 espèces. Delachaux et Nestlet. Paris. 386p.

157. Kerney M. P. et Cameron R. A. D. 2015. *Guide des Escargots et Limaces d'Europe*, identification et biologie de plus de 300 espèces, 2eme édition. Ed. Delachaux et Niestle, Paris.

158. Kiss L., Magnin F. and Torre F. 2004. The role of landscape history and persistent bio geographical patterns in shaping the responses of Mediterranean land snail communities to recent fire disturbances: Response patterns of land snail communities to fire disturbances. *Journal of Biogeography* 31 (1): 145-157. https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.01011.x

159. Kocot K. M., Poustka A. J., Stöger I., Halanych K. M. and Schrödl M. 2020. New data from monoplacophora and a carefully-curated dataset resolve molluscan relationships. *Scientific Reports* 10 (101). https://doi.org/10.1038/s41598-01956728-w

160. Koene J. M. and Chase R. 1998. Changes in the reproductive system of the snail *Helix aspersa* caused by mucus from the love dart. *Journal of Experimental Biology* 201: 2313-2319.

161. Kosswig C. 1955. Zoogeography of the Near East. *Systematic Zoology* 4 (2): 49. https://doi.org/10.2307/2411949.

162. Lack D. 1969. The numbers of bird species on islands. *Bird Study* 16: 193–209.

163. Lallemant C. 1881. Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles des environnons d'Alger. *Feuille des Jeunes Naturalistes* 11 (126): 83–88.

164. Lanzmann-Petithory D. 2001. Alpha-linolenic acid and cardiovascular diseases. *The Journal of Nutrition, Health & Aging.* 5(3): 179-183.

165. Laporta-Ferreira I. L. and Salomão M. D. G. 2004. *Reptilian Predators of Terrestrial Gastropods.* In: Barker, G. (Ed.), Natural enemies of terrestrial molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 427-482 pp.

166. Larbaa R. and Soltani N. 2013. Diversity of the terrestrial gastropods in the Northeast Algeria: Spatial and temporal distribution. *European Journal of Experimental Biology* 3 (4): 209–215.

167. Lecointre J. F. and Guyarder H. 2001. *Classification phylogénétique du vivant*. Ed. Belin, Paris, France. 584p.

168. Legendre L. et Legendre P. 1979. *Écologie numérique*. Tome 2 : La structure des données écologiques. Collection d'écologie n° 13. Ed. Masson, France. 254p.

169. Letourneux A. 1870. Excursions malacologiques en Kabylie et dans le Tell Oriental. Ed. Annales de Malacologie, Paris, 1 : 322p.

170. Levêque C. 1980. Mollusque. In : Levêque C. (Ed.) Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo soudanienne. Ed. IRD. 284-305 pp.

171. Lewis G. 1977. Polymorphism and Selection in *Cochlicella Acuta. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 276 (949): 399–451. https://doi.org/10.1098/rstb.1977.0004.

172. Linse, K., Griffiths H. J., Barnes D. K.A. and Clarke A. 2006. Biodiversity and biogeography of antarctic and sub-antarctic mollusca. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 53 (8–10): 985–1008. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.05.003.

173. Lockyer A. E., Jones C. S., Noble L. R. and Rollinson D. 2004. Trematodes and snails: An intimate association. *Canadian Journal of Zoology* 82 (2): 251 69. https://doi.org/10.1139/z03-215.

174. Luchtel D. L. and Deyrup-Olsen I. 2001. *Body Wall: Form and Function*. In The biology of terrestrial molluscs (ed. G.M. Barker). CABI publishing. Wallingford. UK. pp. 147-177.

175. Lydeard C., Cowie R. H., Ponder W. F., Bogan A. E., Bouchet P., Clark S. A., Cummings K. S. 2004. The global decline of non-marine mollusks. *BioScience* 54 (4): 321-330. https://doi.org/10.1641/00063568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2

176. Madec L. 1989. *Étude de la différenciation de quelques populations géographiquement séparées de l'espèce Helix aspersa Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné) : Aspects Morphologiques, Écophysiologiques et Biochimiques.* Thèse de doctorat Sciences biologiques Rennes 1. France. 380p.

177. Madec L. et Daguzan J. 1991. Variabilité de la reproduction examinée au laboratoire entre populations naturelles d'*Helix aspersa* Müller de la région Bretagne. *Reproduction Nutrition Development* 31 (5): 551-559. https://doi.org/10.1051/rnd:19910508.

178. Magomedova M. Z. 2015. Features of the geographical distribution of terrestrial molluscs in the Caucas. *South of Russia: ecology, development* 10 (2): 90-105.

179. Magurran A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Ed. Blackwell Science. UK. 256p.

180. Maissaiat J., Baehr J. C. and Picaud J. L. 1998. *Biologie animale des invertébrés*. 1er édition. Ed. Dunod. France. 239p.

181. Maissiat, J., Baehr, J. C. and Picaud, J. L. 2005. Biologie Animale -Invertébrés- 2eme édition. Ed. Dunod, France. 239p.

182. Manganelli G., Bodon M., Favilli L. and Giusti F. 1995. *Gastropoda Pulmonata*. In A Minelli, S Ruffo & S La Posta (eds) Checklist delle specie della fauna d'Italia 16: 1–60.

183. MacArthur R. H. and Wilson E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 203p.

184. Martin K. and Sommer M. 2004. Relationships between land snail assemblage patterns and soil properties in temperate- humid forest ecosystems. *Journal of Biogeography* 31 (4): 531-545.

185. McCoy E. D. and Bell S. S. 1991. Habitat structure: The evolution and diversification of a complex topic. Habitat structure:Tthe physical arrangement of objects in space (Ed. S.S. Bell, E.D. McCoy and H.R. Mushinsky). 3–27pp. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3076-9_1

186. McCrone E. J., Van Minnen J. and Sokolove P. G. 1981. Slug reproductive maturation hormone: In vivo evidence for long-day stimulation of secretion from brains and cerebral ganglia. J. *Comp Physiol A Neuroethol Sensory, Neural, BehavPhysiol* 143: 311-315.

187. Meglitsch P. A. 1974. *Zoologie des Invertébrés*, Tome 2, des vers aux arthropodes (Annélides, Mollusques, Chélicérates). Ed. Doin, Paris, France. 306p.

188. Meincke K. F. and Schaller K. H. 1974. Über die brauchbarkeit der weinbergschnecke (*Helix pomatia* L.) im freiland als in dikatorfür die belastung der umweltdurch die elementeeisen, zink und blei. *Oecologia* 15 (4): 393-398.

189. Michaud A. L. G. 1833. Catalogue des testacés vivants envoyés d'Alger par M. Rozet (Capitaine au corps royal d'Etat Major) au Cabinet d'Histoire Naturelle de Strasbourg. Nat. Soc. H ist. Nat., Strasbourg, pp. 1 - 22.

190. Mordan P.B. and Wade C. 2008. *Heterobranchia II: the Pulmonata*. In: Ponder FW, Lindberg DR (eds) Phylogeny and evolution of the Mollusca. University of California Press, Berkeley. 409-426 pp.

191. MolluscaBase eds. 2021. MolluscaBase. Accessed at http://www.molluscabase.org on 2021-03-15. https://doi.org/10.14284/448

192. Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. Da Fonseca G, G. A. B. and Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 (6772): 853-858. https://doi.org/10.1038/35002501.

193. Nardi G. 2011. Nuove segnalazioni di limacce per la malacofauna bresciana (Gastropoda: Arionidae, Milacidae, Limacidae, Agriolimacidae). *Boll. Malaco.* 47: 9–22.

194. Nekola J. C. 2003. Large-scale terrestrial gastropod community composition patterns in the Great Lakes region of North America. Divers. *Distributions* 9: 55-71.

195. Neubert E. 2014. Revision of *Helix* Linnaeus, 1758 in its Eastern Mediterranean distribution area, and reassignment of *Helix* Godetiana Kobelt, 1878 to Maltzanella Hesse, 1917 (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae). *Contrib. Nat. Hist* 26: 1–200.

196. Nunes G. K. M. and Santos S. b. 2012. Environmental Factors Affecting the Distribution of Land Snails in the Atlantic Rain Forest of Ilha Grande, Angra Dos Reis, RJ, Brazil. Brazilian. *Journal of Biology* 72 (1): 79–86. https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000100010.

197. O'Connor N. E. and Crowe T. P. 2005. biodiversity loss and ecosystem functioning: Distinguishing between number and identity of species. *Ecology* 86 (7): 1783-1796.

198. Ondina P., Mato S. Hermida J. and Outeiro A. 1998. Importance of soil exchangeable cations and aluminium content on land snail distribution. *Applied Soil Ecology* 9 (1–3): 229–232. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(98)00080-8

199. Ondina P., Hermida J., Outeiro A. and Mato S. 2004. Relationships between terrestrial gastropod distribution and soil properties in Galicia (NW Spain). *Applied Soil Ecology* 26 (1): 1-9. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2003.10.008

200. Pearson R. G. and Dawson T. P. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful?: *Global Ecology and Biogeography* 12 (5): 361–371. https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x.

201. Pepin D., Van berkom G., Hau-Pale J., Chauvehe G., St-Arnaud M., Robitaille J. M. et Seguin C. 1973. *Biosphère. écologie, mécanisme de l'adaptation*. Tome I. Recherche et Marketing. 179p.

202. Pepin P., Dower J. F. and Davidson F. 2003. Aspatially-explicit study of prey-predator interactions in larval fish: accessing the influence of food and predator abundance on growth and survival. *Fish Oceanogr* 12: 19-33.

203. Perrin N. and Goudet J. 2001. Inbreeding, kinship, and the evolution of natal dispersal. *Dispersal* 123-142.

204. Perrin N., Goudet J. 2001. Inbreeding, kinship, and the evolution of natal dispersal In: Dispersal, edited by J. Clobert, E. Danchin, A. A. Dhondt, and J. D. Nichols. Oxford (United Kingdom): Oxford University Press. 123–142 pp.

205. Peschen K. 1939. Uftersuchgen ûber das vorkomen und den stoffowchsel des guanin im tieneieh. *Zoo. Jahrb* 59: 429- 462.

206. Petersen C., Hermann R. J., Barg M. C., Schalkowski R., Dirksen P., Barbosa C. and Schulenburg H. 2015. Travelling at a slug's pace: Possible invertebrate vectors of caenorhabditis nematodes. *BMC Ecology* 15 (1): 1-13. https://doi.org/10.1186/s12898-015-0050-z.

207. Pirame L. S. 2003. *Contribution à l'étude de la pathologie estivale de l'escargot petit-gris (Helix aspersa) : Reproduction expérimentale*. Thèse Doc. Paul-Sabatier, Toulouse. France. 99p.

208. Poiret J. L. M. 1789. Voyage en Barbarie, ou Lettres écrites de l'ancienne Numidie pendant les années 1785 & 1786 : sur la religion, les coutumes & les mœurs des Maures & des Arabes-Bédouins; avec un essai sur l'histoire naturelle de ce pays. chez JBF Née de la Rochelle.

209. Pokryszko B. and Cameron R. A. D. 2005. Geographical variation in the composition and richness of forest snail faunas in northern Europe. *Records of the West. Aust. Mus. Supplement* 68: 115-132.

210. Pokryszko B. M., Cameron R. A. D. and Long D. C. 2006. Snail faunas in southern English calcareous woodlands: rich and uniform, but geographically differentiated. *Journal of Conchology* 39 (1): 13-40.

211. Ponder W. F., Lindberg D. R. and Ponder J. M. 2019. *Biology and Evolution of the Mollusca.* Vol. 1. Boca Raton : Taylor & Francis. 924p.

212. Quick H. E. 1960. British slugs (Pulmonata, Testacellidae, Arionidae, Limacidae). Bulletin of the British Museum (Natural History). *Zoology* 6 (3): 106-226.

213. Ramade F. 2003. *Élément d'écologie écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris. France. 690p.

214. Ramdini R., Van Damme D., Sadouk G. and Medjdoub-Bensaad F. 2020. Rediscovery of *Armiger crista* (Linnaeus, 1758) (Gastropoda Planorbidae) in Algeria. *Biodiversity Journal* 11 (4): 821–824. https://doi.org/10.31396/Biodiv.Jour.2020.11.4.821.824.

215. Ramdini R., Bouaziz-Yahiatene H. and Medjdoub-Bensaad F. 2021. Diversity of terrestrial gastropods in central-northern of Algeria (Algiers and Boumerdes). *Folia Conchyliologica* 60: 25–33.

216. Reitano A., Liberto F., Sparacio I. and Giglio S., 2009. I Molluschi terrestri della R.N.I. Grotta Palombara" (Melilli, Sicilia sud-orientale). *Il Naturalista Siciliano*, 33: 177-205.

217. Reutter L. 1916. Des remèdes d'origine humaine et animale prescrits au temps des romains en Europe (suite et fin). *Bulletin de la Société d'histoire de la pharmacie* 4 (13) : 201-204. https://doi.org/10.3406/pharm.1916.2296.

218. Reynolds P. D. 2002. The Scaphopoda. *Advances in Marine Biology* 42: 137-236. https://doi.org/10.1016/S0065-2881(02)42014-7.

219. Riman K. 2010. Gestion de la fertilité du sol en agriculture biologique. Intervention au CFPPA. Carpentras. France. 15p.

220. Robitaille J. M., Seguin C., Pepin D., Van Berkom G., Hau-pale J., Chauvehe G. et St-Arnaud M. 1973. *Biosphère*. Tome 1, écologie, mécanisme de l'adaptation. Recherche et marketing. 123-179.

221. Ronce O. 2007. How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 38 (1): 231-253. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095611

222. Ruiz A. R. 2006. *Caracoles terrestres de Andalucía* : guía y manual de identificación. Fundacion Gypaetus. Espagne. 303p.

223. Sauvion N., Calatayaud P. A., Thièry D. et Mario-Poll F. 2013. *Interaction insects-plantes*. IRD. Ed. Quo. 743p.

224. Schileyko A. A. 2000a. *Treatise on recent terrestrial pulmonate molluscs*. Part 5: Clausilliidae. Moscow. 565-729 pp.

225. Schileyko A. A. 2004. *Treatise on recent terrestrial pulmonate molluscs*. Part 12: Bradybaenidae, Monadeniidae, Xanthonychidae, Epiphragmophoridae, Helminthoglyptidae, Elonidae, Humboldtianidae, Sphincterochilidae, Cochlicellidae. Moscow. 1627-1763 pp.

226. Schileyko A. A. 2006b. *Treatise on recent terrestrial pulmonate molluscs*. Part 14: Helicodontidae, Ciliellidae, Hygromiidae. Moscow. 1907-2047 pp.

227. Schweizer M., Triebskorn R. and Köhler H. R. 2019. Snails in the Sun: Strategies of Terrestrial Gastropods to Cope with Hot and Dry Conditions. *Ecology and Evolution* 9 (22): 12940–12960. https://doi.org/10.1002/ece3.5607.

228. Skujienė G. 2002. *Lehmania Valentiana* (Férussac, 1823) – A newly introduced slug species in Lithuania (Gastropoda: Pulmonata: Limacidae). *Acta Zoologica Lituanica* 12 (3): 341–344. https://doi.org/10.1080/13921657.2002.10512521.

229. Seltzer P. 1946. *Climats de l'Algérie*. Imprimerie La typo, Litho et Jules carbone. Réunie. Alger. 246p.

230. Sokolove P. G., Beiswanger C. M., Prior D. J. and Gelperin A. 1977. A circadian rhythm in the locomotor behaviour of the giant garden slug *Limax maximus*. *Exp. Biol* 66: 47–64.

231. Solem A. 1984. A world model of land snail diversity and abundance. In A. Solem and. AC. van Bruggen (eds), world-wide snails: biogeographical studies on non-marine mollusca: Backhuys, Leiden, Netherlands. 6-22 pp.

232. Soltner D. 2005. *La base de la production végétale* Tom 1. Le sol et son amélioration 24eme. Ed. Coll. Sc. et tech. agric. 472p.

233. South A. 1992. *Terrestrial slugs*: *Biology, ecology and control*. Dordrecht, Netherlands: Springer. 428p. https://doi.org/10.1007/978-94-011-2380-8

234. Sparacio I., La Mantia T., Reitano A., Colomba M. S. and Liberto F. 2018. Nuovi dati biologici e geonemici su *Lehmannia melitensis* (Lessona & Pollonera, 1882) e *Ambigolimax valentianus* (A. Férussac, 1823) (Gastropoda: Limacidae) in Sardegna, Sicilia (Italia) e Gozo (Isole Maltesi). *Alleryana* 36 (2): 99–106.

235. Speiser B. 2001. *Food and feeding behaviour*. In: Barker, G. (Ed.), The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International, Wallingford (UK). 259–288 pp.

236. Strong E. E., Harasewych M. G. and Haszprunar G. 2003. Phylogeny of the Cocculinoidea (Mollusca, Gastropoda). *Invertebrate Biology* 122 (2): 114-125. https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2003.tb00077.x.

237. Szulkin M. and Sheldon B. C. 2008. Dispersal as a means of inbreeding avoidance in a wild bird population. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275 (1635): 703-711. https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0989.

238. Tamamaki N. 1989. The Accessory photosensory organ of the terrestrial slug, *Limax Flavus* (Gastropoda, Pulmonata): Morphological and electrophysiologica study. *Zoological science* 6: 877-883.

239. Terver A. P. 1839. *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles observés dans les possessions françaises au nord de l'afrique*. Ed. J.B. Baillère-Crochard Paris- Ed. Savy. Lyon.

240. Tews J., Brose U., Grimm V., Tielbörger K., Wichmann M. C., Schwager M. and Jeltsch F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures: animal species diversity driven by habitat heterogeneity. *Journal of Biogeography* 31 (1): 79–92. https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x.

241. Trannoy J. 2010. Inventaire malacologique. L'espace naturel des îles et des lônes du Rhône. 40p.

242. Van Bruggen A. C. 1995. Biodiversity of the Mollusca: time for a new approach. In A. C. Van Bruggen, S. Wells and C.M. Kemperman (eds), Biodiversity and Conservation of the Mollusca: Backhuys, Oegstgeest-Leiden, Netherlands. 1-19 pp.

243. Van Damme D. 1984. *The freshwater Mollusca of northern Africa*: distribution, biogeography and palaeoecology. H. J. Dumont. Boston. 163p.

244. Van Damme D. and Ghamizi M. 2010. *Gyraulus crista*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T156006A4884981.

245. Van Damme D. and Seddon M. B. 2011. *Hippeutis complanatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T155940A4870767.

246. Van Damme D., Ghamizi M., Soliman G., McIvor A. and Seddon M. B. 2010. *The status and distribution of freshwater molluscs*. In: García N., Cuttelod A. and Abdul Malak D. (Eds.), The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa. IUCN: 30-50.

247. Vermeij J. G. 1993. *A natural history of shells*. Princeton univ. press. 203p.

248. Vernal A. and Leduc J. 2000. Paleontology. SCT. 81p.

249. Viard B., Armand M. and Pihan J. C. 2004. Standard use conditions of terrestrial gastropods in active biomonitoring of soil contamination. *Journal of Environmental Monitoring* 6 (2): 103-107. https://doi.org/10.1039/b307484f.

250. Wardhaugh A. A. 1995. The terrestrial molluscan fauna of some woodland in North East Yorkshire, England. *Journal of Conchology* 35 (4): 313-327.

251. Wardhaugh A. A. 1997. The terrestrial molluscan fauna of some woodland in North East Yorkshire England: a framework for quality scoring and association with old woodland flora. *Journal of Conchology* 36 (1): 19-30.

252. Wareborn I. 1992. Changes in the land mollusc fauna and soil chemistry in an inland district in southern Sweden. *Ecography* 15 (1): 62–69. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1992.tb00009.x.

253. Watson A. M. and Ormerod S. J. 2004. The distribution of three uncommon freshwater gastropods in the drainage ditches of british grazing marshes. *Biological Conservation* 118 (4): 455–466. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.09.021.

254. Watters G. T., Menker T. and O'Dee S. H. 2005. A comparison of terrestrial snail faunas between strip-mined land and relatively undisturbed land in Ohio, USA. An evaluation of recovery potential and changing faunal assemblages. *Biological Conservation* 126 (2): 166-174. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.005.

255. Welter-Schultes F. 2012. *European Non-Marine Molluscs*, a guide for species identification. Planet Poster. Göttingen. 679p.

256. Wendelaar Bonga S. E. and Boer H. H. 1969. Uhrastructure of the reno-pericardial system in the pond snail *Lymnaea stagnalis* (L.). *Z. Zellforsch* 94: 513–529. https://doi.org/doi.org/10.1007/BF00936057.

257. Wesołowska W. and Wesołowski T. 2014. Do *Leucochloridium sporocysts* manipulate the behaviour of their snail hosts?. *Journal of Zoology* 292 (3): 151-155. https://doi.org/10.1111/jzo.12094.

258. Wiktor A. 1983. Some data on slugs of Morocco and Algeria with description of a new *Deroceras* species (Gastropoda, Pulmonata). *Malakologische Abhandlungen, Staatliches Museum Für Tierkunde in Dresden* 8 (13): 155–165.

259. Wiktor A. 1987. Milacillae (Gastropoda, Pulmonata) systematic monograph. *Annales Zoollogici Polska Akademia Nauk* 41 (3): 153–319.

260. Wiktor A. 1989. *Fauna Polski* · Fauna Poloniae Tom 12: limacoidea et zonitoidea nuda Ślimaki Pomrowiokształtne (Gastropoda: Stylommatophora). Warzawa. 206p.

261. Wiktor A. 1996. The slugs of the former Yugoslavia (Gastropoda Terrestria Nuda - Arionidae, Milacidae, Limacidae, Agriolimacidae). *Annales Zoologici* 46: 1–110.

262. Wiktor A. 2000. Agriolimacidae (Gastropoda: Pulmonata). A systematic monograph. *Annale Zoologici* 49 (3): 347–590.

263. Willows A. O. D. 1973. *Learning in Gastropod Mollusks*. In Corning, W.C., Dyal, J.A. and Willows, A.O.D. (1973): Invertebrate learning. Vol. 2. Plenum press. New Yok. 187-266 pp.

264. Zając K. S. and Kramarz P. E. 2017. Terrestrial gastropods - How do they reproduce? *Institute of Environmental Sciences* 14: 199-209.

265. Zamarro M., García-Álvarez O. and Urgorri V. 2013. Three new species of Pruvotinidae (Mollusca: Solenogastres) from Antarctica and NW Spain. *Helgoland Marine Research* 67 (3): 423–443. https://doi.org/10.1007/s10152-012-0333-0.

266. Zhang Z. Q. 2013. Animal biodiversity: An update of classification and diversity in 2013. *Zootaxa* 3703 (1): 5–11. https://doi.org/10.11646/zootaxa.3703.1.3.

267. Zieger M. V. and Meyer-Rochow V. B. 2008. Understanding the cephalic eyes of pulmonate gastropods. *American Malacological Bulletin* 26 (1-2): 47-66. https://doi.org/10.4003/006.026.0206.

268. Zieger M. V., Vakoliuk I. A., Tuchina O. P., Zhukov V. V. and Meyer-Rochow V. B. 2009. Eyes and vision in *Arion Rufus* and *Deroceras Agreste* (Mollusca; Gastropoda; Pulmonata): What role does photoreception play in the orientation of these terrestrial slugs?. *Acta Zoologica* 90 (2): 189-204. https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2008.00369.x.

ANNEXE

Diversity of terrestrial gastropods in central-northern of Algeria (Algiers and Boumerdes).

Ramdane RAMDINI [*1], Houria BOUAZIZ-YAHIATENE [1] and Ferroudja MEDJDOUB-BENSAAD [1]

[1] Production Laboratory, Safeguarding Endangered Species and Crops. Influence of Climatic Variations. Biology department. Faculty of Biological Sciences and Agronomic Sciences. Mouloud Mammeri University of Tizi-Ouzou 15000. Algeria.

*Corresponding author email: ramdiniramdane@hotmail.com

Abstract - In order to contribute to the characterisation of the malacofauna of Algeria, an inventory of terrestrial gastropods, including both snails and slugs, was carried out in the north-centre of Algeria (Algiers and Boumerdes). Sampling was carried out at six stations, Ain Benian, Dely Ibrahim, Douera (Algiers), and Afir, Crso and Issers (Boumerdes), during the years 2018 and 2019. Four methods of sampling are applied for the collection of species, namely active, visual collecting, trapping (by a board and / or a tarpaulin) and sieving the litter for small species. In total, we identified 27 species belonging to 14 families and observed a varying species composition at the different survey sites.

Keywords – Land snails, Biodiversity inventory, Species richness, Algeria.

Résumé – Afin de contribuer à la caractérisation de la malacofaune algérienne, un inventaire des gastéropodes terrestres, comprenant à la fois des escargots et des limaces, a été réalisé dans le centre-nord de l'Algérie (Alger et Boumerdes). Des prélèvements ont été effectués dans six stations, à Ain Benian, Dely Ibrahim, Douera (Alger), et Afir, Crso et Issers (Boumerdes), au cours des années 2018 et 2019. Quatre méthodes d'échantillonnage sont appliquées pour la collecte des espèces, à savoir la collecte active, la collecte visuelle, le piégeage (par une planche et/ou une bâche) et le tamisage de la litière pour les petites espèces. Au total, nous avons identifié 27 espèces appartenant à 14 familles et avons observé une composition variée des espèces sur les différents sites d'étude.

Mots clés – Mollusques terrestres, inventaire de la biodiversité, richesse spécifique, Algérie.

Introduction

Terrestrial gastropods represent one of the most threatened groups of animals (REGNIER & *AL*. 2009). However, despite the important role played by these organisms, in particular the place they occupy in the food web as prey, predators or parasites, they are often ignored. In Algeria, terrestrial gastropods remain poorly understood. Since the studies of BOURGUIGNAT (1864) and PÉCHAUD (1880), only a few recent investigations have contributed to the census of the diversity of the Algerian malacofauna (AMEUR & AL. 2019 ; BELHIOUANI & *AL*. 2019 ; BORREDÀ & MARTINEZ-ORTI, 2017 ; BOUAZIZ-YAHIATENE & MEDJDOUB-BENSAAD, 2016 ; BOUAZIZ-YAHIATENE, 2018 ; DOUAFER & SOLTANI, 2014 ; HAMDI-OURFELLA & SOLTANI, 2016 ; LARBAA & SOLTANI, 2013). No extended studies on the malacological fauna of Algeria have been made.

Nevertheless, a recent study is focused on the country's Enidae (ABBES & *AL*. 2009) and Helicidae. BOUAZIZ-YAHIATENE & *AL*. 2017, in their revision of the genus *Eobania* which is now *Massylaea*. BOUAZIZ-YAHIATENE & *AL*. 2019 showed that in Kabylia (Tizi-Ouzou), the genus *Cantareus* is represented by the species *C. koraegaelius* (Bourguignat in Locard, 1882).

In order to contribute to the knowledge of the malacofauna of Algeria, we surveyed local gastropod assemblages at six stations in central-northern Algeria (Algiers and Boumerdes) to update the systematic list and to estimate species abundance from a quantitative and qualitative perspective.

Material and method

Presentation of the study area

We surveyed three sites in the region of Algiers: In Ain Benian (36°48'16''N 2°55'52''E, at 25 m altitude, northern exposure and a 5% slope). Douera (36°39'45''N 2°57'10''E at 100 m altitude, southern exposure

and a slope of 10%) and Dely Ibrahim (36°45'14''N 2°59'70''E, at 260 m altitude, north exposure and a slope of 40%) for a period of 12 months; from January to December 2018. One site in the region of Boumerdes was surveyed for the same period. This was at Corso (36°45'59''N 3°26'49''E, 10 m above sea level, northern exposure and a 30% slope). There were two other sites in Boumerdes. From October 2018 to September 2019 surveys were conducted in Afir (36°54'02''N 3°58'21''E, 10m above sea level, northwest exposure and a 20% slope). Finally, from June 2018 to May 2019 surveys were conducted for the station of Issers (36°43'49''N 3°39'44''E, at 25m altitude, north exposure and a slope of 10%). These sites provide a variety of environmental conditions and were selected based on criteria of security and accessibility (**Fig. 1**).

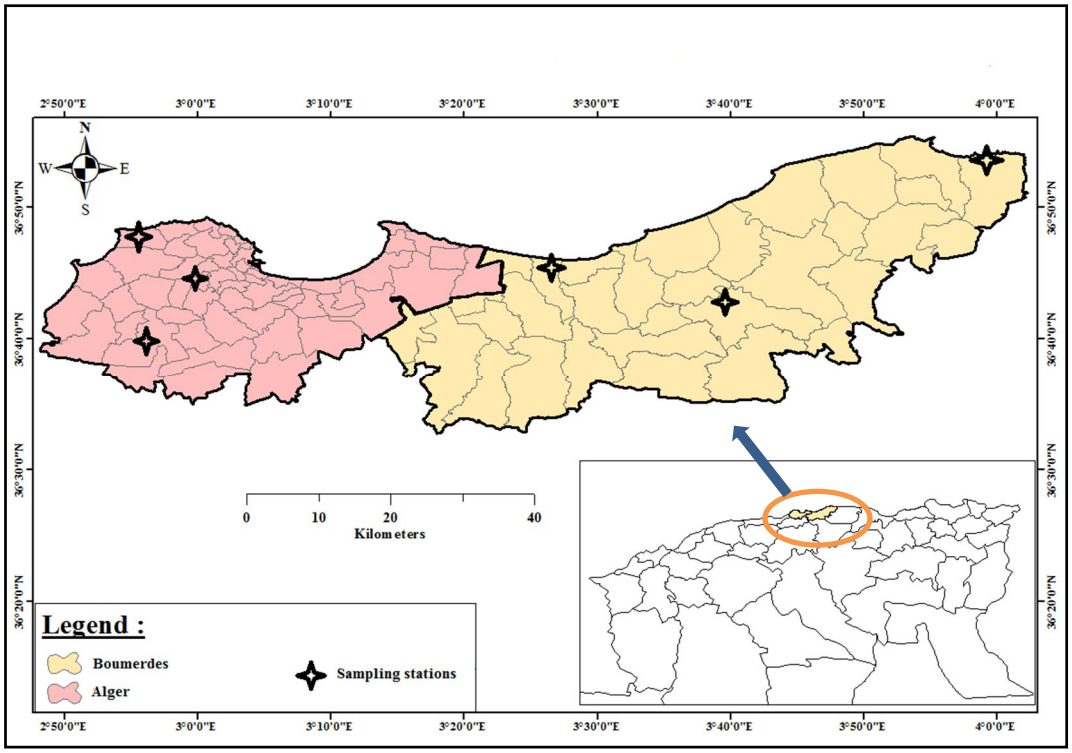


Figure 1. Geographical location of the sampling stations.

Sampling methods

We used three different sampling methods. The first was visual searching, a method widely used in malacology, which consists of observing and collecting individuals in their natural habitats (under tree trunks, on the ground and old walls and in cracks in the rocks), and allows collection of large species. The second method was trapping with wooden planks, or plastic sheeting. We placed boards and tarpaulins in environments that may have harboured terrestrial gastropods to create diurnal shelters for animals that are active at night. After 3 to 4 days, we recovered the individuals found under these traps. The last method consists of sieving the litter, allowing sampling of small soil-dependent species, and identifying specimens by mean of a binocular magnifier.

In the laboratory, the samples were cleaned, classified and identified according to morphological criteria, such as the shape, size and colour of the shell or of the individual in the case of slugs.

The identification was done with the help of Dr. Bouaziz-Yahiatene H. (Faculty of Biological and Agronomic Sciences. Mouloud University Mammeri de Tizi-Ouzou. Algeria), and Dr E. Neubert (Natural History Museum of the Burgergemeinde Bern, Switzerland).

Data analysis

Species composition at different collecting sites was compared by calculating several ecological indices.

We calculated the relative abundance (RA%) of each species as the relative numbers of specimens of a given species to the total number of specimens of all species at a site (in percent; see DAJOZ, 1975).

The frequency of occurrence or constancy (C) of each species is the proportion of all sites where a given species was present (DAJOZ, 1975). We classified these frequencies into five classes: 0-20% = Accidental, 20-40% = Accessory, 40-60% = Regular, 60-80% = Constant, 80-100% = Omnipresent.

Species diversity was assessed by the total specific richness (S), which is the total number of identified species at each site (MAGURRAN, 2004).

The Sorensen quantitative index of similarity (S') was calculated between each pair of stations by (2 × number of species common to the two stations) / (number of species in the first station + number of species in the second station) (BARTHLOTT & *AL*. 2009). The resulting proximity matrix permits comparison of the similarity between the taxonomic compositions of communities in the four studied stations (MAGURRAN, 2004).

The Shannon Index (H') was calculated following RAMADE (2003). It provides information about the rarity and/or commonness of species in a community.

The Equitability (Pielou index) corresponds to the ratio of observed diversity (H') to maximum diversity. This index indicates the state of equilibrium between the populations composing a community

In order to demonstrate the relationship between the sampling stations and the different species identified, a correspondence analysis (CA) was performed using R version 3.6.0 software.

Results

Inventory and structure of terrestrial gastropods in the survey sites

In total, we collected 17,097 individuals of snails and slugs, belonging to 27 species, 21 genera divided into 14 families (**Tab. 1**).

Table 1: Systematic list of species of terrestrial gastropods

Family	Genus	Species
Pomatiidae	*Tudorella*	*T. sulcata* (Draparnaud, 1805).
Spiraxidae	*Poiretia*	*P. algira* (Bruguière, 1792).
Enidae	*Mastus*	*M. pupa* (Linnaeus, 1758).
Ferussaciidae	*Ferussacia*	*F. folliculum* (Schröter, 1784).
		F. carnea (Risso, 1826).
Subulinidae	*Rumina*	*R. decollata* (Linnaeus, 1758).
Testacellidae	*Testacella*	*T. sp.*
Oxychilidae	*Oxychilus*	*O. sp*
Milacidae	*Milax*	*M. sp*
Limacidae	*Lehmannia*	*L. sp.*
Agriolimacidae	*Deroceras*	*D. sp.*
Trissexodontidae	*Caracollina*	*C. lenticula* (Férussac, 1821).
Hygromiidae	*Ganula*	*G. flava* (Terver, 1839).
Geomitridae	*Cernuella*	*C. virgata* (Da Costa, 1778).
	Trochoidea	*T. pyramidata* (Brown, 1827).
	Xerosecta	*X. sp.*
		X. cespitum (Draparnaud, 1801).
	Cochlicella	*C. acuta* (Müller, 1774).
		C. barbara (Linnaeus, 1758).
		C. conoidea (Draparnaud, 1801).
	Xerotricha	*X. conspurcata* (Draparnaud, 1801).
Helicidae	*Cornu*	*C. aspersum* (Müller, 1774).
	Cantareus	*C. apertus* (Born, 1778).
	Massylaea	*M. vermiculata* (Müller, 1774).
		M. constantina (Forbes, 1838).
	Theba	*T. pisana* (Müller, 1774).
	Otala	*O. punctata* (Müller, 1774).

Specific distribution and structure of terrestrial gastropod communities

Geomitridae is the most species-diverse family with eight species, followed by Helicidae with six species. Two species of Ferussaciidae were found. Other families, Hygromiidae, Enidae, Limacidae, Milacidae, Oxychilidae, Oleacinidae, Subulinidae, Testacellidae, Trissexodontidae, Agriolimacidae, and Pomatiidae were each represented by one species.

The relative abundances and frequencies of occurrence of each collected species in all sampling sites are shown in **Tab. 2**.

Table 2: Relative abundance and frequency of occurrence of the species found at each site

Site	**Ain Benian**		**Douera**		**Dely Ibrahim**		**Corso**		**Afir**		**Issers**	
Species	RA%	C%	RA%	C%	RA%	C%	RA%	C%	RA%	C%	RA%	C%
C.aspersum	6.28	83.33	—	—	3.24	75	3.76	91.67	20.39	91.67	4.97	83.33
C apertus	1.97	83.33	3.34	83.33	1.47	66.67	4.5	91.67	9.8	91.67	5.41	83.33
M. vermiculata	18.52	100	18.77	100	15.83	100	7.48	100	—	—	7.32	100
M. constantina	8.28	100	8.72	100	8.02	100	3.63	91.67	—	—	1.73	75
T. pisana	—	—	5.25	100	1.35	16.67	19.94	100	5.89	100	9.98	100
O. punctata	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.58	25
C. virgata	5.01	85.33	22.78	100	18.62	100	3.55	100	9.05	100	11.31	100
T. pyramidata	2.12	41.67	—	—	2.67	75	—	—	6.99	91.67	—	—
X. cespitum	—	—	—	—	—	—	—	—	8.3	100	—	—
Xerosecta sp	—	—	—	—	—	—	2.77	100	2.72	83.33	—	—
C. acuta	17.13	100	19.94	100	15.65	100	10.21	100	—	—	12.06	100
C. barbara	7.55	100	9.86	100	8.08	100	8	100	—	—	6.74	100
C. conoidea	—	—	—	—	—	—	4.89	91.67	—	—	—	—
Xerotricha sp	—	—	—	—	—	—	5.36	91.67	—	—	—	—
G. flava	4.19	75	2.33	75	8.38	75	5.32	75	4.04	75	1.82	25
M. pupa	4.31	75	—	—	0.03	8.33	3.24	66.67	1.85	75	0.89	25
F. folliculum	1.27	41.67	2.57	66.67	6.4	75	7.83	66.67	—	—	16.94	75
F. carnea	—	—	—	—	—	—	—	—	14.89	83.33	—	—
Lehmannia sp	2.03	66.67	0.98	66.67	2.1	66.67	—	—	2.86	66.67	0.13	16.67
Milax sp	4.44	66.67	3.1	66.67	3.54	66.67	4.58	66.67	4.48	66.67	4.35	66.67
Oxychilus sp	0.13	16.67	0.11	16.67	—	—	—	—	—	—	0.09	8.33
P. algira	—	—	—	—	1.62	75	—	—	—	—	—	—
R. decollata	7.33	100	—	—	0.09	8.33	—	—	3.69	91.67	3.15	91.67
C. lenticula	9.45	58.33	2.23	75	2.4	66.67	4.93	66.67	—	—	11.26	75
Deroceras sp	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	50	—	—
Testacella sp	—	—	—	—	0.51	33.33	—	—	1.36	66.67	1.29	58.33
T. sulcata	—	—	—	—	—	—	—	—	2.59	75	—	—

Species richness differs from one site to another; it reaches its maximum in Dely Ibrahim and Issers with 18 species, 16 in Ain Benian, Afir and Corso. Finally, 13 species in Douera (**Tab. 3**).

From **Tab. 2**, we can see that the species *C. apertus*, *C. virgata*, *G. flava* .and *Milax* sp. are present at all sampling stations. *O. punctata* is only sampled at Issers, while *P. algira* is only sampled at Dely Ibrahim.

C. conoidea and *X. conspurcata* are two species characteristic of the Corso station, *F. carnea*, *X. cespitum*, *T. sulcata* and *Deroceras* sp. are the species sampled only at the Afir station.

In Ain Benian, *M. vermiculata* is the most dominant with a relative frequency of 18.52 %. *C. virgata* is most abundant in Douera and Dely Ibrahim with frequencies of 22.78 and 18.62 % respectively. *T. pisana* is the most common species found in Corso with a rate of 19.94%, and *C. aspersum* at the Afir station with a relative abundance of 20.39%.

Finally, at the level of Issers *F. folliculum* is the most abundant with a frequency of 16.94%.

The ecological indices of structure **H'** *and* **E**

The highest value of the Shannon Index (H') was recorded at Corso with 3.77 bits. The lowest value was recorded at Douera station with 3.04 bits. The equitability index (E), with values between 0.78 and 0.94 bits, which suggests an equilibrium distribution of species in all sites (**Tab. 3**).

Similarity index

Species similarity between stations is high but variable, being more than 70% between almost all pairs of stations studied. It was lower between Afir region and other areas with S' being less than 60% for these comparisons (**Tab. 4**).

Table 3. Variation of the ecological indices of structures (H 'and E.)

Stations	Specific richness S	Shannon H'	Equitability E
Ain Benian	16	3.55	0.88
Douera	13	3.04	0.82
Dely Ibrahim	18	3.47	0.83
Afir	16	3.58	0.89
Corso	16	3.77	0.94
Issers	18	3.26	0.78

Table 4: Sorensen's similarity coefficient values applied to different species of terrestrial gastropods in the sampling regions

	Douera	Ain Benian	Dely Ibrahim	Issers	Corso	Afir
Douera	100	—	—	—	—	—
Ain Benian	82.75	100	—	—	—	—
Dely Ibrahim	70.96	82.35	100	—	—	—
Issers	83.87	88.23	83.33	100	—	—
Corso	75.86	75	76.47	76.47	100	—
Afir	41.37	56.25	58.82	58.82	50	100

Correspondence analysis

Correspondence analysis suggested a highly significant association of sampling station and species richness ((Chi^2=14,419.99 and P-value = 0 < 0.5).

Over all stations, 51.91% of the total variance in terrestrial gastropod species diversity is explained by axis 1 and 23.83% by axis 2. The sum of the contributions of these two axis was 75.73%.

Issers and Corso stations have been grouped together in the first quadrant; report an association of their species composition. The Afir station was alone in the third quadrant, which can be explained by the presence at this site of species not found in the other stations. Ain Benian, Daly Ibrahim and Douera grouped together in the fourth quadrant, reports that these stations have species associations with each other.

The analysis confirms that *F. carnea, X. cespitum, Deroceras* sp. and *T. sulcata* are better represented in the station of Afir. In Corso and Issers, the species *F. folliculum*, *T. pisana*, *C. lenticula* and *O. punctata* are the most abundant. In the station of Algiers (Ain Benian, Daly Ibrahim and Douera) *C. virgata, C. acuta M. vermiculata, M. constantina* and *Oxychilus sp* are the most characteristic of these stations. (**Fig. 2**).

Discussion

In this study of regions in north central Algeria, the discovered diversity of terrestrial gastropods was 27 species, distributed in 21 genera and 14 families. This is comparable to the results of BOUAZIZ-YAHIATENE & MEDJDOUB-BENSAAD (2016) who reported the presence of 26 species in Kabylia region (Tizi-Ouzou, Algeria). DAMERDJI (2009) in Tlemcen (west of the country), where she identified 21 species. However, diversity is apparently lower in the east and north-east of the country. BELHIOUANI & *AL*. (2018), in the east of the country,

recorded a richness of 11 species. HAMDI-OURFELLA & SOLTANI (2016) reported 12 species in the northeast of the country, and 11 species are inventoried in the arid region of Batna in North East of Algeria (AMEUR & *Al*. 2019).

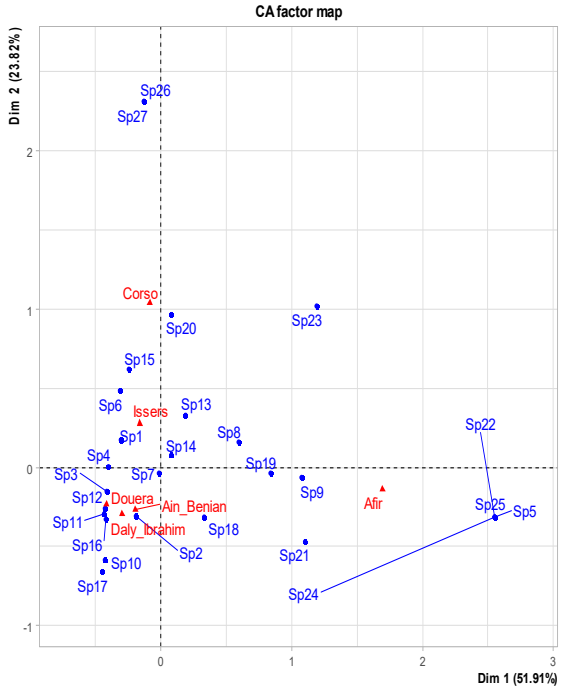


Figure 2. Distribution of species inventoried by station, as determined by correspondence analysis. Sp. 1 : *Caracollina lenticula,* Sp 2 *: Cernuella virgata,* Sp. 3 *: Cochlicella acuta,* Sp 4 : *Cochlicella barbara,* Sp 5 : *Ferussacia carnea,* Sp 6 : *Ferussacia folliculum,* Sp 7 : *Ganula flava,* Sp 8 : *Cantareaus apertus,* Sp 9 : *Cornu aspersum,* Sp 10 : *Lehmannia sp,* Sp 11 : *Massylaea constantina,* Sp 12 : *Massylaea vermiculata,* Sp 13 : *Mastus pupa,* Sp 14 : *Milax sp,* Sp 15 : *Otala punctata,* Sp 16 :*Oxychilus sp,* Sp 17 : *Poiretia algira,* Sp 18 : *Rumina decollata,* Sp 19 : *Testacella sp,* Sp 20 : *Theba pisana,* Sp 21 : *Trochoidae pyramidata,* Sp 22 : *Xerosecta cespitum,* Sp 23 : *Xerosecta sp,* Sp 24 : *Deroceras sp,* Sp 25 : *Tudorella sulcata,* Sp : 26 : *Cochlicella conoida,* Sp 27 : *Xerotricha conspurcata,*

BORREDÁ & MARTÍNEZ-ORTÍ (2017), record 10 species of slugs from Algeria, without the citation of the genus *Testacella*. However, BOURGUIGNAT (1864) identified *Testacella fischeriana* as an Algerian species, which leads us to question whether our species is the same. The anatomical study of our specimens would be interesting, since *T. fischeriana* has never been found since 1864. The species we found appears with a relatively low abundance, which might be explained by nocturnal activity and underground behavior as shown by congeneric species (DE WINTER & NIEULAND, 2011).

The species that were most abundant in the study region were *M. vermiculata, T. pisana, C. aspersum, C. virgata, C. acuta* and *F. folliculum*.

The helicid, *M. vermiculata* which has a Mediterranean-wide distribution (KERNEY, 1976) is widely distributed across all sampling sites; this is due to its longevity of up to 5 years, which allows the population to establish a continuous development and to form dense populations (COWIE & *AL*., 2009).

T. pisana has a Circum-Mediteranean distribution and prefers sparse coastal vegetation (COWIE, 1984, BAKER, 1991). It is abundant in disturbed or early successional habitats in coastal areas of the Mediterranean and Western Europe (COWIE, 1984).

C. aspersum, a North African species (GUILLER & MADEC, 2010), lives in both the Mediterranean (MAGNIN & MARTIN, 2012) and subtropical climates (GUILLER & MADEC, 2010). It is a generalist species capable of colonising any type of terrestrial habitat (FALKNER *&*

AAL. 2001 ; WELTER-SCHULTES, 2012) explaining its constant presence in the surveyed region here.

F. folliculum (Ferussaciidae) is native to the Mediterranean basin, and is present along the North African coast from Morocco to Tunisia (PIRRIER, 2014 ; VENMANS, 1957). *C. virgata*, has a wide Circum-Mediterranean distribution prefers dry habitats and sandy dunes (KERNEY & CAMERON, 2015); It is widespread in coastal regions of the Mediterranean Sea (DAMERDJI, 1990). Which corroborates with our result.

Three species of Cochlicellini were found, *C. acuta* and *C. barbara* which are sampled in all the stations and C*. conoidea* which was collected only at Corso. According to KERNEY & CAMERON (2015), all are Mediterranean species, it frequents environments rich in herbs and dry.

The specific richness varies from one site to another, with a maximum of 18 species at the stations of Daly Ibrahim and Issers, two regions with a strong human presence that may help in the creation of microhabitats. This richness at these stations may be due to the complexity and the heterogeneity of the habitat, as attested by KERNEY & CAMERON (2015).

Another key factor in species richness is the close relationship between the distribution and diversity of terrestrial molluscs and large-scale factors, such as climate and vegetation (TEWS *& AL*. 2004).

The analysis of the similarities between the stations shows that Afir is very distinct from the other. Afir is a distinctive habitat, being a homogeneous coastal wasteland and poor in vegetation with a dominance of yellow fleabane *Dittrichia viscosa* L. This reinforces the importance of habitat heterogeneity and plant cover in the distribution of terrestrial gastropods.

Two habitat factors vary between Afir and Douera, the type of habitat and the exposure, Douera having a southern exposure and a lower humidity. These sites had a similarity index of only 40%. Douera had the lowest diversity of the studies stations with only 13 species. This shows that in addition to habitat type, humidity plays an important role in the distribution and diversity of terrestrial gastropods in the.

In conclusion, our work has resulted in a systematic list showing that the north-central region of Algeria has at least as much terrestrial gastropod diversity as other parts of the country. Species richness does, however, vary considerably from one site to another.

Apparently influenced by habitat types, climatic conditions particularly humidity and vegetation suggesting that these are very important factors in the distribution and diversity of terrestrial gastropods in ecosystems.

Acknowledgments

We thank Dr. Neubert E. (Switzerland) for her help in identifying our specimens.

References

ABBES, I., NOUIRA, S., & NEUBERT, E. 2009. The Enidae of north-western Africa: (Pulmonata: Enidae). Archiv für Molluskenkunde 138 : 213-237. DOI: 10.1127/arch.moll/1869-0963/138/213-237

AMEUR, N., ADJROUDI, R., BACHIR, A.S. & MEBARKIA, N., 2019. Diversity and distribution patterns of land snails in the arid region of Batna (North East Algeria). *Ecology, Environment and Conservation* 25 : 1517–1523.

BAKER, G.H., 1991. Production of eggs and young snails by adult *Theba pisana* (Müller) and *Cernuella virgata* (da Costa) (Mollusca: Helicidae) in laboratory cultures and field Populations. *Australian Journal of Zoology* 39 : 673–679.

BARTHLOTT, W., EDUARD LINSENMAIR, K. & POREMBSKI, S., 2009. *Biodiversity: Structure and function*. Ed. Encyclopedia of Life Support Systems. United Kingdom.

BELHIOUANI, H., EL-OKKI, M.E.H, AFRI-MEHENNAOUI, F.Z. & SAHLI, L., 2018. Terrestrial Gastropod Diversity, Distribution and Abundance in Areas with and without Anthropogenic Disturbances, Northeast Algeria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20 : 243–249. https://doi.org/10.13057/biodiv/d200128.

BORREDA, V. & MARTINEZ-ORTI, A., 2017. Contribution to the knowledge of the terrestrial slugs (Gastropoda, Pulmonata) of the Maghreb. *Iberus* 35 : 1–10.

BOUAZIZ-YAHIATENE, H. & MEDJDOUB-BENSAAD, F., 2016. Malacofauna diversity in Kabylia (Algeria). *Advances in Environmental Biology* 10 : 99–111.

BOUAZIZ-YAHIATENE, H., PFARRER B., MEDJDOUB-BENSAAD F., & NEUBERT E., 2017. Revision of *Massylaea* Möllendorff, 1898 (Stylommatophora, Helicidae)." *ZooKeys* 694 (August): 109–33. https://doi.org/10.3897/zookeys.694.15001.

BOUAZIZ-YAHIATENE, H., 2018. *Diversité et bioécologie des gastéropodes terrestres dans la région de Tizi-Ouzou.* Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. Algérie.

BOUAZIZ-YAHIATENE, H., INÄBNIT, T., MEDJDOUB-BENSAAD, F., COLOMBA, M. S., SPARACIO, I., GREGORINI, A., LIBERTO, F., & NEUBERT, E., 2019. Revisited – the Species of Tweeting Vineyard Snails, Genus *Cantareus* Risso, 1826 (Stylommatophora, Helicidae, Helicinae, Otalini). *ZooKeys* 876 : 1–26. https://doi.org/10.3897/zookeys.876.36472.

BOURGUIGNAT, M. J. R., 1864. *Malacologie de l'Algérie ou histoire naturelle des animaux Mollusques terrestres et fluviatiles recueillis jusqu'à ce jour dans nos possessions du nord de l'Afrique. Tome 1*. Ed. Librairie, Challamel Ainé Bastid, Paris. 377 pp.

COWIE, R.H., DILLON R.T., ROBINSON D.G. & SMITH J.W., 2009. Alien Non-Marine Snails and Slugs of Priority Quarantine Importance in the United States: A Preliminary Risk Assessment. *American Malacological Bulletin* 27 : 113-132. https://doi.org/10.4003/006.027.0210

COWIE, R.H., 1984. The Life-Cycle and Productivity of the Land Snail *Theba Pisana* (Mollusca: Helicidae). *The Journal of Animal Ecology* 53(1), 311-325. https://doi.org/10.2307/4359.

DAJOZ, R., 1975. *Précis d'écologie*. Ed. Gauthier-Villars, Paris. 549 pp.

DAMERDJI, A., 2009. Composition and structure of the malacofauna in the far west of the Algerian coast. *Africa Science* 5 : 149-168.

DAMERDJI, A., 1990. *Contribution à l'étude biosystémique des mollusques gastéropodes pulmonés terrestres dans la région de Tlemcen*. Thèse de Magister, Université de Tlemcen. Algérie. 205 pp.

DE WINTER, A.J. & NIEULANDE, F.A.D., 2011. *Testacella haliotidea* Draparnaud, 1801 in the Netherlands (Gastropoda, Pulmonata, Testacellidae). *Basteria* 75 : 11-22.

DOUAFER, L. & SOLTANI, N., 2014. Inventory of Land Snails in Some Sites in the Northeast Algeria: Correlation with Soil Characteristics. *Advances in Environmental Biology* 8 : 236-243.

FALKNER, G., OBRDLIK, P., CASTELLA, E. & SPEIGHT, M.C.D., 2001. *Shelled Gastropoda of Western Europe*. Friedrich Held Gesellschaft, München, Germany. 77 pp.

GUILLER, A. & MADEC, L., 2010. Historical Biogeography of the Land Snail *Cornu Aspersum*: A New Scenario Inferred from Haplotype Distribution in the Western Mediterranean Basin. *BMC Evolutionary Biology* 10 : 1-20. https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-18.

HAMDI-OURFELLA, A. & SOLTANI, N., 2016. *Biodiversity of gastropods in Algeria. Helix aperta bioindicator*. European university editions. Germany. 68 pp.

HARVEY, P. H., 1974. The distribution of three species of helicid snail in east yorkshire. II. Intensive survey. *Proceedings of the Malacological Society of London* 41 : 57-64. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.mollus.a065257.

KERNEY, M.P., 1976. European distribution maps of *Pomatia selegans* (Muller), *Discus ruderatus* (Ferussac), *Eobania vermiculata* (Muller) and *Margaritifera margaritifera* (Linné). *Archiv fur Molluskende* 106 : 243-249.

KERNEY M.P. & CAMERON, R.A.D., 2015. *Guide des escargots et limaces européens, identification et biologie de plus de 300 espèces*. Ed. Delachaux et Niestlé. Paris, France. 370 pp.

LARBAA, R. & SOLTANI, N., 2013. Diversity of the Terrestrial Gastropods in the Northeast Algeria: Spatial and Temporal Distribution. *European Journal of Experimental Biology* 3 : 209-215.

MAGNIN, F. & MARTIN, S., 2012. Synanthropic snails and the domestication of nature: Mechanisms, processes and representations. *Techniques & culture* 59 : 260-283. https://doi.org/10.4000/tc.6701

MAGURRAN, A. E., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. Oxford UK. 215 pp.

PÉCHAUD, J. 1880. *Excursions malacolgiques dans le nord de l'Afrique de la Calle à Alger, d'Alger à Tanger.* Paris, 112 p. https://doi.org/10.5962/bhl.title.10695

RAMADE, F., 2003. *Éléments d'écologie. Écologie fondamentale*. Ed. Dunod. France. 704 pp.

REGNIER, C., BENOIT, F. & BOUCHET P., 2009. Not Knowing, Not Recording, Not Listing: Numerous Unnoticed Mollusk Extinctions. *Conservation Biology* 23 : 1214-1221. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01245.x.

TEWS, J., BROSE U., GRIMM V., TIELBÖRGER K., WICHMANN M. C, SCHWAGER M. & JELTSCH, F., 2004. Animal Species Diversity Driven by Habitat Heterogeneity/Diversity: The Importance of Keystone Structures: Animal Species Diversity Driven by Habitat Heterogeneity. *Journal of Biogeography* 31 : 79-92. https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x.

VENMANS, L.A.W.C., 1957. A Species of Ferussacia in South Australia. *Journal of the Malacological Society of Australia* 1 : 36-44. https://doi.org/10.1080/00852988.1957.10673745.

WELTER-SCHULTES, F., 2012. *European non-marine Molluscs, a guide for species identification*. Ed. Planet Poster, Göttingen, Germany. 674 pp.

WIKTOR, A., 1983. Some data on slugs of Morocco and Algeria with description of a new *Deroceras* species. *Malakologische Abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden* 8 : 155-165.

Biodiversity Journal, 2020, 11 (4): 821–824 https://doi.org/10.31396/Biodiv.Jour.2020.11.4.821.824

Rediscovery of *Armiger crista* (Linnaeus, 1857) (Gastropoda Planorbidae) in Algeria

Ramdini Ramdane[1,*], Dirk Van Damme[2], Sadouk Ghania[1] & Medjdoub-Bensaad Ferroudja[1]

[1]Laboratoire de Production, sauvegarde des espèces menacées et des récoltes, Influence des variations climatiques, Département de Biologie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 15000
[2]Research Unit Paleontology, Geological Institute, Ghent University, Belgium; email: dirk.vandamme@ugent.be
[*]Corresponding author, email: ramdane.ramdini@ummto.dz

ABSTRACT *Armiger crista* (Linnaeus, 1758), a holartic freshwater gastropod, has been rediscovered in Algeria. It was found in a small lake whose malacofauna was almost exclusively paleartic/holartic. This aquatic environment is probably unique in the Maghreb, where cold-climate faunal elements are rapidly disappearing due to global warming. Monitoring of the site and study of other groups is highly recommended.

KEY WORDS *Armiger crista*; endangered paleartic gastropods; global climate change; southern limit.

Received 08.07.2020; accepted 19.08.2020; published online 06.11.2020

INTRODUCTION

Armiger crista (Linnaeus, 1758), type locality: marshes in Germany, is a holartic freshwater/α-oligohaline pulmonate gastropod, belonging to the family Planorbidae. The Maghreb and Ethiopia constitute in Africa the southern limit of its range (Van Damme, 1984; Brown, 1994). In the last decades it has only been recorded from a few sites, namely at Ifrane, Lake Hachlaf and the Ben Smim springs in the Middle Atlas in Morocco (Ghamizi, 1998) and from a well at Jandouba, north-west Tunisia (Khalloufi & Boumaiza, 2007).

In Algeria, it was considered as possibly extinct (Van Damme & Ghamizi, 2010, Van Damme et al., 2010), not being recorded anymore since the 19th Century, when Bourguignat (1864) listed it as *Planorbis crista* and *P. imbricatus* (= *P. crista*), from the Mediterranean region between Mostaganem and Constantine (see also Lallemant, 1881). Subfossils shells have been found in the southern part of the country at Hassi-Dehin and the Ahaggar Mountains (Sparks & Grove, 1961; see also: Thomas 1884: 50–51, tableau synoptique and Pallary, 1901: 160).

In July, 2020, during an inventory survey of the malacological fauna of Algeria, specimens of *Armiger crista* were found in a small lake near Tizi-Ouzou.

MATERIAL AND METHODS

Sampling was carried out in the region of Tizi-Ouzou, about 100 km east of Algiers (Algeria). The site is a natural lake, shallow, with a length of 80 meters and a width of 30 meters, it is rich in vegetation and animals occupying this habitat, located at an altitude of 460 meters with coordinates 36°48’14’’N, 4°00’35’’E (Fig. 1).

The samples (Fig. 2), a dozen specimens of *Armiger crista*, were taken with a hand net (0.5 mm-mesh size). The shell shows regular transverse ridges extending beyond the main curve of the shell. It is translucent, yellow-brownish in colour and has had a maximum diameter 1.83–2.19 mm.

Other additional species were found in this place, such as *Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758), *Bulinus truncatus* (Michaud, 1829), *Ferrissia californica* (Rowell, 1863), *Musculium lacustre* (O.F. Müller, 1774), and *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Since the late 19th Century little field-work has been carried out on the freshwater malacofauna of Algeria. Nonetheless, it is evident that, due to the ever intensifying and unsustainable human use of surface waters, many of these have disappeared or become devoid of aquatic life since that time. In addition, increasing ambient temperatures and extended periods of drought, due to climate change, have in the last decades aggravated this ecological decline (Oualkacha et al., 2017). In all Maghrebian countries, the freshwater gastropod fauna in general has severely suffered, but in particular the paleartic-holartic species, whose range's southern limit was situated in northern Africa and the Levant. These are presently vanishing all over their historical southern range (Seddon et al., 2014).

The discovery in Algeria of a standing surface water, where *H. complanatus* L. was found (Glöer & Ramdini, 2019), harboring not only *Armiger crista*, considered as endangered, but harboring a mollusc community consisting almost exclusively of holartic molluscs, *Bulinus truncatus* excepted, is of substantial scientific importance. It indicates that such aquatic relict environments still exist in the Maghreb, though having become extremely rare. It is therefore highly recommended that the small lake in question should be protected, considering its ecological uniqueness and that a monitoring program should be set up to track changes in abiotic and biotic (e.g., molluscs) parameters over time in function of global warming trends in the Maghreb.

Figure 1. Small lake near Tizi-Ouzou (Algeria).

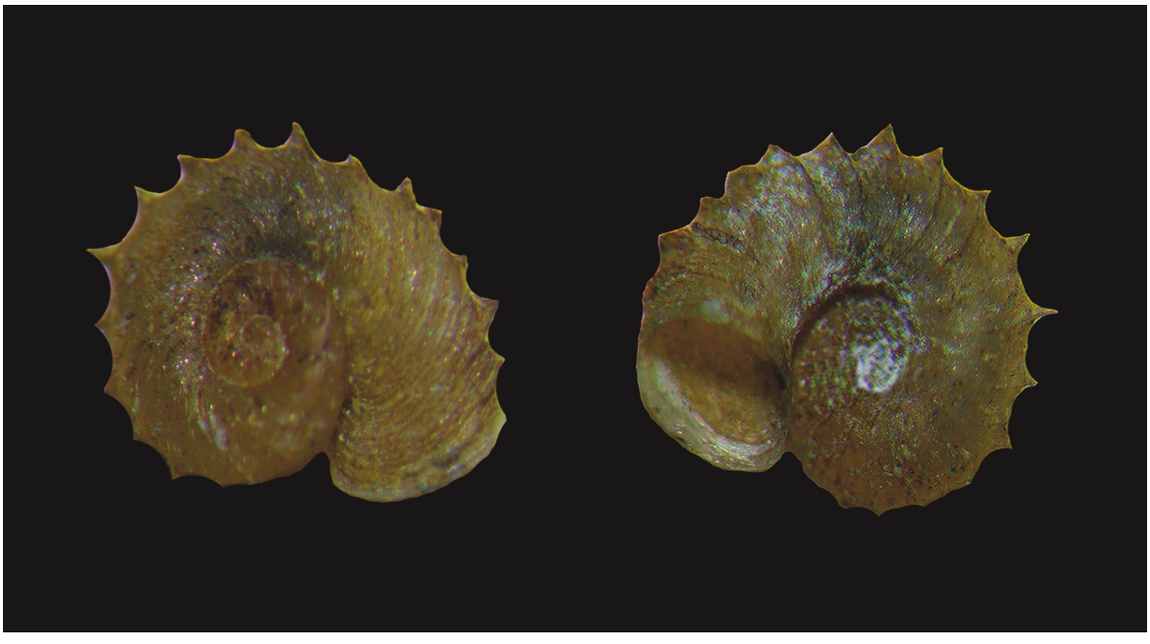


Figure 2. *Armiger crista* from Tizi-Ouzou (Algeria), maximum diameter 1.94 mm.

REFERENCES

Bourguignat J.R., 1864. Malacologie de l'Algérie ou histoire naturelle des animaux mollusques terrestres et fluviatiles recueillis jusqu'à ce jour dans nos possessions du nord de l'Afrique, tome 2, 380 pp.

Brown D.S., 1994. Freshwater snails of Africa and their medical importance. 2nd ed., 609 pp.

Ghamizi M., 1998. Les Mollusques des eaux continentales du Maroc: Systématique et Bioécologie. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech.

Glöer P. & Ramdini R., 2019. *Hippeutis complanatus* Linnaeus, 1758 in Algeria, Re-Found after More than 150 Years. Ecologica Montenegrina, 22: 226–27. https://doi.org/10.37828/em.2019.22.18.

Khalloufi N. & Boumaiza M., 2007. Première citation et description de quatre pulmonés dulcicoles de Tunisie (Mollusca, Orthogastropoda). Bulletin de la société zoologique de la France, 132: 191–204.

Lallemant Ch.,1881. Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles des environos d'Alger. Feuille des Jeunes Naturalistes, 11 (126): 83–88.

Oualkacha L., Stour L., Agoumi A. & Kettab A., 2017. Climate Change Impacts in the Maghreb Region: Status and Prospects of the Water Resources. In: Mohamed Ouessar, Donald Gabriels, Atsushi Tsunekawa, and Steven Evett (Eds.), Water and Land Security in Drylands, pp. 17–25. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54021-4_2.

Pallary P., 1901. Sur les mollusques fossiles terrestres, fluviatiles et saumâtres de l'Algérie. Mémoires de la Société Géologique de France, Paléontologie, 9: 1–213, Pl. III-VI [= 3–6].

Seddon M., Kebapp U, Lopes-Lima M., Van Damme D. & Smith K., 2014. Chapter 4. Freshwater Molluscs. In: Smith K., Barios V., Darwall W. & Numa C. (Eds.), The status and distribution of freshwater biodiversity in the Eastern Mediterranean. IUCN, Cambridge: pp. 43–56.

Sparks B. W. & Grove A. T., 1961. Some quaternary fossil non-marine mollusca from the central Sahara. Journal of the Linnean Society of London, Zoology 44 (298): 355–364. https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1961.tb01619.x.

Thomas P., 1884. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de

l'Algerie II. Mémoires de la société géologique de France, 3: 1–51.

Van Damme D., 1984. The freshwater Mollusca of Northern Africa. Distribution, Biogeography and Palaeoecology. Dordrecht, Netherlands, 164 pp.

Van Damme D. & Ghamizi M., 2010. *Gyraulus crista*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T156006A4884981.

Van Damme D., Ghamizi M., Soliman G., McIvor A. & Seddon M.B., 2010. The status and distribution of freshwater molluscs. In: García N., Cuttelod A. & Abdul Malak D. (Eds.), The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa. IUCN: 30–50.

Ecologica Montenegrina
ISSN 2336-9744 (online) | ISSN 2337-0173 (print)

Ecologica Montenegrina 22: 226-227 (2019)
This journal is available online at: www.biotaxa.org/em

Correspondence

Hippeutis complanatus Linnaeus, 1758 in Algeria, re-found after more than 150 years

PETER GLÖER[1] & RAMDANE RAMDINI[2]

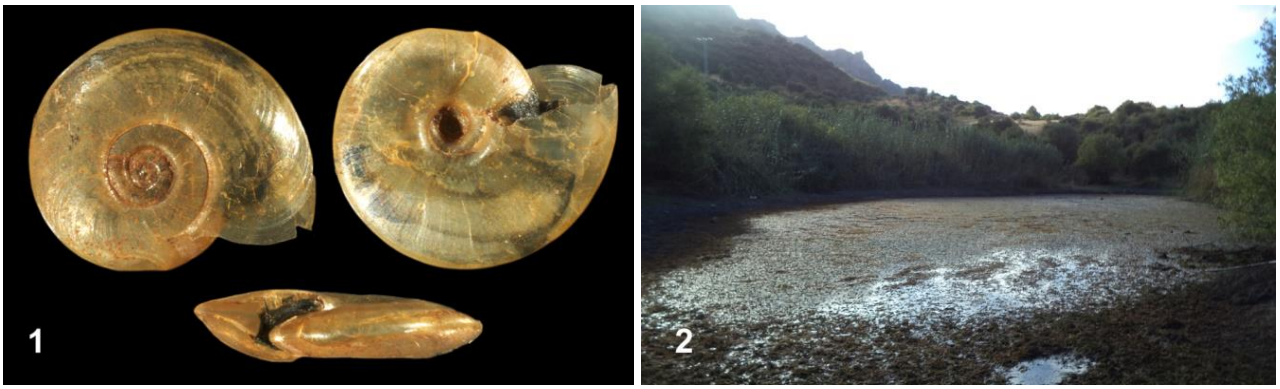
[1] *Biodiversity Research Lab, Schulstr.3, D25491 Hetlingen, Germany, email: gloeer@malaco.de*
[2] *Laboratoire de production, sauvegarde des espèces menacées et des récoltes. Influence des variations climatiques. Département de biologie. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 15000. Algeria, email: ramdane.ramdini@ummto.dz*

Received: 20 August 2019 | Accepted by *V. Pešić*: 15 October 2019 | Published online: 18 October 2019.

Hippeutis comlanatus is a planorbid snail living in stagnant waters, rich in vegetation. It is distributed from Europe to W-Asia (Glöer 2002: 279). Morelet (1853: p. 293) was the first who mentioned *Hippeutis complanatus* from Algeria, a forma minor from the vicinity of Rossauta [currently Bordj El Kifan (Algiers)]. In 1864, Bourguignat listed this species also from Algeria (p. 151: "près de la Maison-Carrée (Lallemant)" [currently EL harrache, district of Algier)].

In 1984 van Damme mentioned Bourguignat's finding as a relict population (p. 38: "In NW Africa one relict population was recorded by Bourguignat (1864) from Rossauta (now an urbanized suburb of Algiers)" but mentioned Morelet's sampling site. While Kristensen (1985) did not mention *H. compalantus* in his identification key, Brown (1994: 504) listed this species as being extinct in NW-Africa.

Van Damme & Seddon (2011) wrote in their IUCN Red List: "This species is distributed across most of mainland Europe and is found in local populations in North Africa. It is reported from Siberia, the Caspian Basin, Armenia and Turkey (D.V. Damme pers. comm. 2011). Unfortunatelay the authors did not say where *H. complanatus* has been found in North Africa, in Morroco, Algeria or Tunisia.



Figures 1-2. **1**: Shell of *Hippeutis complanatus*, **2**: The habitat of the sampling site.

Recently RR found a new sample of *Hippeutis complanatus* (fig. 1) in the region of Tizi-Ouzou, about 100 km far from Algier.

The sampling site: The sampling site is a pond (Agulmim u sardun = local name, fig. 2). It is located in Kabylia region (Tizi-Ouzou), northern Algeria (36°48'14''N, 4°00'35''E), at an altitude of 460 m. The pond is 85 m long, 30 m wide and has maximum depth of 2 m.

The Habitat: Its fresh water originates from rains and probably natural sources, as it does not dry in summer and no river reaches into. The pond is slightly polluted, by some human influence and is rich in vegetation.

Additional species: *Bulinus truncatus* (MICHAUD, 1829), *Ferrissia californica* (ROWELL, 1863), *Musculium lacustris* (O.F. Müller, 1774).

References

Van Damme, D. & Seddon, M.B. (2011) *Hippeutis complanatus.* The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T155940A4870767. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T155940A4870767.en

Bourguignat, J.-R. (1864) Malacologie de l'Algérie ou histoire naturelle des animaux mollusques terrestres et fluviatiles recueillis jusqu'à ce jour dans nos possessions du nord de l'Afrique, 2, 380 pp. + 26 pl.

Brown, D.S. (1994) Freshwater snails of Africa and their medical importance. 2nd ed., 609 pp.

Glöer, P. (2002) Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Die Tierwelt Deutschlands 73, 327 pp.

Kristensen, T.K. (1985) Guide pratique des gastéropodes d'eau douce Africains. Danish Bilharziasis Laboratory, Denmark, 30 pp.

Morelet, A. (1853) Catalogue des Mollusques terrestres et fluviatiles de l'Algerie. *Journal de Conchyliologie* 4(3), 280–305.

Damme, D. van (1984) The freshwater *Mollusca of Northern Africa. Distribution, Biogeography and Palaeoecology*. Dordrecht, Netherlands, 164 pp.

Résumé

Afin de contribuer à la connaissance de la biodiversité des mollusques terrestres de l'Algérie, dans un premier temps, un inventaire qualitatif est muni dans plusieurs régions d'Algérie. Dans un deuxième temps, un inventaire qualitatif et quantitatif est déroulé dans les régions d'Alger et de Boumerdes, dans le but d'étudier la bio écologie de ses organismes, L'échantillonnage est effectué au niveau de 9 stations, à une fréquence d'une sortie par mois pour chaque station, durant la période d'étude allant de janvier 2018 à décembre 2019. Afin d'identification les limaces récoltées, une analyse de la morphologie de l'appareil génital est effectuée. Quatre méthodes d'échantillonnage sont utilisées avec la chasse à vue pour les escargots terrestres de grande taille, tamisage de la litière pour les spécimens de petite taille ou par l'installation des pièges créant un micro habitat qui sert de refuge journalier pour les espèces nocturnes. Pour les espèces dulçaquicoles, une épuisette a été utilisée.

Les résultats de l'inventaire qualitatif ont révélé la présence d'une liste systématique de 55 espèces, dont 45 espèces sont terrestres et 10 dulçaquicoles appartenant à 26 familles réparties en 42 genres. Les familles des Helicidae et des Geomitridae sont les plus riches avec 9 espèces chacune, suivies par les Planorbidae avec 5 espèces. L'étude bioécologique au niveau des régions d'Alger et de Boumerdes a permis de suivre 27 espèces d'escargot et limace terrestre appartenant à 14 familles différentes. Cette richesse fluctue d'une région à une autre, 22 espèces sont enregistrées dans la région d'Alger et 26 dans la région de Boumerdes. Les facteurs climatiques influent significativement l'abondance et la distribution des peuplements malacologiques. En effet, la saison la plus humide enregistre des taux plus élevés de nombre et de l'abondance des espèces. Les gastéropodes terrestres, par leurs préférences et exigences écologiques, occupent une grande diversité d'habitat. Les facteurs édaphiques, le pH, le calcaire, la matière organique et la texture des sols ont montré une influence sur la répartition, l'abondance des espèces dans les sites explorés.

L'analyse des organes génitaux des limaces échantillonnées a révélé une richesse de 6 espèces appartenant à 4 familles différentes, les Milacidae et les Limacidae avec deux espèces chacune, les Agriolimacidae et les Testacellidae avec une seule espèce chacune.

Mots clés : Malacofaune, Algérie, Escargots et limaces, Richesse spécifique, Habitat, Climat.

Abstract

In order to contribute to the knowledge of the biodiversity of terrestrial molluscs in Algeria, a qualitative inventory was carried out in several regions of Algeria. In a second phase, a qualitative and quantitative inventory is carried out in the regions of Algiers and Boumerdes, with the aim of studying the bio-ecology of these organisms. Sampling is carried out at 9 stations, at a frequency of one trip per month for each station, during the study period from January 2018 to December 2019. In order to identify the slugs collected, an analysis of the morphology of the genitalia is performed. Four sampling methods are used with sight hunting for large land snails, litter sifting for small specimens or by setting traps creating a micro habitat that serves as a daily refuge for nocturnal species. For freshwater species, a landing net was used.

Les résultats de l'inventaire qualitatif ont révélé la présence d'une liste systématique de 55 espèces, dont 45 espèces sont terrestres et 10 dulçaquicoles appartenant à 26 familles réparties en 42 genres. Les familles des Helicidae et des Geomitridae sont les plus riches avec 9 espèces chacune, suivies par les Planorbidae avec 5 espèces. L'étude bioécologique au niveau des régions d'Alger et de Boumerdes a permis de suivre 27 espèces d'escargot et limace terrestre appartenant à 14 familles différentes. Cette richesse fluctue d'une région à une autre, 22 espèces sont enregistrées dans la région d'Alger et 26 dans la région de Boumerdes. Les facteurs climatiques influent significativement l'abondance et la distribution des peuplements malacologiques. En effet, la saison la plus humide enregistre des taux plus élevés de nombre et de l'abondance des espèces. Les gastéropodes terrestres, par leurs préférences et exigences écologiques, occupent une grande diversité d'habitat. Les facteurs édaphiques, le pH, le calcaire, la matière organique et la texture des sols ont montré une influence sur la répartition, l'abondance des espèces dans les sites explorés.

The analysis of the genitalia of the sampled slugs revealed a richness of 6 species belonging to 4 different families, Milacidae and Limacidae with two species each, Agriolimacidae and Testacellidae with one species each.

Keywords: Malacofauna, Algeria, Snails and slugs, Species richness, Habitat, Climate.