



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ANIMALE ET VEGETALE

## THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Sciences Biologiques

OPTION : ECOLOGIE DES POPULATIONS ET DES PEUPELEMENTS

Présentée par :

Mme BOUAZIZ Ep. YAHIA TENE Houria

SUJET:

# Diversité et bioécologie des gastéropodes terrestres dans la région de Tizi-Ouzou.

Soutenue publiquement le / / devant le jury composé de :

Président :	Mr Lounaci Abdekader	Professeur	Univ. Tizi-Ouzou
Directrice de thèse :	Mme Medjdoub-Bensaad Ferroudja	Professeur	Univ. Tizi-Ouzou
Examineurs :	Mme Tafoughalt-Benbellil Saida	Professeur	Univ. Bejaia
	Mme Aouar-Sadli Malika	Maitre de conférences	Univ. Tizi-Ouzou
	Mr Mokabli Aissa	Professeur	Univ. Khemis Meliana
	Mr Soltani Nouredine	Professeur	Univ. Annaba

2016/2017

## REMERCIEMENTS

---

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements au professeur **MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja**, directrice de cette thèse. Il s'agit pour moi d'un immense honneur d'avoir effectué mon travail sous sa direction. Au cours de la réalisation de cette thèse elle a guidé avec attention et dévouement ce modeste travail de recherche. Elle a mis à ma disposition ses connaissances et sa riche expérience. Je la remercie aussi pour ses conseils, ses orientations, sa disponibilité, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour mon travail.

Mes remerciements les plus cordiaux à **Mr LOUNACI Abdelkader** professeur à l'Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour ses encouragements, l'intérêt qu'il a manifesté à mon travail et surtout de me faire l'honneur de présider le jury. Je le remercie infiniment.

Je suis très sensible à l'honneur que me fait **Mme AOUAR-SADLI Malika** maître de conférences à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'elle me fait en s'associant en tant que membre examinateur de cette thèse par sa très grande culture scientifique et ses connaissances en zoologie, elle rehausse ainsi la valeur de cette modeste recherche.

Ma reconnaissance et mes remerciements vont également à **Mr SOLTANI Norredine** Professeur à l'université d'ANNABA pour l'intérêt apporté à ce travail et de m'avoir donné de son précieux temps pour l'évaluation de cette thèse malgré ses lourdes tâches.

Mes cordiaux remerciements à **Mme TAFOUGHALT-BENBELLIL Saida** Professeur à l'université de Bejaia, d'avoir accepté de faire partie du jury, de lire et évaluer ce travail.

Mes remerciements à **Mr MOKABLI Aissa** Professeur à l'université de Khemis Meliana, d'avoir eu l'amabilité de me réserver de son précieux temps pour faire partie de ce jury de thèse et d'avoir accepté de lire et juger ce travail.

Je remercie bien vivement **Mr NEUBERT Eike**, professeur au museum d'histoire naturelle de Berne (Suisse) pour sa disponibilité, ses conseils, ses encouragements et pour son aide précieuse dans l'actualisation de l'identification des espèces de gastéropodes terrestres capturée durant mon expérimentation. Je ne le remercierai jamais assez pour sa générosité et son hospitalité. Comme je n'oublie pas de remercier l'équipe du museum d'histoire naturelle de Lyon principalement **AUDIBERT Cédric** pour son aide et sa gentillesse.

Ce travail n'aurait pas été possible sans la disponibilité et la bonne volonté de nombreuses personnes que je tiens à remercier du fond de mon cœur, sans lesquelles cette thèse n'aurait pas vu le jour

Mes remerciements vont également à tous mes étudiants que j'ai encadré dans cette thématique, chacun à apporté une petite touche pour faire avancer ce travail de recherche.

Merci pour tous ceux qui ont de près ou de loin participé soit sur le terrain ou au laboratoire à la réalisation de cette thèse.

Merci à ma famille, mon mari Yacine pour sa patience et son aide sur le terrain, mes enfants que j'ai souvent négligés pour pouvoir mener à terme ce travail. Mes chaleureux remerciements à ma douce mère pour sa disponibilité pour s'occuper de mes enfants quand c'est nécessaire, merci à mon père pour sa confiance et ses encouragements. Merci à ma famille et ma belle famille pour leur aide et leur compréhension,

**Mme BOUAZIZ-YAHIAATENE Houria**

*A mes adorables Enfants*

*Rayan, Meriem et Elias*

---

Figure 1 : Morphologie externe d'un gastéropode (Originale, 2016).....	7
Figure 2 : Disposition des dents sur la radula (Kim <i>et al</i> , 1989).....	7
Figure 3 : Tentacules des escargots (Originale, 2016) .....	8
Figure 4 : Pied d'un escargot (Originale, 2016).....	8
Figure 5 : Pneumostome de <i>Cornu aspersa maxima</i> (Originale, 2014).....	9
Figure 6 : Coquille d'escargot (Originale, 2014).....	10
Figure 7 : Système nerveux d'un escargot (Meglitsch, 1974).....	11
Figure 8 : Appareil génital de l'escargot de bourgogne (Boue et Chanton, 1958). .....	13
Figure 9 : Accouplement chez <i>Cornu aspersa maxima</i> (Originale, 2012).....	15
Figure 10 : Ponte chez <i>Eobanea vermiculata</i> (Originale, 2012).....	15
Figure 11 : Schéma de la flexion, de l'enroulement et de la torsion des gastéropodes (Grassé et Dounenc, 1998).....	16
Figure 12 : Stades de développement d'un escargot (Originale, 2016).....	18
Figure 13 : Différents habitats des escargots (Originale, 2016).....	19
Figure 14 : Localisation géographiques des 21 stations d'étude.....	28
Figure 15: Températures maximales, minimales et moyennes de la région de Tizi-Ouzou de 2010- 2015 (Office National de Météorologie, 2016).....	37
Figure 16: Précipitations mensuelles de la région de Tizi-Ouzou de 2011- 2015 (Office National de Météorologie, 2016).....	39
Figure 17 : Humidité mensuelles de la région de Tizi-Ouzou de 2011- 2016 (Office National de Météorologie, 2016).....	41
Figure 18 : Tronc d'un arbre utilisé comme piège pour les escargots (Originale, 2012)....	44
Figure 19 : Nomenclature de la coquille (Kerney et Cameron, 2006).....	46
Figure 20 : Méthode de décompte des tours de la spire (Kerney et Cameron, 2006).....	46
Figure 21 : Classification des textures pédologiques (Duchaufour, 1997).....	52
Figure 22 : Densité des familles d'escargots au niveau des stations de basses altitudes...	61
Figure 23 : Variations saisonnière de la densité des escargots terrestres au niveau des stations de basses altitudes.....	63

---

Figure 24 : Représentation graphique de la projection des variables selon l'ACP au niveau des stations de basses altitudes.....	73
Figure 25 : Densité des familles d'escargots au niveau des stations de moyenne altitude.	77
Figure 26 : Variation saisonnière de la densité des escargots terrestres au niveau des stations moyennes altitudes .....	79
Figures 27 : Représentation graphique de la projection des variables selon l'ACP au niveau des stations de moyennes altitudes.....	88
Figure 28 : Variation saisonnière de la densité des escargots terrestres au niveau des stations d'altitudes.....	92
Figure 29 : Densité des familles d'escargots au niveau des stations d'altitudes.....	94
Figure 30 : Représentation graphique de la projection des variables selon l'ACP au niveau des stations de basses altitudes.....	103
Figure 31 : Espèces ubiquistes stricto sensu.....	105
Figure 32 : Espèces ubiquistes descrecendo.....	105
Figure 33 : Espèces ubiquistes irrégulières.....	106
Figure 34 : Espèces caractéristiques de basses et moyennes altitudes.....	106
Figure 35 : Espèces caractéristiques de basses altitudes.....	107
Figure 36 : Espèces exclusivement d'altitude.....	107
Figure 37 : Arbre d'inférence bayésienne basé sur un ensemble concaténé de séquences (CO1 16S, H3, 28S, ITS2).....	108
Figure 38 : Arbre à maximum de vraisemblance basé sur les caractères étudiés (CO1 16S, H3, 28S, ITS2).....	108

---

Tableau 1 : Données géographiques des stations d'étude.....	29
Tableau 2 : Liste des paires d'amorces utilisées dans la PCR et le séquençage.....	49
Tableau 3: Interprétation des valeurs du pH (Baize, 1989).....	52
Tableau 4: Interprétation des valeurs du calcaire du sol (Baize, 2000).....	53
Tableau 5 : Interprétation du taux de matière organique du sol (Baize, 1989).....	53
Tableau 6 : Espèces des gastéropodes terrestres recensés au niveau des vingt une stations de Janvier 2011 à Septembre 2015.....	57
Tableau 7: Espèces des gastéropodes terrestres des stations de basse altitude.....	59
Tableau 8 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tigzirt.....	64
Tableau 9 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Drâa Ben Khedda.....	65
Tableau 10 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tizi-Ouzou.....	66
Tableau 11 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tala Toulmouts.....	67
Tableau 12 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Taboukert.....	68
Tableau 13 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tizi-Rached.....	69
Tableau 14 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tamda.....	70
Tableau 15 : Variations mensuelles de Shannon-Weaver des stations de basses altitudes.....	70
Tableau 16 : Variations saisonnières de Shannon-Weaver des stations de basses altitudes..	71
Tableau 17 : Variations s de l'indice d'équitabilité des stations de basses altitudes.....	72
Tableau 18 : Variations saisonnières de l'indice d'équitabilité des stations de basses altitudes.....	72
Tableau 19 : Caractères physicochimiques du sol des stations de basses altitudes.....	73
Tableau 21 : Espèces d'escargots terrestres des stations de moyennes altitudes.....	75

Tableau 22 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Makouda.....	80
Tableau 23 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ait El Kaid.....	81
Tableau 24 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tahchat.....	82
Tableau 25 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Boghni.....	82
Tableau 26 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Redjaouna.....	83
Tableau 27 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ait Boumahdi.....	84
Tableau 28 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station d'Azaghar de Ait Bouaddou.....	84
Tableau 29 : Variations mensuelles de Shannon-Weaver des stations de moyennes altitudes	85
Tableau 30 : Variations saisonnières de Shonnon-Weaver des stations de moyennes altitudes.....	86
Tableau 31 : Variations mensuelles de l'indice d'équitabilité des stations de moyennes altitudes.....	86
Tableau 32 : Variations saisonnières de l'indice d'équitabilité des stations de moyennes altitudes.....	87
Tableau 33 : Caractères physicochimiques du sol des stations de moyennes altitudes.....	87
Tableau 34 : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de moyennes altitudes.....	89
Tableau 35 : Espèces d'escargots terrestres des stations d'altitude.....	90
Tableau 36 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Boumehni.....	95
Tableau 38 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Beni Douala.....	96
Tableau 39 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Larbâa Nait Irathen.....	97

Tableau 40 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la de Ighil Bourmi.....	98
Tableau 41 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ait Houari.....	99
Tableau 42 : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tizi-Guefres.....	100
Tableau 43 : Variations mensuelles de Shannon-Weaver des stations d'altitudes.....	100
Tableau 44 : Variations saisonnières de Shonnon-Weaver des stations d'altitudes.....	101
Tableau 45 : Variations mensuelles de l'indice d'équitabilité des stations d'altitudes.....	101
Tableau 46 : Variations saisonnières de l'indice d'équitabilité des stations d'altitudes.....	102
Tableau 47 : Caractères physicochimiques du sol des stations d'altitudes.....	102
Tableau 48 : Corrélacion entre les paramètres physicochimiques des sols et la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations d'altitude.....	104

## Liste des figures

## Liste des tableaux

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
	5
<b>Chapitre I : Biologie et écologie des gastéropodes.....</b>	<b>5</b>
1. Généralités sur les gastéropodes.....	5
2. Position systématique.....	5
3. Classification des gastéropodes .....	5
3.1. Prosobranches.....	6
3.2. Opistobranches.....	6
3.3. Pulmonés.....	6
3.3.1. Stylommatophores.....	6
3.3.2. Basommatophores.....	6
4. Morphologie externe des gastéropodes.....	6
4.1. Tête.....	7
4.1.1. Radula.....	7
4.1.2. Tentacules.....	8
4.2. Pied.....	8
4.3. Masse viscérale.....	9
4.3.1. Manteau.....	9
4.3.2. Coquille.....	10
5. Anatomie interne des gastéropodes.....	10
5.1. Tégument.....	11
5.2. Système nerveux.....	11
5.3. Appareil digestif .....	11
5.4. Appareil respiratoire.....	12
5.5. Appareil circulatoire.....	12
5.6. Appareil excréteur.....	12
5.7. Appareil reproducteur et la reproduction.....	13
5.7.1. Accouplement.....	14
5.7.2. Ponte.....	15
5.7.3. Développement embryonnaire.....	16
5.7.3.1. Flexion endogastrique.....	16
5.7.3.2. Torsion.....	17
5.7.3.3. Enroulement.....	17
5.7.4. Incubation et éclosion.....	17
5.8. Croissance.....	18
6. Habitat des gastéropodes.....	19
7. Régime alimentaire.....	19
8. Rythme de vie des gastéropodes.....	20
8.1. Activité journalière.....	20
8.2. Activité saisonnière.....	20
8.2.1. Estivation.....	21
8.2.2. Hibernation.....	21
9. Influence des paramètres environnementaux sur les gastéropodes.....	21
9.1. Température.....	22
9.2. Humidité.....	22
9.3. Lumière.....	22

9.4.	Vent.....	22
9.5.	Nature du sol .....	23
10.	Prédateurs et parasites des gastéropodes terrestres.....	23
10.1.	Prédateurs.....	23
10.2.	Parasites.....	24
11.	Gastéropodes terrestres, intérêts et nuisances.....	24
11.1.	Escargot, bioindicateur de la qualité des sols.....	24
11.2.	Intérêt économique.....	25
11.3.	Gastéropodes terrestres biomarqueurs des relations homme-milieu et leur histoire .....	25
11.4.	Utilisation en médecine traditionnelle.....	25
11.5.	Nuisance des escargots et limaces.....	26
 <b>Chapitre II : Présentation de la zone d'étude .....</b>		<b>27</b>
1.	Présentation de Tizi-Ouzou .....	27
1.1.	Situation géographiques des stations d'étude.....	29
1.1.1.	Stations de basses altitudes .....	29
1.1.1.1.	Tigzirt (Feraoun).....	30
1.1.1.2.	Draa Ben Khedda (Ferme des Smail).....	30
1.1.1.3.	Tizi-Ouzou (M'douha).....	30
1.1.1.4.	Tala Toulmouts.....	31
1.1.1.5.	Taboukert.....	31
1.1.1.6.	Tizi-Rached (Takaats) .....	31
1.1.1.7.	Tamda.....	31
1.1.2.	Stations de moyennes altitudes .....	31
1.1.2.1.	Makouda (Takharoubtouveheri).....	31
1.1.2.2.	Ait El Kaid.....	32
1.1.2.3.	Tahchat (Ouacif) .....	32
1.1.2.4.	Thiniri (Boghni).....	32
1.1.2.5.	Radjaouna.....	32
1.1.2.6.	Ait Boumahdi.....	33
1.1.2.7.	Azaghar de Ait Bouaddou.....	33
1.1.3.	Stations d'altitudes.....	33
1.1.3.1.	Boumahni (Ain Zaouia).....	33
1.1.3.2.	Taguemount (Ouacif).....	34
1.1.3.3.	Beni douala.....	34
1.1.3.4.	Larbaa Nath Irathen .....	34
1.1.3.5.	Ighil Bourmi (Ait Bouaddou).....	34
1.1.3.6.	Ait Houari (Assi Youcef).....	35
1.1.3.7.	Tizi Guefres (Iferhounene) .....	35
1.2.	Caractéristiques climatiques.....	35
1.2.1.	Température.....	36
1.2.2.	Précipitations.....	38
1.2.3.	Humidité relative.....	40
1.2.4.	Vent.....	42
1.2.5.	Neige.....	42

<b>Chapitre III : Matériel et Méthodes</b> .....	43
1. Méthodes de prélèvement .....	43
1.1. Prélèvement direct ou à "vue" .....	43
1.2. Prélèvement par tamisage de la litière.....	43
1.3. Prélèvement par piégeage.....	44
2. Techniques d'étude.....	44
3. Identification morphologique des espèces .....	45
3.1. Forme de la coquille.....	46
3.2. Taille de la coquille.....	47
3.3. Ouverture de la marge de la coquille.....	47
3.4. Couleur et épaisseur de la coquille.....	47
3.5. Autres caractères morphologiques.....	48
4. Identification génétique des espèces.....	48
4.1. Extraction d'ADN, amplification et séquençage par PCR.....	49
4.2. Analyses phylogénétique.....	50
5. Conservation des échantillons.....	50
6. Inventaire floristique.....	50
7. Analyses physico-chimiques du sol.....	51
7.1. Analyse granulométrique.....	51
7.2. pH eau .....	52
7.3. Calcaire total.....	52
7.4. Dosage du carbone organique.....	53
8. Traitement des données.....	54
8.1. Indices écologiques de composition.....	54
8.1.1. Densité (D) .....	54
8.1.2. Abondance relative ( $A_{rel}$ ) .....	55
8.1.3. Fréquence d'occurrence (F) .....	55
8.2. Indices écologiques de structure.....	55
8.2.1. Indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ).....	55
8.2.2. Indice d'équitabilité (E).....	56
8.3. Analyse statistique.....	56
8.3.1. Analyse des composantes principales .....	56
8.3.2. Test de corrélation.....	56
<b>Chapitre III: Résultats et Interprétations</b> .....	57
1. Espèces des escargots terrestres recensés.....	57
2. Espèces des escargots terrestres des stations de basses altitudes.....	58
2.1. Distribution des familles des escargots terrestres.....	60
2.2. Variations saisonnières de la densité des escargots .....	62
2.3. Variation stationnelle de la densité, l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence .....	64
2.3.1. Station de Tizirt.....	64
2.3.2. Station de Drâa Ben Khadda.....	65
2.3.3. Station de Tizi-Ouzou.....	65

2.3.4.	Station de Talatoulmouts.....	66
2.3.5.	Station de Taboukert.....	67
2.3.6.	Station de Tizi-Rached.....	68
2.3.7.	Station de Tamda.....	89
2.4.	Variations de l'indice de Shannon-Weaver.....	70
2.5.	Variations de l'indice d'équitabilité.....	72
2.6.	Caractéristiques physicochimiques du sol.....	72
2.7.	Analyse des composantes principales.....	73
2.8.	Analyse des corrélations.....	74
3.	Espèces de gastéropodes terrestres des stations de moyenne altitude.....	75
3.1.	Distribution des Familles de gastéropodes terrestres.....	77
3.2.	Variation saisonnière de la densité des escargots.....	78
3.3.	Variation stationnelle de la densité, l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence....	80
3.3.1.	Station de Makouda.....	80
3.3.2.	Station de Ait El Kaid.....	81
3.3.3.	Station de Tahchat.....	82
3.3.4.	Station de Boghni.....	82
3.3.5.	Station de Redjaouna.....	83
3.3.6.	Station de Ait Boumahdi.....	83
3.3.7.	Station de Azaghar de Ait Bouaddou.....	84
3.4.	Variations de l'indice de Shannon-Weaver.....	85
3.5.	Variations de l'indice d'équitabilité.....	86
3.6.	Caractéristiques physicochimiques du sol.....	87
3.7.	Analyse des composantes principales.....	88
3.8.	Analyse des corrélations.....	89
4.	Espèces d'escargots terrestres des stations d'altitude.....	89
4.1.	Distribution des familles des escargots terrestres.....	91
4.2.	Variations saisonnières de la densité des escargots recensées.....	93
4.3.	Variation de la densité, l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence	95
4.3.1.	Station de Boumehni.....	95
4.3.2.	Station de Taguemount.....	95
4.3.3.	Station de Beni Douala.....	96
4.3.4.	Station de Larbâa Nait Irathen.....	96
4.3.5.	Station de IghilBourmi.....	97
4.3.6.	Station de Ait Houari.....	98
4.3.7.	Station de Tizi-Guefres.....	99
4.4.	Variations de l'indice de Shannon-Weaver.....	100
4.5.	Variations de l'indice d'équitabilité.....	101
4.6.	Caractéristiques physicochimiques du sol.....	102
4.7.	Analyse des composantes principales.....	103
4.8.	Analyse des corrélations.....	104
4.	Répartition des espèces en fonction de l'altitude.....	104
5.	Etude phylogénique du genre <i>Massylaea</i> .....	109
	<b>Chapitre IV : Discussion.....</b>	<b>110</b>
	<b>Conclusion.....</b>	<b>125</b>
	<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>129</b>
	<b>Annexe</b>	

# INTRODUCTION

L'embranchement des mollusques caractérisé par un corps mou et lisse, est le plus riche après celui des arthropodes avec 130 000 espèces, dont 40 000 sont fossiles, connues depuis le cambrien (Beaumont, 2006).

Il est à distinguer deux sous-embranchements les Conchifères et les Amphineures et sept classes qui sont les Gastéropodes, les Lamellibranches, les Céphalopodes, les Monoplacophores, les Aplacophores, les polyplacophores et les Scaphopodes (Jodra, 2004).

La classe la plus importante en nombre d'espèces est celle des gastéropodes qui regroupent les 3/4 des espèces de mollusques. Ils se distinguent par la disparition de la symétrie bilatérale au profit d'un enroulement hélicoïdal de la masse viscérale. Les gastéropodes peuvent être répartis en trois ordres, les Prosobranches, les Opisthobranches et les Pulmonés (Audibert et Bertrand, 2015).

A l'origine, les gastéropodes sont des organismes marins mais plusieurs groupes de cette classe ont subi un changement anatomique adaptatif permettant le passage d'une vie aquatique à une vie terrestre. Ils sont issus de clades de mollusques dotés de coquilles spiralées qui, associés à un plan d'organisation asymétrique du corps, ont conduit à la réduction, voire à la perte, des organes situés sur le côté interne droit de la spirale (Haszprunar, 1988 ; Ponder et Lindberg 1997 ; Barker 2001).

La caractéristique adaptative majeure responsable de la conquête des milieux non-marins (milieu terrestre et dulçaquicole) par les gastéropodes pulmonés, est la présence d'une cavité pulmonaire, similaire à la cavité palléale des mollusques marins, fermée et richement vascularisée (Ruthensteiner, 1997). L'air est échangé avec le milieu extérieur à travers le pneumostome, qui est considéré comme une apomorphie de ce groupe. En plus de sa fonction dans les échanges gazeux, la cavité pulmonaire peut servir de réserve d'eau, bien que les adaptations permettant aux gastéropodes terrestres de survivre en milieu aérien soient particulièrement d'ordre physiologique et comportemental.

L'ordre des stylommatophores regroupe plus de 95% des gastéropodes pulmonés dont les escargots et les limaces, répartis dans environ 90 familles et plus de 20000 espèces (Dayrat et Tillier, 2002). Il s'agit donc de l'un des groupes d'animaux les plus diversifiés et performant rencontrés au sein des écosystèmes terrestres, où il assure des fonctions écologiques essentielles (Barker, 2001).

Grace aux glandes à mucus qui lui permet d'avancer en glissant, l'escargot se déplace seulement vers l'avant, grâce à son pied, qui est un muscle reptateur. Les escargots

s'alimentent grâce à une radula, langue couverte d'aspérités dures, en rangées régulières, comme une râpe. L'alimentation varie, ils peuvent être phytophages, détritivores, nécrophages, prédateurs et parfois cannibales.

Les escargots terrestres ne sont actifs que lorsque l'humidité est suffisamment élevée. L'animal, pour éviter la déshydratation, se rétracte et obture sa coquille par un opercule, un voile muqueux ou un épiphragme. Ce qui se manifeste par deux phénomènes, l'hibernation et l'estivation qui sont des réponses au stress environnemental (Cassier *et al.*, 2004)

La majeure partie des gastéropodes terrestres est constituée de détritivores qui remplissent un rôle prépondérant dans le cycle des éléments nutritifs en facilitant la décomposition de la matière organique morte et le retour de la litière végétale au sol (Wolters and Ekschmitt, 1997). Les autres espèces se répartissent entre les phytophages qui s'alimentent sur des plantes vivantes, des champignons, des microorganismes et les prédateurs, dont les proies sont essentiellement d'autres gastéropodes ou des annélides (Barker, 2004).

Les escargots sont un élément important des réseaux trophiques. Ils ont de nombreux prédateurs tels que les insectes, les rongeurs, les mammifères et les oiseaux, mais aussi parfois d'autres escargots tels que le bulime tronqué (Laskowski et Hopkin, 1996).

D'après De Vaufleury et Gimbert (2007), l'escargot grâce à ses particularités physiologiques concentre dans ses tissus des substances polluantes, faisant ainsi partie des nombreux outils biologiques utilisés par les chercheurs afin de caractériser les pollutions du sol, d'identifier ou de prévoir les atteintes aux écosystèmes.

Dans les sociétés humaines, les gastéropodes terrestres jouent un rôle important comme source de nourriture, animaux de compagnie, sources de remèdes médicaux (Bonnemain, 2005; Ajadi *et al.*, 2013), outils, ornements, teinture, voire comme monnaie dans les échanges commerciaux (Barker 2001 ; Aktipis *et al.*, 2008).

Les mollusques continentaux sont souvent ignorés dans les études de milieux. Ce fait est généralement lié à une méconnaissance de ce groupe zoologique (Cucherat et Demuynck, 2008). Malgré leur grande diversité, leurs valeurs évolutives, géologiques, écologiques et économiques, la plupart des données sur les gastéropodes terrestres, issue d'études anciennes, sont assez mal connues tant d'un point de vue biologique que dans la répartition des espèces (Karas, 2009).

En Algérie, les travaux de Michaud et Terver au 18<sup>ème</sup> siècle sur les gastéropodes terrestres, peuvent être considérés comme fondateurs d'une malacologie continentale algérienne que

Bourguignat, Letourneux et Pallary ont enrichie quelques décennies plus tard (Audibert et Boyer, 2007).

En Algérie, la malacofaune n'est que partiellement révisée d'un point de vue taxonomique. Pour l'ensemble du pays, près de 1000 taxons nominaux ont été enregistrés dans la littérature durant les 200 dernières années (Neubert, données non publiées).

Selon Karas (2009), de nombreux enregistrements de mollusques dans les quelques études contemporaines utilisent une taxonomie ancienne et de nombreuses identifications sont erronées en raison d'une mauvaise application de noms. Pour cette raison, les données de distribution des anciennes études ne peuvent être utilisées que par un très petit nombre de spécialistes.

Les études récentes qui se sont intéressées à l'écologie de la malacofaune en Algérie ne sont pas nombreuses. Parmi elles nous pouvons citer celle réalisée dans la zone sud de la région de Tlemcen par Damerdji en 2008 et l'étude sur l'influence de la température et de la photopériode sur la reproduction et la croissance de *Born aperta* dans la région de Bejaia réalisée par Tafoughalt-Benbellil en 2010. Des travaux traitant de quelques espèces indicatrices de pollution ont été réalisés par Ourfella et Soltani en 2012 et par Douafer et Soltani en 2014 dans la région d'Annaba.

Après le travail de Letourneux en 1870, aucune autre étude malacologique complète n'a été menée en Kabylie, et seuls quelques taxons de la région ont été étudiés par certains auteurs récemment. La région de Tizi-Ouzou peut donc être considérée comme un champ d'exploitation vierge. Pour remédier à cela, l'étude qualitative et quantitative de diverses espèces d'escargots terrestres est en préparation afin de mettre à jour la taxonomie et de compléter l'inventaire de la Kabylie.

Ainsi, la présente étude a pour objectif principal la caractérisation de la malacofaune de la région de Kabylie (Tizi-Ouzou). Pour ce faire, nous avons effectué l'échantillonnage au niveau de 21 stations de différentes altitudes, pour lesquelles les caractéristiques climatiques, édaphiques ainsi que le cortège floristique sont étudiés.

Le présent travail traite de la biodiversité des gastéropodes terrestre de la région de Kabylie (Tizi-Ouzou) par l'élaboration d'une nouvelle liste d'espèces avec une confirmation de l'identification par une analyse génétique pour démêler la situation taxonomique peu claire en utilisant des résultats d'une analyse partielle séquences des gènes COI, 16S, H3, 28S et ITS2.

Le présent manuscrit est structuré en cinq chapitres dont le premier sera consacré à des caractéristiques biologiques, physiologiques ainsi que l'écologie des gastéropodes terrestres. Dans le second chapitre nous décrivons la région d'étude, les caractéristiques climatiques et géographiques ainsi que le cortège floristique des 21 stations choisies pour l'échantillonnage des escargots terrestres. Nous retracerons dans le troisième chapitre les techniques employées sur le terrain comme la mise en place des pièges à savoir la planche, l'approche directe ainsi que les appâts utilisés pour la capture des escargots. Nous citerons également les différents critères morphologiques de la coquille pour l'identification des différentes espèces ainsi que l'étude génétique effectuée sur le genre *Massylaea*.

Les résultats obtenus seront présentés dans le quatrième chapitre qui portera d'une part, sur la répartition altitudinale des gastéropodes terrestres ainsi que selon les différents types de sol. D'autre part, les résultats de l'étude génétique seront exposés. Le cinquième chapitre sera consacré à la discussion des résultats. Enfin, une conclusion accompagnée de perspectives clôturera la présente étude.

**CHAPITRE I**  
**BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE**  
**DES GASTÉROPODES**

### 1. Généralités sur les gastéropodes

Les gastéropodes (gaster=ventre, podos=pied) sont les animaux les plus évolués dans une classe établie par Cuvier en 1798, et forment le groupe le plus important dans l'embranchement des mollusques (Jodra, 2008).

Selon Maissiat et *al.* (2000), ce sont des mollusques présentant un corps mou, non segmenté, dépourvu d'appendice articulé. Le corps de cet animal se divise en trois parties : la tête, la masse viscérale et le pied.

D'après Levêque (2001), la classe des gastéropodes compte plus de 17000 espèces marines, dulcicoles et terrestres, dont la morphologie externe est assez uniforme, mais qui se distingue par les caractères de leur organisation interne, qui présente une dissymétrie remarquable.

Ces mollusques reproduisent le type fondamental dans ses grandes lignes, mais ils sont soumis au cours de leur organogenèse à des modifications anatomiques très profondes qui bouleversent les rapports anatomiques de leurs organes. Il s'agit, pour l'essentiel, de mouvement de flexion et de torsion auxquels s'ajoute un enroulement à droite (coquille dextre) ou à gauche (coquille senestre). Les mouvements de flexion et de torsion prennent place au cours de la métamorphose de la larve véligère (Maissiat et *al.*, 1998).

### 2. Position systématique

Kerney et Cameron(2006)rappellent queles escargots sont classés comme suit :

Règne..... Animal  
 Sous règne.....Métazoaires  
 Embranchement.....Mollusques  
 Classe.....Gastéropodes

### 3. Classification des gastéropodes

L'armature buccale et la radula fournissent des caractères d'un ordre élevé pour la classification des nombreuses espèces de ce groupe. La grande majorité possède des branchies, c'est d'après la disposition de ces organes que les zoologistes ont généralement établi les divisions nécessaires pour le groupement des divers types (Jodra, 2008).

D'après Maissiat et *al.* (1998), les gastéropodes se répartissent en trois groupes assez tranchés : les Prosobranches, les Opisthobranches et les pulmonés.

A l'origine, tous les gastéropodes étaient aquatiques et possédaient une coquille ainsi que des branchies. Au cours de l'évolution, une partie des gastéropodes ont perdu certaines de ces

caractéristiques. A ce titre, limaces et escargots au sens large font parties des gastéropodes terrestres, sont pulmonés et mènent une vie exclusivement terrestre (Heusser et Dupuy, 2011).

### **3.1. Prosobranches**

Les prosobranches sont des gastéropodes marins primitifs et bisexués. Chez les gastéropodes de ce groupe, la respiration s'effectue à l'aide d'une seule branchie qui est en avant du cœur de la cavité palléale. La masse viscérale subit une torsion de 180° au cours de développement. Les prosobranches possèdent une coquille bien développée (Grassé et Doumenc, 1998).

### **3.2. Opistobranches**

Les opistobranches sont caractérisés par la position de leur branchie qui est placée immédiatement en arrière du cœur.

### **3.3. Pulmonés**

Il est désigné sous le nom de pulmonés un certain nombre de gastéropodes, tels que l'escargot et la limace, qui se sont adaptés à la vie aérienne. Comme conséquence, la branchie n'existe pas, c'est l'apparition d'un poumon (organe respiratoire). Ils sont hermaphrodites, la plupart d'entre eux présentent une coquille enroulée, mais certains sont dépourvus de cette dernière (les limaces). Les pulmonés sont repartis en deux groupes les Stylommatophores et les Basommatophores (Jodra, 2008).

#### **3.3.1. Stylommatophores**

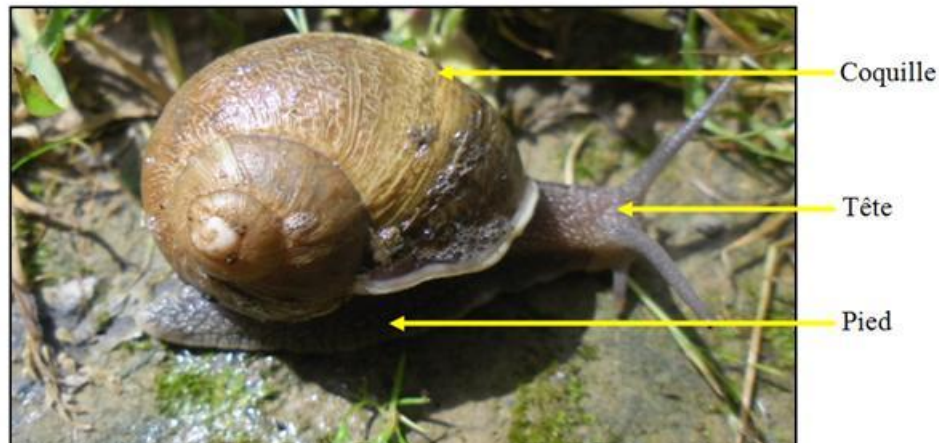
Les stylommatophores sont des pulmonés terrestres possédant deux paires de tentacules postérieures. Ainsi, les orifices mâles et femelles sont généralement confondus.

#### **3.3.2. Basommatophores**

Les basommatophores sont des pulmonés marins, possédant une seule paire de tentacules à la base de laquelle se trouvent les yeux et ils présentent une coquille extérieure. La plupart des Basommatophores conservent une respiration pulmonaire et viennent régulièrement en surface pour remplir leur poumon : limnées planorbes, physes (Beaumont et Cassier, 1998).

## **4. Morphologie externe des gastéropodes**

La morphologie externe des gastéropodes est toujours caractérisée par la présence de la tête, dupied et de la masse viscérale (Fig.1).



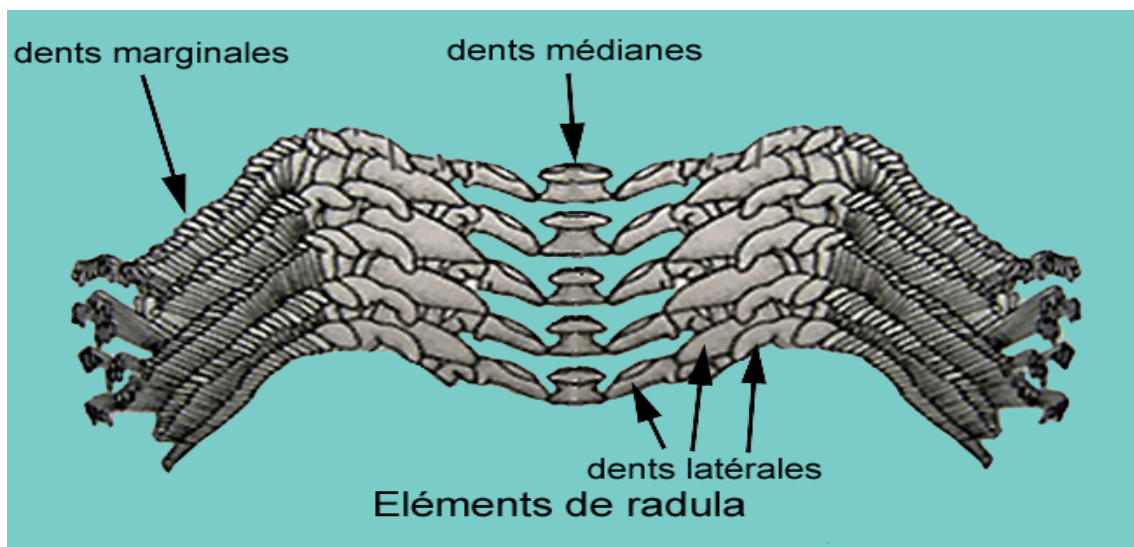
**Figure 1** : Morphologie externe d'un gastéropode (Originale, 2012)

#### 4.1. Tête

Germain (1930) rappelle que la tête est nettement distincte, principalement en dessous, où elle est séparée du pied par un sillon plus ou moins renflé. Elle porte des tentacules et montre en avant et en bas, une ouverture qui est la bouche.

##### 4.1.1. Radula

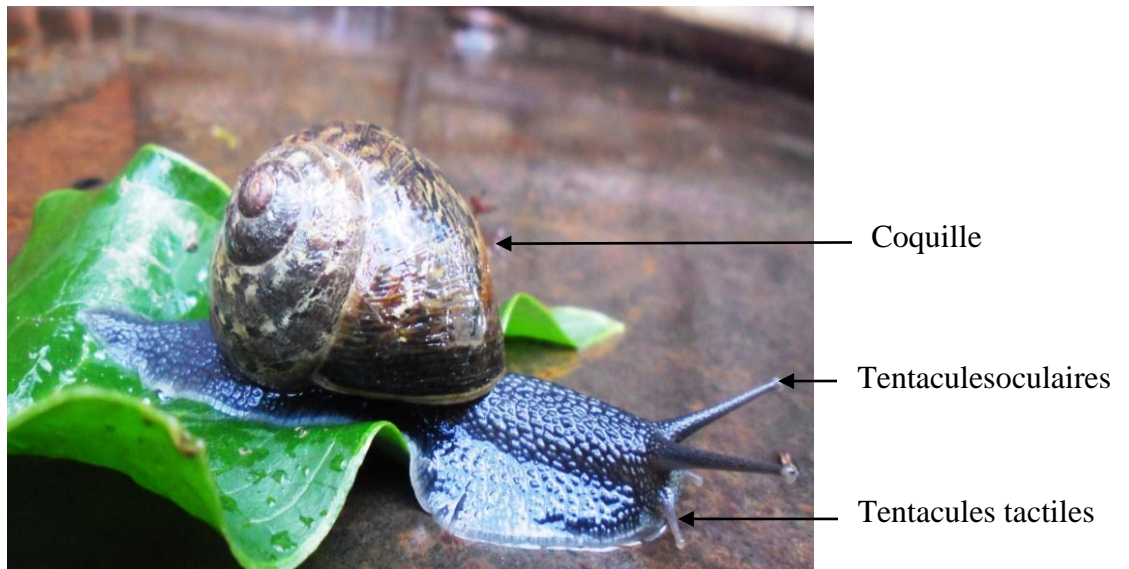
La radula est située au niveau de la face ventrale de la bouche et se présente sous la forme d'un ruban chitineux, portant plusieurs rangées transversales de petites dents sur la face dorsale. Chaque rangée comprend une dent centrale, de part et d'autre de laquelle sont disposées symétriquement des dents latérales et marginales, dont le nombre peut dépendre de l'âge de l'animal (Fig.2). La forme des dents et leur disposition ont une valeur systématique. La dent centrale est pourvue de deux cuspidés et les dents latérales de trois cuspidés principales (Levêque, 2001).



**Figure 2** : Disposition des dents sur la radula (Kim et al. ,1989)

### 4.1.2. Tentacules

Les gastéropodes possèdent deux ou quatre tentacules. Chez les pulmonés terrestres, ils sont creux rétractiles et invaginables en entier dans l'intérieur de la tête et presque toujours au nombre de quatre (Fig.3). Les tentacules antérieurs sont petits et renflés en bouton à leur extrémité, ils ont un rôle tactile. Les tentacules postérieurs sont les plus grands, également renflés au sommet, portent à leur extrémité un œil logé du côté externe et un organe olfactif (Germain, 1930).



**Figure 3 :** Tentacules des escargots (Originale, 2015)

### 4.2. Pied

Le pied est large et plat (Desire et Villeneuve, 1965), c'est une masse musculaire allongée, effilée postérieurement et en contact avec le sol. Selon Levêque (2001), le pied est un organe musculaire souvent bien développé qui sert à la locomotion (Fig.4).



**Figure 4 :** Pied d'un escargot (Originale, 2015)

### 4.3. Masse viscérale

La masse viscérale est recouverte d'une sorte de tunique musculaire, le manteau limitant en avant une chambre respiratoire. Son bord est libre, épais et glanduleux, il est soudé au tégument dorsal, mais en ménageant un orifice permettant à l'air de pénétrer dans la cavité respiratoire : c'est le pneumostome (Germain, 1930).

#### 4.3.1. Manteau

Le manteau est un épais repli du tégument dorsal qui crée la cavité palléale, qui recouvre la masse viscérale et qui produit la coquille. Dans la sous-classe des pulmonés, il subit de très notables modifications liées à l'existence, ou à l'absence d'une coquille interne ou externe. Dans les formes à coquille externe, sa disposition est telle qu'il déborde la base de la masse viscérale, notamment vers l'avant, où il produit sur les côtés au-dessus de la cavité respiratoire, le bourrelet palléal, par lequel la coquille s'agrandit et qui n'est interrompu, que par le pneumostome (Fig.5)(Heusser et Dupuy, 2011).

Une nouvelle disposition apparaît avec le déplacement du sac viscéral, qui se sépare de la coquille pour descendre dans le pied. Il en résulte que la coquille s'isole dans une poche coquillière plus ou moins déplacée vers l'avant, ou l'arrière. Cette poche concevant un orifice palléale. Donc la réduction de la coquille engendre une forte régression du manteau, et c'est la disposition de cette poche coquillière qui différencie les espèces de limaces (soit sur la portion postérieure du pied, la partie médiane ou encore juste au-dessous de la tête) (André, 1968).



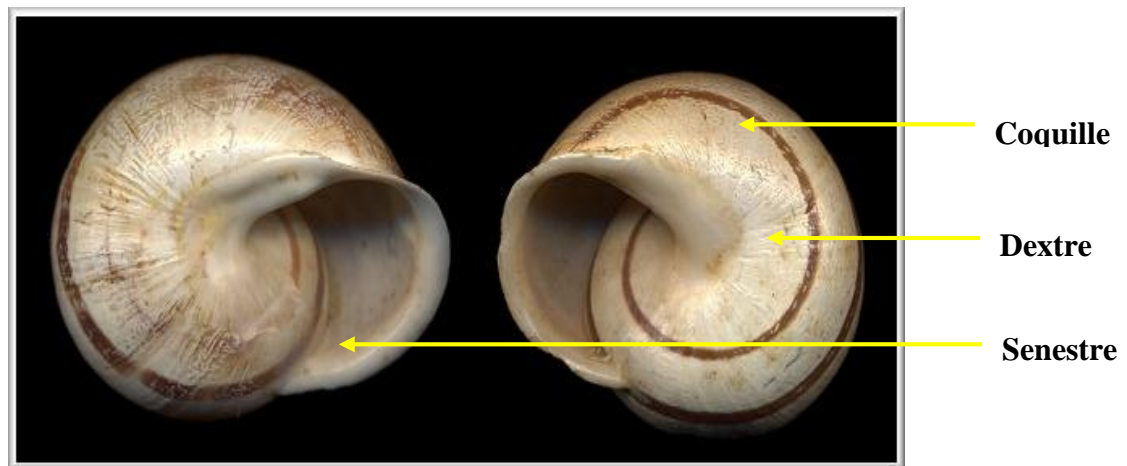
**Figure 5:** Pneumostome de *Cornu aspersum maxima* (Originale, 2015)

### 4.3.2. Coquille

La coquille d'un gastéropode typique peut être considérée comme un tube conique calcifié qui, au cours de la croissance s'enroule autour de l'axe. Chaque tour de cethélico-cône s'applique en général sur le tour précédent qui en déprime la paroi (Andre, 1968).

La coquille est un cône calcaire très allongé, enroulé en hélice ou en spirale autour d'un axe ou columelle, qui peut être plein ou creux et s'ouvre alors au voisinage du péristome par un ombilic. Cette coquille comporte plusieurs tours de spire accolés au niveau des sutures, s'élargissant du sommet à la base. Parfois les derniers tours ne sont pas contigus, la coquille est alors déroulée. L'ouverture de la coquille ou péristome est généralement placée sur le côté de l'animal. Elle est simple et tranchante ou présente un ourlet parfois épaissi en aspérités ou varices, qui donnent aux Gastéropodes une grande diversité morphologique (Beaumont et Cassier, 2004).

Selon Levêque (2001), la plupart des gastéropodes ont une coquille dextre, mais chez certaines espèces elle est senestre, enroulée dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (Fig.6). La coquille est un critère d'identification par sa couleur, sa taille et sa forme.



**Figure 6 :** Coquille d'escargot (Originale, 2013)

## 5. Anatomie interne des gastéropodes

L'anatomie interne des gastéropodes montre une dissymétrie tout à fait remarquable qui résulte des modifications que subit la masse viscérale au cours du développement (Boue et Chanton, 1971). Ces modifications résultent d'une flexion, d'un enroulement et d'une torsion qui affectent la région dorsale des embryons.

### 5.1. Tégument

Le tégument est formé par l'épiderme simple, caractérisé par l'abondance des glandes à mucus, et un derme à muscles lisses bien développés, notamment pour former les muscles de la reptation et le muscle columellaire. Celui-ci s'attache d'une part sur la columelle et d'autre part s'irradie dans la tête et le pied, permettant leur rétraction à l'extérieur de la coquille (Heusser et Dupuy, 2011)

### 5.2. Système nerveux

Le système nerveux des Gastéropodes se compose de trois sortes de ganglions : le ganglion cérébroïde situé au-dessus de l'œsophage est réuni par une courte commissure. Il innerve les yeux et les tentacules tactiles. Les ganglions pédieux réunis par une commissure et innervent le pied, sont placés sous l'œsophage et réunis aux cérébroïdes par deux connectifs, qui forment un premier collier œsophagien (Fig.7). Les ganglions viscéraux au nombre de 3 à 5 situés également sous l'œsophage et en arrière, sont reliés aux cérébroïdes par deux grands connectifs, formant un second collier œsophagien beaucoup plus long que le premier (Meglitsch, 1974).

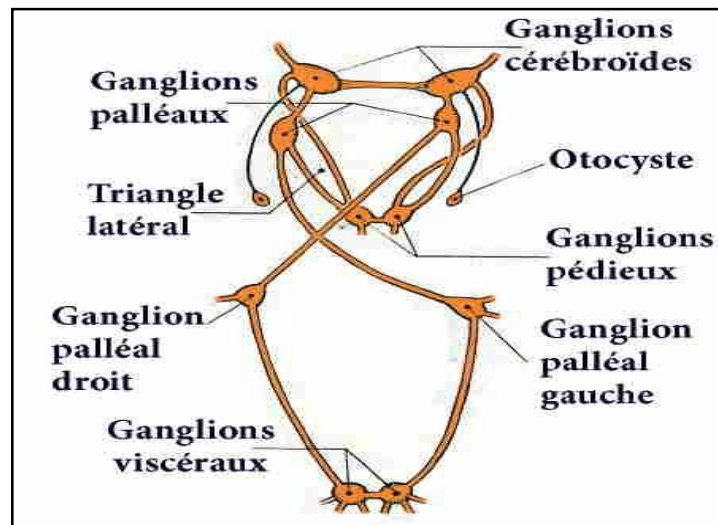


Figure 7 : Système nerveux d'un escargot (Meglitsch, 1974)

### 5.2. Appareil digestif

Selon Beaumont et Cassier (1998), chez les gastéropodes pulmonés, le tube digestif a la forme générale d'un U. La bouche et l'anus s'ouvrent hors de la coquille au voisinage l'un de l'autre. L'appareil digestif est de longueur très variable. Il est formé successivement d'un bulbe buccal renfermant une radula, sorte de râpe et une mâchoire et d'un œsophage en renflant en arrière pour former un jabot volumineux, suite à un estomac et un intestin enroulé dans l'hépatopancréas puis un rectum aboutissant à l'anus (Heusser et Dupuy, 1998).

Le tube digestif est un tube ouvert à ses deux extrémités par suite de la torsion et contournement en spirale de la masse viscérale (Jodra, 2008).

#### **5.4. Appareil respiratoire**

L'appareil respiratoire est constitué par la cavité palléale rempli d'air, celle-ci est transformé en poumon, elle ne communique avec l'extérieur que par le pneumostome (Boue et Chanton, 1971).

Le cycle respiratoire normal se compose de l'ouverture du pneumostome et de l'abaissement du plancher de la cavité palléale, afin d'attirer l'air et assurer la fermeture du pneumostome (Meglisch, 1974). Le relâchement de la musculature pariétale, alors que le pneumostome est fermé est responsable d'un soulèvement du plancher du poumon et d'une augmentation de la pression de la cavité pulmonaire (Heusser et Dupuy, 2011).

Les échanges gazeux ne se font bien, que si l'air de la cavité palléale est humide. Par temps sec, l'animal se rétracte dans sa coquille, ce qui diminue l'évaporation de la pellicule d'eau pulmonaire (Heusser et Dupuy, 2011).

#### **5.5. Appareil circulatoire**

L'appareil circulatoire est un système ouvert et comporte un cœur formé d'une oreillette et d'un ventricule, logé dans un péricarde. L'appareil circulatoire artériel de l'escargot comporte au départ du ventricule, une aorte commune extrêmement brève qui se dirige vers la masse hépatopancréatique, où elle se divise immédiatement en une aorte antérieure et une aorte postérieure (Beaumont et Cassier, 1998).

Le cœur assure la propulsion de l'hémolymphe dans l'artère aortique et les vaisseaux qui en sont issus. Le liquide circulant irrigue les divers organes, puis est déversé dans un système de sinus et retourne au cœur par des veines, après avoir subi une hématoxylose au niveau du poumon (Heusser et Dupuy, 1998).

#### **5.6. Appareil excréteur**

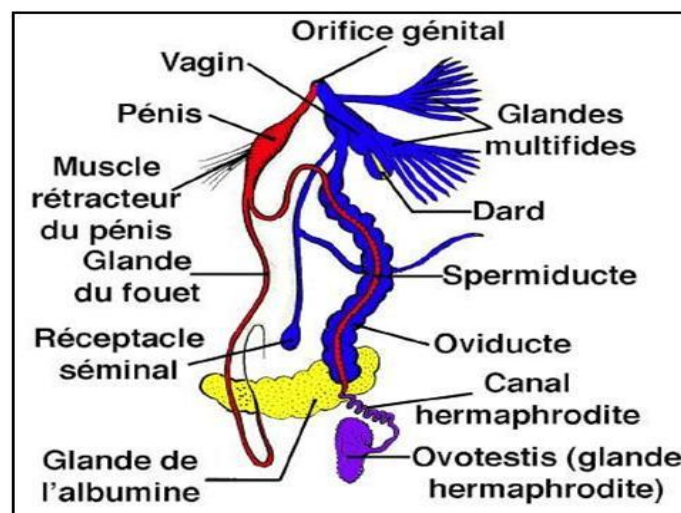
L'appareil excréteur des gastéropodes est asymétrique (André, 1968). L'enroulement de la masse viscérale a fait disparaître un rein, il ne subsiste qu'un appliqué contre le péricarde. Il débute dans cette cavité péricardique et le canal présente une paroi très plissée et glandulaire, richement irriguée par des sinus veineux. L'orifice excréteur est situé près de l'anus et le pneumostome (Grassé et Doumenc, 1995).

### 5.7. Appareil reproducteur et la reproduction

L'appareil génital est complexe (Fig. 8). Il comporte une portion hermaphrodite (ovotestis, canal hermaphrodite) débouchant sur un carrefour où s'ouvre la glande de l'albumine et d'où partent un spermiducte et un oviducte incomplètement séparés, une portion femelle qui communique avec la poche du dard et une portion mâle. Vagin et pénis s'ouvrent dans un vestibule génital commun muni d'un seul orifice. La reproduction fait intervenir un accouplement au cours duquel sont échangés les spermatozoïdes, assurant une fécondation croisée (Heusser et Dupuy, 1998).

Selon Grassé et Doumenc (1995), l'hermaphrodisme constant chez les pulmonés a pour corollaires l'absence de caractères sexuels secondaires. Il n'y a que la glande de l'albumine, la glande hermaphrodite et le conduit hermaphrodite qui sont des éléments constants dans l'appareil génital des gastéropodes pulmonés, alors que tout le reste des voies génitales (telle l'oviducte, le spermiducte) sont soit présents soit absents selon les espèces. Pour la glande hermaphrodite ou ovotestis, elle présente une grande variation de dimension et d'aspect, selon les espèces et les saisons. Elle est sous une forme multilobée compacte, ramifiée ou arborescente, et elle est le centre de la production des spermatozoïdes et des ovules. La glande de l'albumine est destinée à fournir aux œufs leur revêtement albumineux.

Selon Meglisch (1974), le conduit hermaphrodite est divisé longitudinalement en spermiducte et oviducte, puis il s'ouvre sur un pore génital voisin de l'entrée de la cavité palléale, sur le côté droit du corps, mais le pénis est assez éloigné du pore génital.



**Figure 8 :** Appareil génital de l'escargot de bourgogne (Boue et Chanton, 1958)

Les pulmonés sont hermaphrodites, mâle et femelle pour un même individu (Kerney et Cameron, 2006). Chez les pulmonés la gonade peut produire des ovocytes et du sperme pendant la majeure partie de la vie des adultes. La fécondation croisée est fréquente (Dreyfuss et Rondelaud, 2011). L'autofécondation n'étant pas possible.

Selon Salgueiro et Reyss (2002), chez les mollusques pulmonés (escargots) l'hermaphroditisme qui est simultanée (ou synchrone), peut être considéré comme une adaptation de la reproduction sexuée à certains modes, ou milieux de vie contraignants qui limitent le contact entre individus de la même espèce, le cas de vie en milieu terrestre pour des animaux sensibles à la déshydratation.

### **5.7.1. Accouplement**

Lors de l'accouplement, chaque individu transfère son sperme à l'autre. Aucun cas de reproduction asexuée n'est connu, mais quelques espèces sont capables d'autofécondation (Kerney et Cameron, 2006). Cependant, selon Gamlin et Vines (1996), cette stratégie est pénalisée par les risques de consanguinité.

Lors de l'accouplement, les deux escargots hermaphrodites effectuent une parade complexe qui prépare chaque escargot à introduire son pénis dans son partenaire (Fig.9). Au cours de la parade, ils se dressent et pressent l'un contre l'autre leur pied musculueux, entremêlent leurs tentacules et secrètent beaucoup de mucus.

D'après Boué et Chanton (1971), l'accouplement a lieu lorsque seuls les follicules testiculaires sont mûrs. Les spermatozoïdes sont agglutinés en spermatophores par la glande du fouet. L'escargot possède un dard calcaire qui sort d'une bourse génitale, la sortie est facilitée par un mucus spécial élaboré par les glandes multifides. Chacun des escargots cherche à piquer l'autre. Lorsque les escargots sont piqués le véritable accouplement commence (Cadart, 1955).

La fécondation des œufs se produit dans la région de la glande à albumen. Les spermatozoïdes peuvent demeurer vivants et fonctionnels pendant plusieurs années, cas observé chez *Cepea nemoralis* (Grassé et Doumenc, 1995). Les œufs, après fécondation interne, reçoivent leur revêtement d'albumine et se trouvent entourés de membranes (Meglitsch, 1974).



**Figure 9** : Accouplement chez *Cornu aspersa maxima*  
(Originale, 2012)

### 5.7.2. Ponte

L'intervalle entre l'accouplement et la ponte est variable. En conditions constantes de température et d'hygrométrie (20°C et 85%), la durée moyenne est de 10 à 15 jours, généralement une quinzaine de jours après l'accouplement (Kerney et Cameron, 2006).

Pour pondre, l'escargot creuse dans la terre ou le sable un nid (Fig.10), la ponte dure 12 à 48 heures (Pirame, 2003; Cobbinah et al., 2008). Le nombre d'œufs par ponte varie souvent entre 20 et 50 pour les grandes espèces, mais parfois jusqu'à 100 ou jusqu'à 120 (Pirame, 2003 ; Kerney et Cameron, 2006).

Elle aboutit à la mise de 80 à 140 œufs pour le petit-gris, parfois plus pour le gros-gris et de 30 à 60 œufs pour le bourgogne. Dans la nature, *Helix aspersa* peut pondre de 50 à 200 œufs (Cobbinah et al., 2008). Les œufs sont des perles sphériques d'un millimètre de diamètre, ils sont enroulés d'une coque résistante (Boué et chaton, 1971). Ils sont émis par l'orifice génital.



**Figure 10** : Ponte chez *Eobanevermiculata* (Originale, 2012)  
a : creusant son nid ; b : Œufs dans le nid.

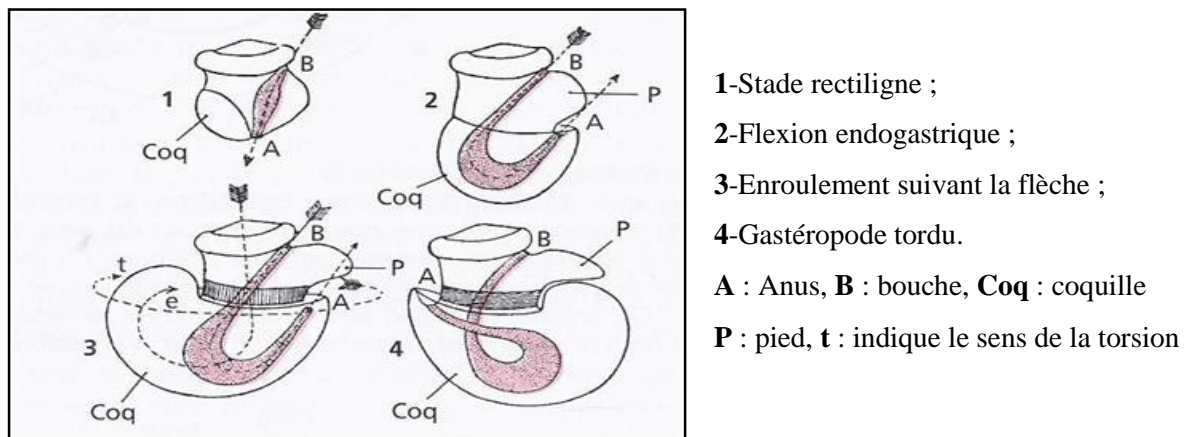
### 5.7.3. Développement embryonnaire

Les œufs sont généralement de taille réduite, avec peu de vitellus. La croissance de la larve qui s'effectue dans le sens postéro-antérieur chez les Annélides a lieu dans l'axe ventro-dorsal chez les mollusques (Maissiat, 1998).

Chez la plupart des mollusques, c'est une petite larve très différente de l'adulte. Toutefois, en relation avec le milieu de vie, certains mollusques présentent un développement direct comme chez l'escargot un jeune individu semblable à l'adulte est libéré à l'éclosion (Heusser et Dupuy, 1998).

Selon Grassé et Doumenc (1995), le développement aussi bien embryonnaire que post embryonnaire est fortement influencé par la température. Des hivers prolongés, ou de longues périodes de sécheresse peuvent même l'interrompre. Mais d'autres facteurs doivent être également considérés, telle la photopériode.

D'après Guyard(2010), les gastéropodes sont des animaux "tordus". Au cours de leur embryogenèse, ils subissent flexion et torsion, voire enroulement dans une coquille spiralée (Fig.11).



**Figure 11** : Schéma de la flexion, de l'enroulement et de la torsion des gastéropodes  
(Grassé et Doumenc, 1998)

#### 5.7.3.1. Flexion endogastrique

Le gastéropode subit une flexion en rapport avec l'inégalité de croissance de ses faces dorsale et ventrale. La dorsale forme une bosse dans laquelle pénètre l'intestin qui décrit une courbe en forme de U (Grassé et Doumenc, 1995), due à une flexion endogastrique du tube digestif par développement de la masse viscérale en hauteur dans le sens dorso-ventral ; rapprochant ainsi ses deux extrémités antérieure et postérieure, bouche et anus (Guyard, 2010).

### 5.7.3.2. Torsion

Au cours de son développement, la larve de gastéropode va subitement subir une torsion à 180 degrés, ramenant vers l'avant les organes respiratoires, plaçant à gauche les organes droits et à droite les organes de gauche. Les viscères qui sont initialement en forme de U, s'enrouleront (Cobbinah et *al.*, 2008). Il s'agit d'un tour dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (André, 1968). Le manteau est alors déjà formé et une large aire ciliée apparaît à l'extrémité antérieure de l'embryon. Le corps est incurvé, la tête et le pied faisant saillie hors du manteau. La bosse viscérale a déjà entamé son mouvement spiralé. L'ensemble de la masse viscérale effectue un virage à 180°, parfois en quelques minutes, parfois beaucoup plus lentement. Chez *Haliotis*, la torsion se fait en deux temps, à savoir un premier tour à 90°, rapide, puis un second, plus lent (Meglitsch, 1974). Ce phénomène de torsion (chez la Lymnée) correspond à une crise lente (André, 1968). Creek (1951 in André, 1968) a montré que *Pomatias elegans* dont les œufs sont chargés en vitellus voit sa torsion retardée jusqu'à ce que les embryons aient 3 semaines.

Les Pulmonés ont subi la torsion, car la cavité palléale est placée en avant ; mais leur système nerveux est concentré dans la tête (processus de céphalisation), et la chaîne nerveuse ventrale presque inexistante a échappé à la torsion. Il n'y a qu'un rein et qu'une oreillette placée en avant du ventricule (Guyard, 2010).

Avant la torsion, l'œsophage s'ouvre normalement dans l'estomac ; après, c'est par derrière qu'il rejoint l'estomac. Avant, la cavité palléale, renfermant les branchies et l'anus, est postérieure, mais après, elle devient antérieure (Meglitsch, 1974).

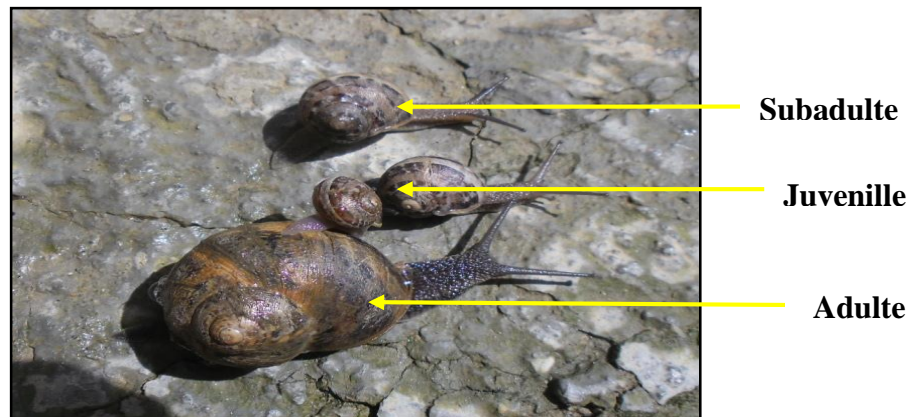
### 5.7.3.3. Enroulement

Selon Guyard (2010), chez les pulmonés la masse viscérale s'enroule en hélice sur le côté devenu droit après torsion. Cet enroulement en hélice s'effectue autour d'un axe oblique par rapport à l'axe de torsion ; il détermine l'atrophie du côté adjacent à cet axe, c'est-à-dire le côté devenu droit après la torsion. Les organes pairs de ce côté, comme l'oreillette, la branchie, le rein (primitivement gauches) sont atrophiés et disparaissent parfois. Cet enroulement est tout à fait indépendant de la torsion. Ces Gastéropodes ont perdu leurs branchies et leur cavité palléale est transformée en un poumon.

### 5.7.4. Incubation et éclosion

Après la ponte, dès les premiers jours d'incubation, l'embryon élabore une coquille protéique qui se calcifie au cours de son développement (Pirame, 2003).

La durée de l'incubation et de l'éclosion est comprise entre 15 et 30 jours suivant les conditions climatiques, les jeunes restent 2 à 5 jours avant de sortir à la surface pour se nourrir (Cobbinah et al., 2008). Leur poids est de 0,02 à 0,04 g (Cobbinah et al., 2008). L'éclosion de l'œuf donne directement un jeune escargot, il n'y a pas de larve trochophore (Boué et Chanton., 1971). Les jeunes sont très semblables aux adultes ; leur développement est directe, sans métamorphose ni mue (Fig.12) (Kerney et Cameron, 2006).



**Figure 12** : Stades de développement d'un escargot (Originale, 2015)

### 5.8. Croissance

La croissance de la coquille a lieu au niveau du bourrelet palléal et s'effectue en deux dimensions. D'une part par un allongement et un enroulement spiral autour de l'axe columellaire et d'autre part par un épaissement calcique. Selon leur date de naissance et la fréquence des conditions défavorables, les jeunes ne peuvent pas atteindre le stade « bordé » la première année de leur vie et subissent une première hibernation, induite par décroissance de la photophase. Cette première hibernation laisse une trace nettement marquée sous forme d'une première strie d'accroissement sur les coquilles. A la sortie d'hibernation, la croissance est immédiate et rapide (Bonnet et al., 1990).

L'âge de la première reproduction est très variable chez les escargots terrestres. Le climat et la température ont une grande importance sur l'âge de maturité sexuelle de l'escargot. Les espèces de grande taille semblent avoir une maturation relativement lente, puisque la maturité n'est parfois pas atteinte avant l'âge de 5 ans, ou même plus tard comme c'est le cas de *Monadenia fidelis beryllica* en captivité (Cobbinah et al., 2008). Par contre, chez les petites espèces comme *Vertigo*, plusieurs générations par an semblent se succéder. Chez les escargots, la maturité est marquée par un arrêt de la croissance et par la formation d'un épaissement autour du péristome. Chez les espèces ne présentant pas cet épaissement et chez les limaces, la taille et

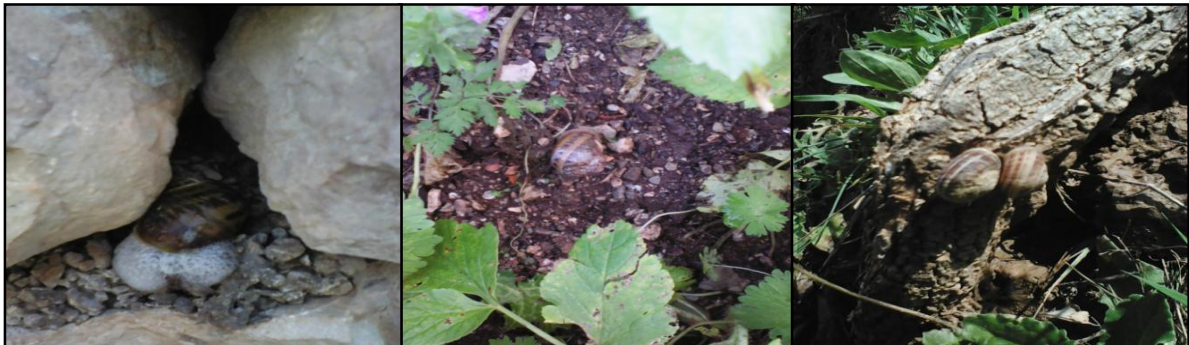
surtout l'observation de l'accouplement sont les indices de maturité sexuelle (Kerney et Cameron, 2006).

## 6. Habitat des gastéropodes

D'après Vernal et Leduc (2000), les gastéropodes sont particulièrement ubiquistes, puisqu'ils colonisent des milieux aquatiques marins (pélagiques ou benthiques, littoraux à océaniques), dulcicoles et terrestres. En milieu aquatique, ils occupent généralement les eaux peu profondes, mais quelques espèces sont présentes à des profondeurs atteignant 5000 ou 6000 mètres.

Les préférences ou exigences écologiques des gastéropodes terrestres sont très différentes d'une espèce à l'autre. Les forêts, constituent généralement des habitats très riches, abritant de nombreuses espèces pouvant également se rencontrer dans les jardins, haies ou friches. Les zones pelousaires ou rocailleuses accueillent également des espèces particulières et caractéristiques du milieu (Fig.13).

Les lieux favorables au développement de l'escargot sont constitués par les terrains humides qui s'égouttent facilement, par les terrains frais, meubles, non acides et fissurés. Le calcaire remplit ces conditions et joue en outre, un rôle très important dans l'édification de la coquille et l'opercule (Cobbinah et *al.*,2008).



**Figure 13 :** Différents habitats des escargots (Originale, 2016)

## 7. Régime alimentaire

L'alimentation des escargots varie selon l'espèce. Certains escargots sont phytophages, détritivores, d'autres nécrophages ou prédateurs, parfois cannibales. Les escargots peuvent s'attaquer aux plantes cultivées des jardins, causant parfois de gros dégâts aux récoltes. Les phytophages hébergent dans leur intestin une flore bactérienne qui participe à la digestion des végétaux. Ces bactéries se maintiennent en vie durant l'estivation ou l'hibernation, en se nourrissant du mucus qui est sécrété par l'épithélium intestinal (Vernal et Leduc, 2000 ; Cappuccio, 2011).

Les jeunes escargots préfèrent les feuilles et pousses tendres et mangent environ deux fois plus que les escargots adultes. A mesure qu'ils vieillissent, les escargots consomment plus de détritux : feuilles détachées, fruits pourris et humus (Cobbinah et *al.*, 2008).

## **8. Rythme de vie des gastéropodes**

Les escargots sont poïkilothermes, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent réguler leurs températures corporelles (Pirame, 2003). Chaque espèce exige pour sa croissance et sa reproduction un ensemble de conditions écologiques environnementales soumises aux variations saisonnières. D'après Yves et Cranga (1997), le pulmoné terrestre a le sang froid. Ne pouvant régler sa température, il lui a fallu s'adapter aux variations de températures et d'hygrométrie, passant perpétuellement par des phases d'activité et d'inactivité, vivant au rythme du jour et de la nuit, de la pluie et de jour ensoleillé et au rythme des saisons. Lorsqu'un facteur du milieu est défavorable (sécheresse en été, ou froid pendant l'hiver), la vitesse de croissance devient très faible ou s'annule (Cobbinah et *al.*, 2008).

### **8.1. Activité journalière**

Comme de nombreux invertébrés, les principales fonctions vitales des escargots sont très dépendantes des conditions d'environnement, notamment des cycles de jour et de nuit, de l'hygrométrie et de la température (Yves et Cranga, 1997).

Dans des conditions optimales de température et d'humidité ; le jour, les limaces et les escargots se cachent dans des lieux sombres et frais où les pertes en eau seront réduites et qui leurs servent d'abris contre les prédateurs (Kerney et Cameron, 2006). À la tombée du jour, l'activité nocturne des escargots est déclenchée par le coucher du soleil, se traduisant par leurs sorties des abris en quête de nourriture (Cobbinah et *al.*, 2008).

### **8.2. Activité saisonnière**

La succession des saisons est un facteur déterminant des activités de l'escargot, car ce dernier synchronise son rythme biologique au rythme de la saison et plus précisément avec la longueur du jour (Cobbinah et *al.*, 2008).

En cas de condition trop défavorable, les escargots peuvent se mettre en situation de survie et se rétracter dans leur coquille, en sécrétant parfois une membrane protectrice à l'ouverture de cette coquille. Il s'agit d'une période de vie ralentie appelée "estivation" en pays tropicaux, et "hibernation" pour les escargots européens, pour qui le froid est un facteur limitant très important (Codjia et Noumonvi, 2002).

#### **8.2.1. Estivation**

L'estivation est une adaptation physiologique qui permet de supporter la saison sèche (Pepin et *al.*, 1973). C'est un rythme de vie demi-ralenti d'été. On observe ce comportement dans des régions où l'été est particulièrement chaud et sec. L'animal se présente complètement rétracté à l'intérieur de sa coquille (operculé), dont l'ouverture est fermée par l'intermédiaire des matières muqueuses et calcaires secrétées par le mollusque lui-même. Durant l'estivation, la respiration et les mouvements cardiaques sont normaux, mais il y a diminution rapide des réserves d'eau et des réserves énergétiques (Cobbinah et *al.*, 2008).

### **8.2.2. Hibernation**

L'hibernation est considérée comme une réponse à une chute de température (Pepin et *al.*, 2003). A l'approche de la saison froide, les pulmonés s'engourdissent après s'être mis à l'abri, pour une durée variable qui est de 4 à 6 mois pour *Helix pomatia* (Grassé et Doumenc, 1995).

L'escargot se rétracte dans sa coquille. Il peut même s'isoler totalement de l'extérieur en produisant une pellicule qui obstruera l'ouverture de sa coquille (Stievenart et Hardouin, 1990). C'est un rythme de vie ralenti d'hiver. Durant la période hivernale, l'escargot entre en léthargie (Cobbinah et *al.*, 2008), la température du corps et le taux métabolique baissent rapidement et les rythmes cardiaques et respiratoires cessent presque complètement (Pepin et *al.*, 2003).

Selon Bellion (1909), chez l'escargot pendant l'hibernation, il y a diminution du poids, consommation des réserves et ralentissement des échanges respiratoires. L'absence de coquille chez les limaces est compensée par leur aptitude à s'enfoncer profondément dans le sol (jusqu'à 1m et plus), ou à pénétrer dans les fissures de rochers ou les souches pourries (Kerney et Cameron, 2006).

## **9. Influence des paramètres environnementaux sur les gastéropodes**

Certains facteurs environnementaux exercent une influence sur les escargots, les principaux paramètres sont la température, l'humidité, la lumière et le vent.

### **9.1. Température**

Les escargots sont des animaux poïkilothermes (sang froid), ils ne contrôlent pas leur température corporelle. Les fonctions physiologiques des escargots sont influencées par la température du milieu externe et même altérées si les conditions de vie deviennent défavorables (Stievenart et Hardouin, 1990).

### **9.2. Humidité**

Selon Stievenant et Hardouin(1990), les escargots préfèrent un taux élevé d'humidité de l'air (de 80 à 90%), ils sont d'ailleurs actifs durant les périodes humides du jour et pendant la nuit. En dehors de ces périodes humides, ils s'abritent sous la végétation naturelle ou sous des matériaux disposés pour jouer les mêmes rôles.

### 9.3. Lumière

Aubert (1998) affirme que l'activité de l'escargot se déroule essentiellement au cours de la nuit, la lumière joue un rôle primordial sur ses fonctions reproductrices et sa croissance, elle se caractérise par trois paramètres :

- Temporel (la durée de l'éclairement), les photopériodes longues de 16 à 18 heures par jour favorisent la reproduction et les photopériodes moyennes de 12 à 16 heures par jour favorisent la croissance des jeunes.

-Quantitatif (la valeur de l'intensité lumineuse), des intensités de 60 à 100 lux favorisent la reproduction, alors que celles de 60 lux sont suffisantes pour la croissance des jeunes.

-Qualitatif (la longueur d'onde utilisée, la couleur), la lumière chronique rouge stimule la capacité de la reproduction en favorisant la fécondité et la ponte. La lumière rouge est la plus favorable au cours des quatre premières semaines de croissance, s'ensuit la lumière blanche pour le reste des semaines de croissance.

### 9.4. Vent

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

Le vent accélère la déshydratation des escargots (Cobbinah et *al.*, 2008). Un vent violent active l'évaporation, refroidit la peau du gastéropode et le déshydrate. C'est ainsi qu'un vent très fort peut provoquer en augmentant le pouvoir desséchant de l'air, de petites estivations temporaires. Un vent léger, aide et apporte les senteurs des plantes à l'escargot. Néanmoins ce dernier, toujours humide ne tolère qu'un vent très léger. Il se met dans un refuge le plus abrité possible du vent et oriente son ouverture de préférence au sud, ou à l'ouest. De plus, le vent a été signalé comme favorisant la dispersion des petites espèces. D'une manière générale, les densités sont plus élevées dans les milieux ouverts (Damerdji et Benyoucef, 2006).

### 9.5. Nature du sol

Le contact avec la terre semble indispensable à la bonne croissance des escargots. Cette terre leur apportera du carbonate de calcium, d'autres sels minéraux, notamment du magnésium,

ainsi que diverses substances présentes dans la matière organique, dont peut-être les facteurs de stimulation de la croissance (Stievenart et Hardouin, 1990). Certains petits escargots sont typiquement édaphiques et peuvent se rencontrer dans les sols poreux et de préférence calcaires (Bachelier, 1973). Etant donné que la terre constitue aussi un refuge où l'escargot s'enfouit lorsqu'il fait trop chaud ou trop sec, elle devra être légère, suffisamment drainée pour ne pas se compacter et permettre à la fois, aux géniteurs d'enfouir leurs œufs et aux jeunes de s'en dégager une fois éclos (Stievenart et Hardouin, 1990).

## **10. Prédateurs et parasites des gastéropodes terrestres**

L'escargot est la proie de nombreux animaux vertébrés, invertébrés, insectivores ou omnivores. Il n'existe pas d'animaux strictement malacophages (Pirame, 2003). De même, ils peuvent héberger des vers parasites, pour lesquels ils se comportent comme des hôtes intermédiaires.

### **10.1. Prédateurs**

Les escargots sont un élément important des réseaux trophiques (Cappuccio, 2011). Parmi les prédateurs les mieux connus, figurent les grives, qui consomment en général les grandes espèces. Les rats et les musaraignes, les grenouilles, les crapauds et les corbeaux, ainsi que les oiseaux domestiques comme les canards et les dindes, les lézards et serpents, les coléoptères Drilidae et Carabidae, les mille pattes et Centipèdes sont tous, des prédateurs d'escargots et limaces. Les grenouilles cherchent uniquement à attraper les jeunes escargots, alors que les reptiles mangent des escargots de tout âge et même les œufs (Stievenart et Hardouin, 1990).

L'homme constitue également un grand danger pour les escargots vivant dans la nature. Il détruit volontairement leurs populations de par la consommation qu'il en fait, mais aussi involontairement et dans une proportion beaucoup plus importante, par la destruction des biotopes et l'emploi de pesticides (Pirame, 2003).

### **10.2. Parasites**

Certains parasites vont se développer à l'intérieur de l'animal, d'autres vont utiliser l'escargot comme hôte. Parmi les plus grands parasites des escargots les acariens et les helminthes. Un acarien, *Riccardoella limacum*, a été reconnu depuis longtemps comme parasite des gastéropodes terrestres. Il vit à la surface de l'escargot et on le rencontre parfois en grand nombre au niveau du pneumostome, à l'intérieur du poumon.

Les escargots et leurs œufs sont également parasités par des Diptères, dont la larve se développe dans le corps des animaux et peut tuer son hôte (Kerney et Cameron, 2006).

## **11. Gastéropodes terrestres, intérêts et nuisances**

Les escargots des milieux forestiers jouent un important rôle écologique car ils consomment la végétation vivante ou pourrissante, font un travail de décomposeurs et sont la proie de divers prédateurs vertébrés et invertébrés. Ils sont aussi de grande importance pour l'homme, mais aussi ils ont une insignifiante nuisance.

### **11.1. Escargot, bioindicateur de la qualité des sols**

Le sol est une ressource essentielle pour les sociétés humaines et les écosystèmes qu'il convient de protéger, compte tenu des dégradations croissantes liées notamment à la croissance démographique (besoins alimentaires, besoins de logements et d'infrastructures) ou aux pollutions (ponctuelles ou d'origine atmosphérique) (De Vaufleury, 2012).

Selon Gimbert (2006), l'utilisation des invertébrés pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes a une longue histoire dans les milieux aquatiques et terrestres, et récemment on s'intéresse en milieux terrestres, à la faune du sol et notamment aux escargots qui sont reconnus comme des indicateurs écologiques pertinents. Les escargots sont des macro-invertébrés vivant à l'interface sol-plantes-air. Ils peuvent présenter des densités importantes, ces mollusques gastéropodes sont phytophages, détritivores et se déplacent sur, pondent dans et ingèrent du sol. Ils intègrent donc, de multiples sources et voies de contamination. Les escargots participent aux échanges avec le sol et sont des proies pour de nombreux consommateurs (invertébrés ou vertébrés) (De Vaufleury, 2012).

Les gastéropodes sont connus pour leur grande capacité d'accumulation des Éléments Traces Métalliques (ETM) les plus fréquents, à savoir le cadmium, le Cuivre, le Plomb et le Zinc. Cette propriété a été mise à profit pour utiliser les escargots comme bioindicateur de pollutions, par les ETM.

### **11.2. Intérêt économique**

Selon Aubert(1998), les escargots ont été la base de l'alimentation de l'homme préhistorique qui vivait de la cueillette. La chair de l'escargot fort appréciée chez les Grecs et les Romains continue à l'être de nos jours.

Selon Karamoko et ses collaborateurs (2011), l'escargot constitue un aliment fortement apprécié pour sa chair tendre savoureuse, et très riche en acides aminés, en sels minéraux et particulièrement en fer, ??? manque quelque chose présente une source alternative de protéines animales. La forte pression de ramassage de ces animaux, du fait de la demande croissante pour la consommation, ainsi que la destruction de leur biotope par l'homme et les ennemis naturels

sont autant de facteurs, qui réduisent les stocks d'escargots en milieu naturel. Face à cette situation, leur élevage apparaît nécessaire, d'une part pour compenser les déficits saisonniers d'escargots, et d'autre part pour assurer la pérennité des espèces.

Il existe plusieurs produits dérivés des escargots comme la farine d'escargot. Les coquilles sont souvent citées comme pouvant être une source de revenus complémentaire de l'héliciculture, en étant vendue par exemple à des magasins de souvenirs. Les brisures de coquille peuvent aussi être transformées dans les aliments pour volaille, ou utilisées pour le chaulage en vue d'améliorer la qualité des sols acides (dans les bassins de pisciculture). De même, la chair fraîche d'escargot peut être transformée de différentes façons, pour le stockage ou la vente (Codjiaet *al.*, 2000 ; Cobbinah et *al.*, 2008).

### **11.3. Gastéropodes terrestres biomarqueurs des relations homme-milieu et leur histoire**

Selon Magnin et *al.* (2006), pour pouvoir reconstituer une image plus ou moins précise des paysages anciens et de leur évolution, et notamment en ce qui concerne leur structure et leurs modes de gestion, au même titre que la géomorphologie (souvent en complément de celle-ci), l'étude des gastéropodes terrestres contenus dans les sédiments anciens, ou dans les sols actuels paraît constituer un bon outil pour une approche diachronique de l'évolution des paysages, en fonction des pratiques humaines et pour une approche spatiale à différentes échelles.

#### **11.4. Utilisation en médecine traditionnelle**

Les escargots comestibles occupent aussi une place importante dans la médecine populaire. Chez les enfants en bas âge présentant des symptômes d'infection respiratoire, il est recommandé d'utiliser des escargots qui sont à cuire dans de l'huile d'Argan (Radi, 2003).

Au Ghana, on attribue une vertu spécifique au liquide bleuâtre restant dans la coquille une fois la chair extraite : celle de favoriser le développement du nourrisson. La forte teneur en fer de la chair fait partie des remèdes efficaces dans le traitement de l'anémie. Autrefois, on la recommandait pour combattre les ulcères et les asthmes (Cobbinah et *al.*, 2008).

Les mêmes auteurs signalent qu'une étude récente a démontré que les substances glandulaires présentes dans la chair d'escargot comestible, provoquent l'agglutination de certaines bactéries, phénomène pouvant permettre de combattre toute une variété de maladies, dont la coqueluche.

#### **10.5. Nuisance des escargots et limaces**

Les escargots et limaces sont de sérieux prédateurs de maraichage. Connus pour leurs attaques sur les feuilles tendres, les jeunes pousses, les herbes et les champignons, ils peuvent causer d'importants dégâts dans les jardins et dans les champs de céréales au moment des semis. Ils causent des dégâts relativement importants, même lorsque la plante n'est pas entièrement consommée, car les perturbations causées par les morsures provoquent des arrêts de l'activité chlorophyllienne et la mort des végétaux. Selon Kerney et Cameron (2006), beaucoup d'espèces nuisibles sont des limaces, mais quelques espèces d'escargots peuvent l'être également contre ces espèces, et leur contrôle est très difficile.

**CHAPITRE II**  
**PRÉSENTATION DE LA**  
**ZONE D'ÉTUDE**

Les conditions physiques du milieu, la nature et les propriétés physico-chimiques du sol ainsi que la végétation herbacée ou arbustive qui s'y trouvent, constituent les causes réelles de l'équilibre entre les divers habitats et les peuplements qu'ils renferment, notamment celui des gastéropodes. De ce fait, le choix des habitats dépend en grande partie des facteurs abiotiques, auxquels il convient d'associer certains paramètres biotiques comme la taille des individus, la prédation, les rythmes d'activité saisonniers, la reproduction, etc...

Le but de la présente étude est de caractériser la diversité des gastéropodes terrestres de la région de Tizi-Ouzou et ce en fonction d'une répartition horizontale et verticale suivant un transect de la mer à la montagne.

### **1. Présentation de la région de Tizi-Ouzou**

La région de Tizi-Ouzou est située au nord de l'Algérie. D'une superficie de 2.957,93 Km<sup>2</sup> et de coordonnées Lambert de 36°72' de latitude nord et 4.05 de longitude Est, la wilaya de Tizi-Ouzou présente un relief relativement accidenté, décrivant des zones de montagne allant jusqu'à plus de 2000m d'altitude (Col de Lala Khedidja). Cette wilaya est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Bouira, à l'Est par la wilaya de Bejaia et à l'Ouest par la wilaya de Boumerdes. C'est un relief accidenté très contrasté du massif tellien où l'on passe de la plaine de Sébaou à la montagne du Djurdjura avec des chaînes côtières qui s'étendent de Mizrana à Dellys.

Cette étude sur la diversité des gastéropodes terrestres est réalisée dans 21 stations situées dans la wilaya de Tizi-Ouzou (Fig. 14). Ces sites de prospection sont choisis en fonction de l'accessibilité, de l'altitude et du type de végétations.

La situation géographique, l'altitude, les facteurs climatiques et édaphiques ainsi que le cortège floristique des différents sites d'échantillonnages sont étudiés. Ces stations sont groupées en un ensemble de 7 pour une catégorie d'altitude. De 0 à 370m est considéré comme basse altitude, de 400 à 750m c'est la moyenne altitude et au-delà de 750m c'est la haute altitude.



### 1.1. Situation géographique des stations d'étude

Durant ce travail, un échantillonnage des escargots est réalisé sur 7 stations de basses altitudes, 7 stations de moyennes altitudes et 7 stations d'altitudes (Tab. 1).

**Tableau 1** : Caractéristiques stationnelles des sites d'étude.

	N°	Station	Altitude (m)	Pente (%)	Exposition
<b>BA</b>	<b>S1</b>	Tigzirt (Plage Féraoun)	31	10	N
	<b>S2</b>	Draa Ben Khedda (Domaine des Smail)	100	5	NO
	<b>S3</b>	Tala Toulmouts	154	0	N
	<b>S4</b>	Tizi-Ouzou (M'Douha)	200	15	NE
	<b>S5</b>	Taboukert	250	5	N
	<b>S6</b>	Tizi-Rached	300	20	N
	<b>S7</b>	Tamda	370	20	NO
<b>MA</b>	<b>S8</b>	Makouda (Takharoubt ouveheri)	390	25	SO
	<b>S9</b>	El Kaid	400	15	NE
	<b>S10</b>	Tahchat (Ouacif)	400	10	SO
	<b>S11</b>	Thiniri (Boghni)	450	10	SO
	<b>S12</b>	Radjaouna	600	25	SE
	<b>S13</b>	Ait Boumahdi	600	15	NE
	<b>S14</b>	Azaghar d'Ait Bouaddou	650	30	NO
<b>A</b>	<b>S15</b>	Boumehni	750	25	SO
	<b>S16</b>	Taguemount (Ouacif)	800	12	SO
	<b>S17</b>	Taguemount Oukerrouche (Beni Douala)	850	35	NO
	<b>S18</b>	Larbaa Nath Irathen	900	40	NE
	<b>S19</b>	Ighil Bourmi (Ait Bouaddou)	950	10	NE
	<b>S 20</b>	Ait Houari (Assi Youcef)	1000	25	NO
	<b>S21</b>	Tizi Guefres (Iferhounene)	1100	15	NE

Avec : BA : Basse Altitude ; MA : Moyenne Altitude ; A : Altitude.

#### 1.1.1. Stations de basses altitudes

Un échantillonnage des gastropodes (escargots) est réalisé sur différentes stations de basses altitudes, regroupant Tigzirt, Draa Ben Khedda, Tizi-Ouzou, Tala Toulmouts, Taboukert, Tizi-Rached et Tamda.

### 1.1.1.1. Tizirt (Feraoun)

Tizirt est une ville côtière de Kabylie. Ses coordonnées géographiques sont 36.89° de latitude Nord et 4.12° de longitude Est. La commune de Tizirt d'une superficie de 45 Km<sup>2</sup> est limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la commune d'Iflissen, à l'Ouest par la commune de Mizrana et enfin au Sud par la commune de Makouda, Boudjima et celle de Timizart. La présente étude a été réalisée sur un terrain situé à Féraoun à une altitude de 31m. Cette station est caractérisée par la présence d'une végétation constituée de plantes herbacées comme *Blakstonia perfoliata*, d'arbustes comme *Cistus monopeliensis*, *Plantago crasifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis* et *Phillyrea angustifolia* et une seule espèce arborescente *Pinus pinaster*.

### 1.1.1.2. Draa Ben Khedda (Ferme des Smail)

Drâa Ben Khedda située à 13 Km à L'Ouest du chef-lieu de la wilaya. La station d'étude est la ferme des Smail à 100m d'altitude caractérisée par une végétation herbacée abondante et très diversifiée comme *Polycarpon tetraphyllum*, *Chryanthemum myconis*, *Lolium multiflorum*, *Salix sp.*, *Sglymus hispanicus*, *Galactices tomentosa*, *Centaureum pulchellum*, *Picris echioides*, *Euphorbia sp.*, *Cynolon doctylon*, *Bupleurum sp.*, *Sinapis sp.*, *Chenopodium album*, *Avena sterilis*, *Sonchus asper*, *Torlis arvensis*, *Lavatera sp.*, *Cynodon dactylon*, *Polygonum sp.* et *Erigeron canadensis*. *Chamaerops humilis*, *Ficus carica*, *Olea europea* et *Citrus sinensis* sont les arbres de ce site.

### 1.1.1.3. Tizi-Ouzou (M'Douha)

La station de M'Douha est située à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou à une altitude de 200m. Ses coordonnées géographiques sont 36.72° latitude Nord et 4.05 longitude Est.

Le site échantillonné est caractérisé par de la végétation herbacée : *Galactites tomentosa* et *Galium aparine*, *Arum maculatum*, *Carduus nataus*, *Cersium acaule*, *Lotus corniculatus* et *Trifolium campestre*. Les arbres sont *Pinus thumbergii* et *Eriobotrya japonica*.

### 1.1.1.4. Tala Toulmouts

Tala Toulmouts est située à 10 Km à l'Est de Tizi-Ouzou, à une altitude de 250m. Les espèces végétales arboricoles observées sont *O. europea*, *Eucalyptus globulus*, *Populus tremula*. Alors que la strate herbacée est composée de *Cichorium intybus*, *Anagalis arvensis* et *Convolvulus althaeoides*.

### 1.1.1.5. Taboukert

Taboukert est située à 5 Km au Nord de Tizi-Rached à une altitude de 250m. Cette station est caractérisée par une strate herbacée composée d'*Arum italicum*, *Heliotropium europaeum*, *Mentha rotun*, *Setaria sp.*, *Chenopodium album*, *Scolymus maculatus*, *Scleropoa rigida*, *Caryophyllum tetraphyllum* et *Oxalis pes-caprae*. La strate arborescente est composée essentiellement de *F.carica*, *Salix babylonica* et *O.europea*.

### 1.1.1.6. Tizi-Rached (Takaats)

Tizi-Rached est située dans la vallée de haut Sébaou dans sa rive droite (36°41'N et 4°11'E). Elle est délimitée au Nord, par la route nationale N°12, à l'Est par les communes de Mekla et d'Aït Oumalou, au Sud par les communes de Larbaâ Nath Irathen et d'Irdjen et à l'Ouest, par la commune de Tizi Ouzou. La station d'étude de cette région est située à 300m d'altitude avec une exposition Nord-Ouest et est caractérisée par une strate herbacée constituée essentiellement de *Oxalis pes-caprae* et un seul type d'arbre : *O.europea*.

### 1.1.1.7. Tamda

Tamda est un village de Ouaguenoun situé sur la route de Freha qui longe la rive droite du Sebaou dans la vallée du même nom. La station d'étude est à 370 m d'altitude et caractérisée par une strate herbacée constituée de *Convolvulus althaeoides*, *Galactites tomentosa*, *Trifolium campestre* et *Urospermum dalechampii*. La strate arborescente est représentée par *Chamaerops humilis* et *Pistacia lentiscus*.

## 1.1.2. Stations de moyennes altitudes

L'échantillonnage des escargots présents dans les régions de moyennes altitudes, est réalisé dans 7 stations, Makouda, Ait El Kaid, Tahchat, Thiniri, Ardjaouna, Ait Boumahdi et Azaghar d'Ait Bouaddou.

### 1.1.2.1. Makouda (Takharoubt ouveheri)

La région de Makouda est localisée dans la partie Nord de la wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est située dans une région montagneuse, faisant partie de la chaîne de la Kabylie maritime, composée d'une plaine étroite dans sa partie Sud. Ses coordonnées géographiques sont 36.79° de latitude Nord et 4.06° de longitude Est.

Le site d'échantillonnage est à 390m d'altitude et est caractérisé par la présence de plusieurs plantes herbacées dont *Lolium multiflorum*, *Polycarpon tetraphyllum*, *Convolvulus althaeoides*, *Ceratonia siliqua*, *Anethum graveolens*, *Fragaria vesca*, *Srachys ocymastrum* et

*Asperula sp.* Nous y trouvons également *Olea europea*, *Ficus carica*, *Ceratonia siliqua* et *Citrus limon*.

#### **1.1.2.2. Ait El Kaid**

La station d'Aït El Kaid est à 400m d'altitude et elle se situe au nord du chef-lieu de la daïra des Ouadhias. Les espèces végétales herbacées observées sont *Oxalis pes-caprae*, *Bellis annua*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*, *Smyrniolum olusatrum*, *Borrago officinalis*, *Arum italicum*, *Malva sylvestris*, *Urtica dioïca*, *Taraxacum dens leonis*, *Rumex pulcher*, *Narcis tazetta*, *Ranunculus verna*, *Orchis italica*, *Anagalis arvensis*, *Daucus carota*, *Allium triquetrum*. Pour la strate arborescente, les espèces observées sont *Olea europea* et *Ficus caria*.

#### **1.1.2.3. Tahchat (Ouacif)**

Les coordonnées géographiques de cette station sont 36.53° de latitude et 4.21° de longitude. Situé à 400 m d'altitude, le site d'échantillonnage est caractérisé par une végétation constituée de *Ceterach officinalis*, *Asplenium sp.*, *Daucus carota*, *Urtica dioic*, *Rubus fruticosus*, *Eriobotrya japonica*, *Citrus reticulata* et *Ficus carica*.

#### **1.1.2.4. Thiniri (Boghni)**

Boghni est une commune de la wilaya de Tizi-Ouzou, située à environ 38 km au Sud-Ouest de Tizi-Ouzou, à 15 km à l'Ouest d'Ouadhia et à 13 km à l'Est de Draâ El Mizan. Ses coordonnées géographiques sont 36.54° de latitude Nord et 3.95° de longitude Est. Le site d'étude est situé à 400m d'altitude et présente une strate herbacée constituée essentiellement de *Sonchus sp.*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*, *Centaurea sp.*, *Rumex sp.*, *Daucus carota*, *Geranium sp.*, *Cichorium intybus*. La strate arborescente est représentée essentiellement par *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia*.

#### **1.1.2.5. Radjaouna**

Radjaouna est un village situé sur la montagne de Belloua qui surplombe la ville de Tizi-Ouzou et culmine à plus de 600 m. Nous avons identifié une strate herbacée composée de *Carduus nutans*, *Cirsium acaule*, *Tripleurospermum maritimum*, *Lotus corniculatus* et *Senecio vulgaris*. Les arbres les plus répandus sont *Prunus amygdalus*, *Olea europea*, *Fraxinus angustifolia* et *Ficus carica*.

### 1.1.2.6. Ait Boumahdi

Aït Boumahdi est une commune située dans le daïra d'Ouacif, située à 600 mètres d'altitude. Ses coordonnées géographiques sont 36,50° latitude Nord et 4,20° longitude Est.

Les espèces végétales herbacées observées sont *Oxalis pes-caprae*, *Bellis annua*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*), *Symrniium olusatrum*, *Borrago officinalis*, *Arum italicum*, *Malva sylvestris*, *Urtica dioïca*, *Taraxacum dens leonis*, *Rumex pulcher*, *Ranunculus verna*, *Orchis italica*, *Anagalis arvensis*, *Daucus carota*, *Allium triquetrum*. La strate ligneuse est présentée par *Citrus sinensis*, *Citrus limon*, *Ficus caria* et *Vitis vinifera*.

### 1.1.2.7. Azaghar de Ait Bouaddou

La commune de Aït Bouaddou se situe au Sud-Ouest de la daïra des Ouadhias, perchée sur le flanc nord du Djurdjura, sur une altitude de 650m et des coordonnées géographiques de 36.5 latitude Nord et 4.01de longitude Est.

Cette station d'étude est caractérisée par la présence d'espèces végétales comme l' *Oxalis pes-caprae*, *Bellis annua*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*, *Symrniium olusatrum*, *Borrago officinalis*, *Arum italicum*, *Malva sylvestris*, *Urtica dioïca*, *Taraxacum dens leonis*, *Rumex pulcher*, *Narcis tazetta*, *Ranunculus verna*, *Orchis italica*, *Anagalis arvensis*, *Daucus carotae*. La strate arborescente observée au niveau de cette station est essentiellement *Olea europea* et *Ficus caria*.

### 1.1.3. Stations d'altitudes

Les stations d'étude situées en altitudes sont Boumahni, Taguemount, Beni Douala, Larba Nath Irathen, Ighil Bourmi, Ait Houari et Tizi Guefres.

#### 1.1.3.1. Boumahni (Ain Zaouia)

Boumahni est un village situé à 750m d'altitude de la commune de Ain Zaouia qui est à 45 km au Sud-Ouest de Tizi-Ouzou. Cette station est caractérisée par une strate herbacée qui est constituée de *Blakstonia perfoliata*, *Cynara cardunculus*, *Allium cepa*, *Carex carica*, *Galactites tomentosa*, *Rumex sp.*, *Trifolium sp.*, *Verbascum sinuatum*, *Borago officinalis*, *Avena sterilis*, *Melissa officinalis*, *Daucus carota*, *Dittrichia viscosa*, *Mentha spicata* et *Cichorium intybus*. La strate arborescente est composée essentiellement de *Pyrus communis*, *Citrus sinensis* et *Malus communis*.

### 1.1.3.2. Taguemount (Ouacif)

Taguemount est une station située à 800 m d'altitude au niveau de la commune de Ouacif qui se situe au Sud de la wilaya de Tizi-Ouzou. La végétation recensée au niveau de cette station est essentiellement *Pinus thumbergii*, *Ficus carica*, *Urtica dioica* et *Mentha spicata*.

### 1.1.3.3. Beni Douala

Taguemount Oukerrouche est un village de la commune de Beni Douala qui culmine aux environs de 850m d'altitude, située à 17 km au Sud-Est de la ville de Tizi-Ouzou. Ses coordonnées géographiques sont de 36.58 de latitude Nord et 4.06 de longitude Est.

La végétation rencontrée lors de notre prospection est essentiellement *Urtica dioica*, *Cerinthe major*, *Rubus fruticosus*, *Galium aparine* et *Arum maculatum*. Les arbres sont *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, *Citrus limon*, *Juglaus regia* et *Punica granatum*.

### 1.1.3.4. Larbaa Nath Irathen

La commune de Larbaâ Nath Irathen est située au Sud-Est de la ville de Tizi-Ouzou. Le site d'étude est situé à 4 km du chef-lieu de la commune, à une d'altitude de 900m. Le cortège floristique est composé d'une strate arborescente et une strate herbacée. Les espèces de la strate ligneuse identifiées au niveau de cette station sont *Rubus ulmifolius*, *Juguleus nigra*, *Fraxinus angustifolia*, *Prunus avium*, *Ficus carica*, *Vitis vinifera*, *Punica granatum*, *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Eucalyptus sp.*, *Alnus glutinosa* et *Acacia sp.* Tandis que de la strate herbacée est composée de *Scolymus hispanicus*, *Asparagus acutifolius*, *Coleostephus myconis*, *Cerinthe major* et *Campanula sp.*

### 1.1.3.5. Ighil Bourmi (Ait Bouaddou)

La commune d'Aït Bouaddou, relève de la daïra des Ouadhias. La station d'Ighil Bourmi est située à 950m d'altitude dans le massif du Djurdjura et dont les coordonnées géographiques sont 36,51 de latitude Nord et 4,06 de longitude Est.

Le cortège floristique de cette station est composé essentiellement d'une strate herbacée constituée d'*Oxalis pes-caprae*, *Bellis annua*, *Galactites tomentosa*, *Scolymus hispanicus*, *Symrniium olusatrum*, *Borrago officinalis*, *Arum italicum*, *Malva sylvestris*, *Urtica dioica*, *Taraxacum dens leonis*, *Rumex pulcher*, *Narcissus tazetta*, *Ficaria verna*, *Anagallis arvensis*, *Daucus carota* et *Allium triquetrum*. La strate arborescente est composée essentiellement d'*Olea europea* et *Ficus caria*.

### 1.1.3.6. Ait Houari (Assi Youcef)

Assi Youcef est un village situé dans le daïra de Boghni. La ville s'étend sur 26,3 km<sup>2</sup> et est entourée par Aït Bouadou, Tizi N'Tleta et Aït Mahmoud. La ville d'Assi Youcef a pour coordonnées géographiques 36° 30' 26" latitude Nord et 4° 1' 7" longitude Est.

La station Ait Houari est située à 950 m d'altitude et ses coordonnées sont 36° 30' 26" latitude Nord et de 4° 1' 7" longitude Est. Le site d'étude est localisé dans une commune d'Assi Youcef appartenant à la daïra de Boghni. Le cortège floristique de cette station est composé essentiellement de *Chrysanthemum myconis*, *Lolium multiflorum*, *Galactites tomentosa*, *Centaureum pulchellum*, *Picris echioides*, *Cynodon doctylon*, *Bupleurum sp.*, *Chenopodium album*, *Avena sterilis*, *Sonchus asper*, *Torilis arvensis*, *Lavatera sp.*, *Polygonum sp.*, *Convolvulus althaeoides* et *Fragaria vesca* pour la strate herbacée et *Olea europea* et *Ficus carica* pour la strate arborescente.

### 1.1.3.7. Tizi Guefres (Iferhounene)

Iferhounène est une commune située à 8 km au Sud-Est de Ain El Hammam à 1100 mètres d'altitude, le village Tizi-Guefres a pour coordonnées géographiques : 36° 32' 2" latitude Nord et 4° 22' 12" longitude Est.

Les plantes identifiées au niveau de cette station d'étude sont *Daucus carota*, *Lotus corniculatus*, *Lotus pedunculatus*, *Maritima maritima* et *Senecio vulgaris*. Les arbres caractéristiques de cette station sont *Fraxinus angustifolia*, *Olea europea* et *Ficus carica*.

## 1.2. Caractéristiques climatiques

Le climat de la région d'étude est un climat méditerranéen. En année normale, il est caractérisé par une saison humide et froide en hiver, avec des pluies de fortes intensités et une saison sèche et chaude en été, où les précipitations sont rares ou absentes.

L'analyse des principaux facteurs climatiques, sur la base des données moyennes calculées sur plusieurs années, est nécessaire pour une meilleure connaissance de la faune malacologique des stations d'étude. Pour cette étude climatique, nous avons retenu pour les températures, les précipitations et l'humidité, les données de la station météorologique de Tizi-Ouzou sur cinq années d'étude allant de 2011 à 2015.

Pour les stations d'altitude, nous avons extrapolé les valeurs des températures obtenues à la station de basse altitude suivant le gradient thermique de Seltzer (1946). Celui-ci indique que l'abaissement des températures minimales est de 0,4°C pour 100m d'élévation en altitude, celui des maximales est de 0,7°C pour la même altitude, ce qui correspond à une diminution

de 0,55°C pour les moyennes annuelles par 100m (Cette méthode permet d'aboutir aux valeurs des températures moyennes pour les autres stations de 400m d'altitude et plus).

Les valeurs moyennes des précipitations des sites d'altitude sont corrigées selon la courbe de croisement de la pluie réalisée par Seltzer (1946) pour l'Algérie, par rapport à la ville de Tizi-Ouzou. Cette méthode consiste à déterminer l'augmentation de la pluie selon l'altitude, selon la formule suivante :

$$N_i = A \times B/X$$

Ni : Valeur à ajouter pour chaque mois.

A : Accroissement de la pluie obtenue par la projection graphique.

### 1.2.1. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère (Ramade, 2003 ; Dajoz, 2006). Elle exerce une action écologique sur les êtres vivants (Dreux, 1980). D'après Dajoz (1971), généralement chaque être vivant ne peut subsister que dans un intervalle de température comprise entre 0°C et 50°C.

Les valeurs moyennes des températures maximales (M), minimales (m) et moyennes enregistrées (M+m/2) pour la région de Tizi-Ouzou durant les cinq années d'étude 2011, 2012, 2013, 2014 et 2015 sont représentées dans la figure 15.

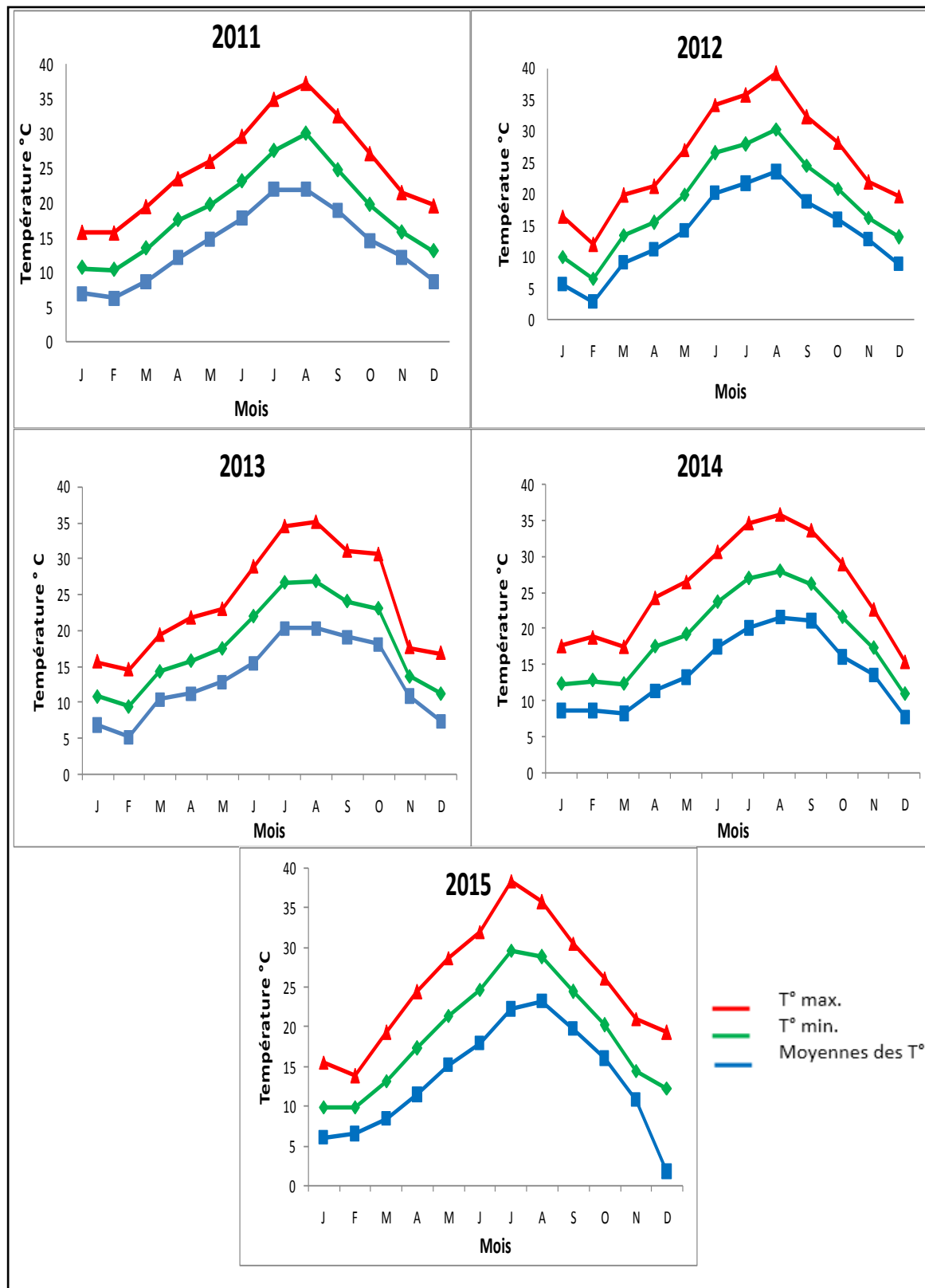


Figure 15 : Températures minimales, maximales et moyennes de la région de Tizi-Ouzou de 2011- 2015 (Office Nationale de Météorologie, 2016)

Les données présentées dans la figure 15, montrent que pendant quatre ans de 2011 à 2014 le mois le plus chaud est le mois d'août avec une température moyenne mensuelle qui varie entre 26.9 à 30,3°C. Alors que pour l'année 2015, les températures les plus élevées sont enregistrées durant le mois de Juillet.

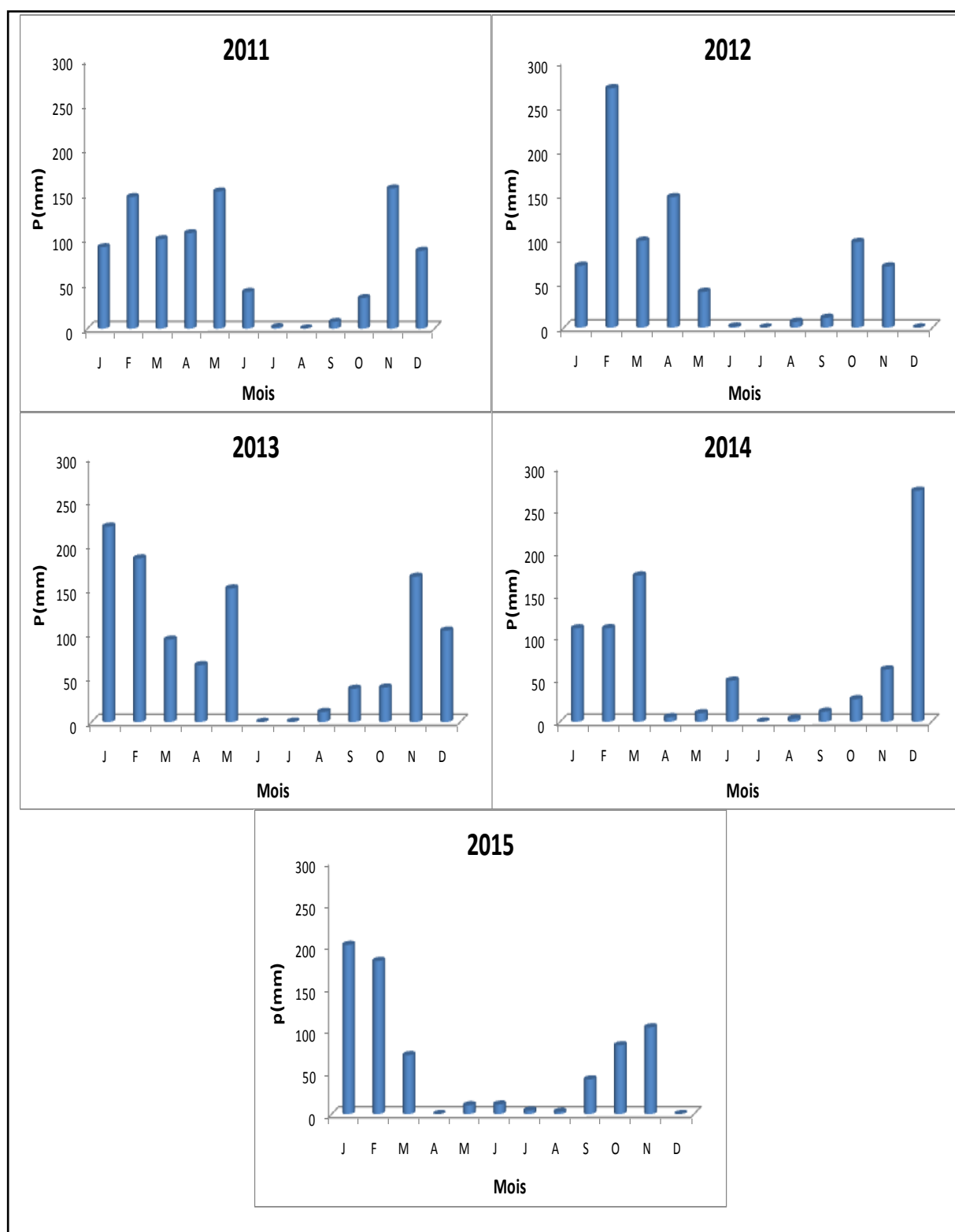
Les températures moyennes les plus basses sont enregistrées durant le mois de Février pour les années 2011, 2012, 2013 et 2015 et durant le mois de décembre pour l'année 2014. Il est à noter que durant ces cinq années de prospections, l'année 2012 a présenté une amplitude thermique la plus importante avec une température moyenne mensuelle maximale de 30.3°C et une température moyenne mensuelle minimale de 6.5°C.

### **1.2.2. Précipitations**

Selon Seltzer (1946), les pluies en Algérie sont d'origine orographique et torrentielle, elles augmentent avec l'altitude. La pluviosité est l'un des éléments principaux du climat qui agit sur les végétaux dont se nourrit la faune, de plus elle est responsable de la présence, voire de la concentration de certains animaux en un milieu donné (Faurie et *al.*, 2003).

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour la répartition des écosystèmes terrestres (Ramade, 1984). Selon Dajoz (1971), la pluviométrie exerce une influence sur la vitesse du développement des animaux, sur leur fécondité et leur longévité. Il est intéressant de noter la fréquence des jours de pluie, leur répartition au cours de l'année ainsi que leur intensité, soit la quantité d'eau tombée par unité de temps (Faurie et *al.*, 1980).

Les valeurs des précipitations mensuelles enregistrées pour la région de Tizi-Ouzou durant les cinq années d'étude 2011, 2012, 2013, 2014 et 2015 sont présentées dans la figure 16.



**Figure 16 :** Précipitations mensuelles de la région de Tizi-Ouzou de 2011- 2015 (Office Nationale de Météorologie, 2016)

Les données présentées dans la figure 16 montrent que l'année 2011 a reçu une bonne quantité de pluie durant les mois de Février, Mai et Novembre et des quantités infimes durant les trois mois successif de Juillet, Août et Septembre.

L'année 2012 a reçu une très faible quantité de pluie qui est estimée à 847mm, les quantités les plus importantes de pluie ont été enregistrées seulement au mois de Février avec 269,5 mm. Nous avons également enregistré l'absence totale de pluie au mois de Juillet et une période de sécheresse qui a duré environ quatre mois de Juin à Septembre avec une pluviométrie ne dépassant pas 11mm.

Pendant l'année 2013, des pluies importantes sont enregistrées durant plusieurs mois avec des pics observés en Janvier, Février, Mai et Novembre. La période s'étalant de juin à Août est la plus sèche.

Les précipitations les plus importantes en 2014 sont enregistrées aux mois de Janvier, Février, Mars et Décembre. Deux périodes assez sèches sont enregistrées durant la même année, la première est observée les mois d'Avril et Mai et la deuxième s'étale du mois de Juillet jusqu'au mois de Septembre.

Durant l'année 2015, une longue période de sécheresse s'étalant du mois de mars jusqu'au mois de Septembre est observée où les quantités de pluies varient de 0 à 100mm.

### **1.2.3. Humidité relative**

L'humidité dépend de plusieurs facteurs : la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations (orage ou pluie fine), la température, les vents, et la morphologie de la station considérée (Faurie et *al*, 2003).

Selon Dajoz (1975), l'humidité a une influence sur la longévité et la vitesse du développement, sur la fécondité et le comportement des espèces. Les mollusques terrestres 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 sont présentées dans la figure 17.



**Figure 17 :** Humidité mensuelles de la région de Tizi-Ouzou de 2011- 2015 (Office Nationale de Météorologie, 2016)

L'humidité moyenne mensuelle est importante et les taux dépassent généralement les 50% durant toutes les années de prospections. Quelques valeurs particulières sont notées tels qu'un faible taux de 49% au mois d'Août 2012 et de 51% en Juillet 2005.

#### **1.2.4. Vent**

Le vent est l'un des éléments caractéristiques du climat. Le vent est fortement influencé par les conditions topographiques locales, il est essentiel de connaître son intensité, sa direction, sa vitesse, du fait qu'il est un facteur de destruction de végétation.

Le vent est un grand inhibiteur de l'activité des gastéropodes terrestres, due à son effet déshydratant. Parfois les escargots et les limaces de petite taille sont transportés par les vents, qui assurent leur dispersion dans leur milieu (Cobbinah et *al.*, 2008).

#### **1.2.5. Neige**

Selon Ramade (2003), la neige constitue également un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Elle exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique.

CHAPITRE III

MATÉRIELS ET MÉTHODES

La mise en place de stratégies d'échantillonnage et le choix des méthodes de prélèvements aptes à estimer les densités des espèces et leurs répartitions, d'un point à un autre ou d'un moment à un autre, est difficile. Selon Falkner et *al.* (2001), il n'existe pas forcément de méthodes bien adaptées à toutes les espèces et à toutes les situations de terrain, ce qui fait toujours objet de débat.

La méthode de prélèvement est largement dépendante des moyens disponibles, des milieux étudiés et des caractéristiques du groupe faunistique étudié (localisation, taille des individus et des différentes espèces, comportement, etc.), en l'occurrence ici, les escargots terrestres.

### **1. Méthodes de prélèvement**

Les recherches sur le terrain nous ont permis de faire des observations écologiques sur les escargots. Les méthodes que nous avons utilisées pour l'inventaire des escargots terrestres de la Kabylie sont le prélèvement direct ou à "vue" (ou chasse à "vue"), le tamisage de la litière et le prélèvement par piégeage.

#### **1.1. Prélèvement direct ou à "vue"**

Les Gastéropodes terrestres de grande taille sont recherchés à vue dans les biotopes favorables et de préférence par temps doux et humide. Par temps sec, nous avons recherché les escargots dans tous les microhabitats humides pouvant servir d'abri pendant la journée.

La prospection est réalisée dans tous les endroits qui sont susceptible d'abriter des escargots, tels que les premières couches du sol, les fissures de roches, l'écorce des arbres abattus et les feuilles mortes. Aussi, les escargots vivants et les coquilles vides sont collectés sur les croûtes calcaires sur les murs, sur l'argile, sous de grandes et petites pierres, sous des restes organiques (fumier, bois, matière organique des plantes naturelles et des animaux en décomposition) et à proximité de petits récipients remplis d'eau.

Il est nécessaire de prêter attention aux traces luisantes laissées par les escargots et les limaces, ce qui permet de les suivre dans la bonne direction, jusqu'à trouver leur refuge. Quelques outils sont utilisés pendant la récolte, tels que le râteau, le piochon ainsi que des boîtes trouées pour la récolte.

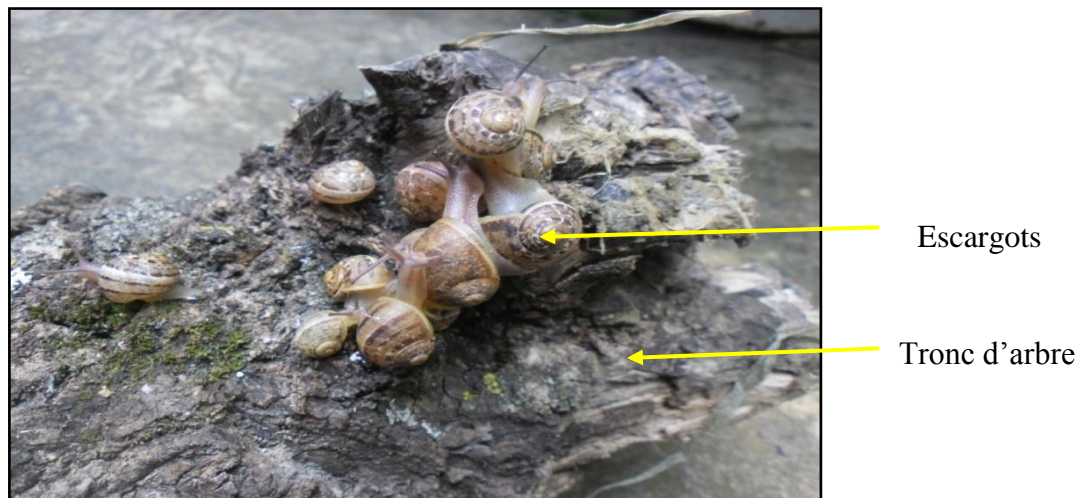
#### **1.2. Prélèvement par tamisage de la litière**

Les escargots les plus petits qui ne peuvent être collectés à l'œil nu, sont recherchés plus méthodiquement par tamisage de la litière ramassée au niveau des différentes stations.

### 1.3. Prélèvement par piégeage

Les gastéropodes sont capturés également par l'installation de pièges. Les escargots qui sortent la nuit se mettent en quête de nourriture. Le jour venu, ils cherchent des endroits sombres et humides où se reposer. Pour simuler la nature, des planches sont déposées dans des endroits humides et fréquentés par les escargots. Quelques jours plus tard, ces planches sont récupérées avec les escargots collés en dessous (Fig. 18).

Des escargots attirés par des appâts comme les feuilles de salades, de choux, les épluchures de pommes de terre et les peaux de tomates sont ainsi piégés et récoltés aisément.



**Figure 18** : Tronc d'un arbre utilisé comme piège pour les escargots (Originale, 2012)

## 2. Techniques d'étude

L'échantillonnage est effectué deux fois par mois donc par quinzaine pour chaque station, durant toute la période d'étude.

Vingt-quatre prélèvements sont réalisés au niveau de chaque station d'étude. L'échantillonnage au niveau des stations de Redjaouna, Beni Douala et Iferhounene est effectué du 09 Avril 2011 jusqu'au 23 Mars 2012 et pour les stations Ighil-Bourmi, Azaghar d'Aït Bouaddou, Aït El-kaid et Aït Boumahdi de la période s'étalant du mois de Juin 2011 au mois de Mai 2012.

Le ramassage des escargots terrestres dans les stations de Taboukert, Tala Toulmouts, Tahchat, Taguemount, Boumehni et Larbâa Nath Irathen s'est déroulé du mois de Juin 2012 jusqu'au mois de Mai 2013. Ceux de la station de Tigzirt et de Tamda sont fait de Décembre 2013 jusqu'au mois d'Août 2014, alors que pour les stations de Drâa Ben Khedda, Makouda et Boughni (Thiniri), le ramassage s'est déroulé de Septembre 2014 jusqu'au mois d'Août

2015. Durant la période s'étalant du mois de Janvier jusqu'au mois de décembre 2015, nous avons travaillé au niveau de la station de Tizi-Ouzou, Tizi-Rached et Ait Houari.

Afin de pouvoir analyser les résultats de l'inventaire, nous avons subdivisé les 21 stations en 3 groupes d'étages d'altitude différentes. Le premier groupe comporte les stations de basse altitude situées entre un intervalle de 0 et 370 mètres, un groupe de moyenne altitude qui se situe dans un intervalle variant entre 390 et 650m et enfin le dernier groupe est composé de toutes les stations ayant une altitude dépassant les 700m.

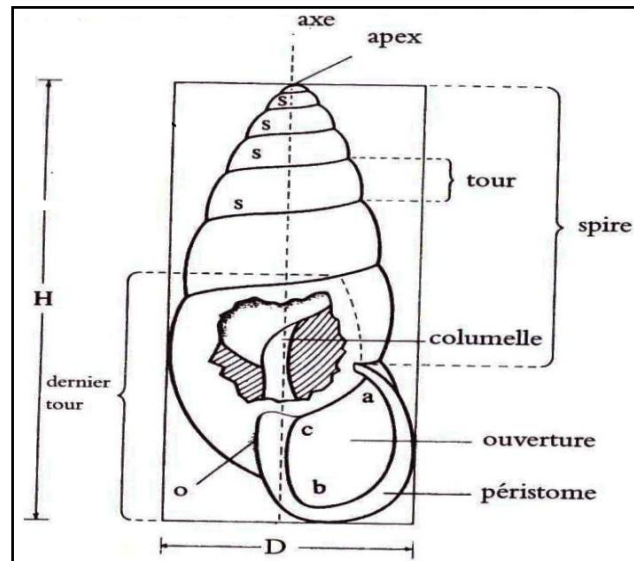
Sur le terrain, il est recommandé de collecter les escargots en utilisant des gants car certaines espèces transmettent des parasites. Comme il est préconisé d'inspecter soigneusement les débris végétaux flottants, les feuilles mortes et les pierres. Ces substrats sont en général colonisés par diverses espèces qui peuvent être dangereuses comme les serpents prédateurs des escargots.

### **3. Identification morphologique des espèces**

Après la récolte, les individus vivants et les coquilles vides sont ramenés au laboratoire pour l'identification. Les coquilles nettoyées des individus sont préalablement triées par ressemblance morphologique pour ensuite être étudiées le plus souvent à l'aide d'une loupe binoculaire.

Pour de nombreuses espèces, une variation considérable des caractères peut compliquer l'identification. De ce fait, la détermination des espèces est relativement difficile, la plupart d'entre elles peuvent être identifiées qu'à partir de leurs coquilles. La forme, la taille et la couleur de la coquille constituent autant d'éléments utiles à l'identification des espèces qui peuvent toutefois présenter une forte variabilité au sein d'une même espèce et ainsi porter à confusion.

Ainsi, il convient d'observer la silhouette générale de la coquille, la forme de l'ombilic, la taille (faire attention aux juvéniles), la présence d'ornementations dans l'ouverture (dents, épaissements) et la présence de sculptures (stries radiales ou spirales) sur la coquille, ou encore d'une carène (périphérie anguleuse de la coquille). Ces critères sont importants pour l'identification (Fig. 19).

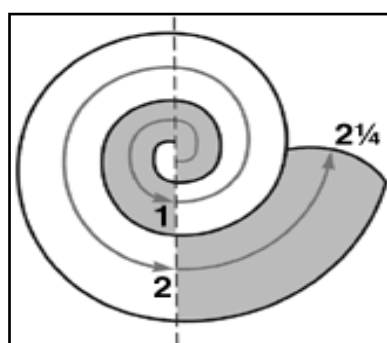


**Figure 19 :** Nomenclature de la coquille (Kerney et Cameron, 2006)

H : hauteur, a-b : partie externe (palatale), D : diamètre, b-c : partie interne (columellaire),  
s : suture, o : ombilic, c-a : partie supérieure (pariétale)

### 3.1. Forme de la coquille

La spire de la coquille est enroulée autour d'un axe la columelle, qui peut être pleine ou creuse. Chaque enroulement de la spire est un tour ; l'ensemble des tours, à l'exception du dernier, forme la spire dont le sommet est l'apex. La ligne de contact entre les tours est la suture. Sur la face inférieure, le dernier tour cerne l'ombilic, qui peut être obturé chez certaines espèces. Le décompte du nombre de tours s'effectue sur le rayon tracé à partir du demi-cercle formé par l'apex (Fig. 20), dans le cas de la figure, le nombre de tours est de 2 et 1/4.



**Figure 20 :** Méthode de décompte des tours de la spire (Kerney et Cameron, 2006)

La forme générale de la coquille est déterminée par la forme des tours et leur mode d'accroissement. La spire peut être très basse et se situer au-dessous du bord supérieur du dernier tour ; elle peut être plate ou allongée et prendre des formes très diverses.

Dans le cas des coquilles convexes, celle-ci peut être aussi conique plus ou moins cylindrique ou fusiforme jusqu'à proximité de l'apex. Le dernier tour peut être arrondi, anguleux, épaulé ou caréné. La suture peut être profonde ou peu marquée (Kerney et Cameron, 2006).

### **3.2. Taille de la coquille**

La taille de la coquille est également un caractère important. Deux dimensions principales sont déterminantes pour la description (le diamètre et la hauteur). La coquille n'est pas totalement circulaire et la mesure s'effectue toujours sur le plus grand diamètre. Il est parfois utile de mesurer séparément les hauteurs respectives de la spire, du dernier tour et de l'ouverture.

### **3.3. Ouverture de la marge de la coquille**

Les caractéristiques de l'ouverture et de la marge du péristome, sont souvent décisives pour l'identification, mais elles ne sont clairement manifestées que chez les adultes. Chez certaines espèces, le péristome est simple, sans épaissement ni modification de forme. Sa forme et l'angle formé par rapport à la columelle sont importants. Beaucoup d'espèces possèdent un épaissement interne juste en retrait du péristome. Lorsque la coquille est translucide, vu de l'extérieur, il forme une bande opaque. Le péristome peut être également épaissi en « lèvre » parfois réfléchi.

L'ouverture est divisée en trois parties, pariétale, columellaire et palatale et ces divisions s'appliquent au péristome. A l'intérieur de l'ouverture peuvent exister des épaissements ou plis, nommés fréquemment « dents ». La nomenclature des dents est basée sur la partie de l'ouverture où elles sont implantées (Kerney et Cameron, 2006).

### **3.4. Couleur et épaisseur de la coquille**

La couleur et l'épaisseur de la coquille varient considérablement d'une espèce à une autre. Ces caractères sont ceux de l'ostracum ; plus celui-ci est fin et peu calcifié, plus la coquille est translucide. Certaines peuvent avoir un aspect vitreux et fragile. Les coquilles de certaines espèces deviennent blanches après la mort de l'animal.

La coloration, dont les variations sont parfois importantes au sein d'une même espèce, ne constitue pas toujours un caractère fiable. En plus de la couleur de fond, la coquille peut présenter des bandes, des taches de teinte différentes et parfois le péristome lui-même possède sa propre coloration (Kerney et Cameron, 2006).

### 3.5. Autres caractères morphologiques

La coquille présente d'autres caractères utiles pour l'identification. Quelques espèces peuvent avoir des poils, qui sont des extensions du périostracum. Ils sont fréquemment absents, suite de l'abrasion des coquilles âgées mais leurs points d'insertion restent visibles à fort grossissement. Aussi, des extensions du periostracum peuvent former des épines.

La surface de la coquille est souvent ornée de stries qui sont souvent transverses (radiales), et plus rarement spirales, dont la taille et la disposition varient beaucoup (régulières, irrégulières, etc.). D'autres espèces peuvent posséder une striation plus fine ou une microsculpture faite de réticulations. Dans la plupart des cas, un fort grossissement est indispensable pour observer ces structures. Plusieurs d'espèces ont une coquille lisse ou brillante dépourvue de microsculptures.

Toutefois, il est à rappeler que la confirmation de l'identification de certaines espèces d'escargots récoltées est faite avec l'aide de Mr Cédric Audibert au niveau du musée de confluence de Lyon après une vérification morphologique en se basant sur une comparaison avec les espèces faisant partie de la collection du musée. Ces espèces au niveau du musée ont été récoltées sur tout le territoire Algérien par plusieurs chercheurs durant le 19<sup>ème</sup> siècle.

L'identification de certaines autres espèces dont les caractéristiques morphologiques portent à confusion, est vérifiée et confirmée au niveau du département de malacologie du musée « the Natural History Museum of the Burgergemein de Bern » en suisse sous la direction du Dr Eike Neubert. L'anatomie des escargots est aussi appréhendée, notamment l'appareil génital qui permet de classer les espèces par famille. Pour cela des individus non répertoriés sont sacrifiés et conservés dans de l'alcool à 70° pour la dissection et le prélèvement des organes génitaux qui représentent un critère essentiel de détermination des escargots.

Pour une taxonomie plus précise et afin de pouvoir identifier jusqu'au rang générique et spécifique, nous avons fait appel à l'étude génétique.

### 4. Identification génétique des espèces

Lorsque les caractéristiques morphologiques ne fournissent pas d'informations claires sur la taxonomie des espèces, il est fait appel aux techniques moléculaires afin de classer l'escargot dans l'arbre phylogénique.

Durant notre étude, cette technique génétique est dans un premier temps utilisée pour clarifier la situation taxonomique du genre *Massylaea* qui été nommé auparavant *Eobania* grâce à la technique d'analyse moléculaire.

Pour réaliser ce travail, nous avons effectué un séquençage de l'ADN après son extraction et son amplification, suivie d'une analyse phylogénétique.

#### 4.1. Extraction d'ADN, amplification et séquençage par PCR

Pour l'étude génétique du genre *Massylaea*, l'ADN génomique total de cet escargot a été extrait du tissu musculaire du pied en utilisant le kit QBTk (Qiagen Blood and Tissue Kit : Qiagen cat nr. 69506). Pour cela, deux fragments de gènes mitochondriaux et trois gènes nucléaires sont utilisés.

Les deux fragments de gènes mitochondriaux sont la sous-unité I du cytochrome oxydase (COI) à 710 paires de bases et la sous-unité ARN ribosomique 16S (ARN 16S) à 480 paires de bases. Tandis que les trois gènes nucléaires utilisés sont l'ARN ribosomique 5.8S-ITS2-28S de 900 paires de bases constitué de 3 fragments (5.8S, 28S et un intercalaire transcrit), une séquence partielle d'ARN ribosomique 28S et enfin un fragment d'histone 3 (H3).

Pour l'amplification des séquences génétiques prélevées du pied de l'escargot, des amorces sont utilisées pour chaque gène durant la PCR (Tab. 2).

**Tableau 2 :** Liste des paires d'amorces utilisées dans la PCR et le séquençage.

Gène	Amorce	Séquence	Référence
COI	LCO1490	5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'	Folmer et al., 1994
	HCO2198	5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'	
16S	16sF	5'-CGGCCGCCTGTTTATCAAAAACAT-3'	Palumbi et al., 1991
	16sR	5'-GGAGCTCCGTTTGAAGTCAGATC-3'	
28S	LSU-2	5'-GGGTTGTTTGGGAATGCAGC-3'	Wade et Mordan, 2000
	LSU-4	5'-GTTAGACTCCTTGGTCCGTC-3'	
5.8S-ITS2-28S	LSU-1	5'-CTAGCTGCGAGAATTAATGTGA-3'	Wade et Mordan, 2000
	LSU-3	5'-ACTTCCCTCACGGTACTTTG-3'	
5.8S-ITS2-28S	ITS2ModA	5'-GCTTGCGGAGAATTAATGTGAA-3'	Notre travail
	ITS2ModB	5'-GGTACCTTGTTTCGCTATCGGA-3'	
H3	H3AD	5'-ATGGCTCGTACCAAGCAGACVGC-3'	Colgan et al., 2013
	H3BD	5'-ATATCCTTRGGCATRATRGTGAC-3'	

L'amplification est effectuée pour un mélange constitué de 12,5µl de GoTaq G2 HotStart Green Master Mix (Promega M7423), 6,5µl de H<sub>2</sub>O sans nucléase (Sigma-Aldrich, W4502), 1µl de chaque amorce et 2µl d'ADN du pied de l'escargot.

Le protocole d'amplification du COI commence avec 3min à 95°C, suivi de 35 tours de 1min à 95°C, 1min à 40°C et 1min à 72°C et enfin 5min à 72°C. Alors que pour le 16S, il est identique à celui du COI avec remplacement de la troisième étape par 1min à 50°C. Cependant, les amorces du gène 5.8S-ITS2-28S partagent les mêmes conditions d'amplification qui est de 1min à 96°C, suivies de 35 tours de 30sec à 94°C, 30sec à 55°C, 1min à 72°C, et 10min à 72°C. La température est diminuée à 43°C pour ITS2ModA et ITS2ModB. Enfin, pour H3, la solution est soumise à 3min à 95°C, suivie de 45 tours de 45sec à 95°C, 45sec à 50°C, 45sec à 72°C et enfin 10min à 72°C.

#### **4.2. Analyse phylogénétique**

Les données obtenues après amplification et séquençage de l'ADN de l'escargot du genre *Massylaea* sont soumis à une analyse phylogénétique par plusieurs logiciels.

En premier lieu, le logiciel Partition Finder Ver. 2.1 (Lanfear et *al.*, 2012) qui est le modèle d'évolution moléculaire les mieux adaptés aux analyses phylogénétiques et le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc) qui est une mesure de la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973 afin d'augmenter la vraisemblance du modèle.

À partir des modèles évolutifs, une analyse de la vraisemblance maximale (ML) est calculée avec RAxML (Stamatakis, 2006) car elle est la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle dans les domaines de l'évolution moléculaire et de la reconstruction phylogénétique (Delsuc et Douzery, 2007) en décrivant au mieux les processus d'évolution des séquences biologiques.

L'inférence bayésienne (BI) est réalisée en utilisant M. Bayes v3.2.2 x64 (Huelsenbeck et Ronquist 2001 ; Ronquist et Huelsenbeck 2003 ; Ronquist et *al.*, 2012) et calculés via l'UBELix. pour caractériser les meilleurs valeurs d'un paramètre.

#### **5. Conservation des échantillons**

Afin de constituer des collections de références, les escargots entiers et les coquilles vides sont conservés dans des flacons en verre contenant de l'alcool et portant sur une étiquette où sont mentionnés le nom scientifique de l'espèce, le lieu et la date de récolte.

#### **6. Inventaire floristique**

Lors de nos prospections, les espèces végétales dominantes des différentes stations sont récoltées et identifiées. La réalisation des relevés floristiques permet de suivre le comportement des espèces d'escargots et de mettre en évidence les préférences stationnelles. L'identification est faite par la précieuse aide de Mr LARIBI Mahmoud et Mr ASLA Tarik

enseignants au département de Biologie de l'UMMTO, comme nous avons aussi consulté les ouvrages de Quezel et Santa (1962 et 1963).

## **7. Analyses physico-chimiques du sol**

Le sol constitue un refuge où l'escargot s'enfouit lorsque les conditions climatiques sont défavorables ainsi que pour y vivre et déposer ses œufs. Cette raison nous incite à effectuer des analyses physico-chimiques pour chaque échantillon de sol prélevé des différentes stations d'étude. Les sols sont séchés à l'air libre pendant quelques jours, puis une grande partie est broyée puis tamisée à 2mm. Les analyses physico-chimiques sont réalisées au sein de notre Laboratoire de recherche (Production, Sauvegarde des Espèces Menacées et des récoltes (PSEMRVC) à l'UMMTO et au laboratoire de pédologie de l'ENSA d'EL HARRACH (Alger).

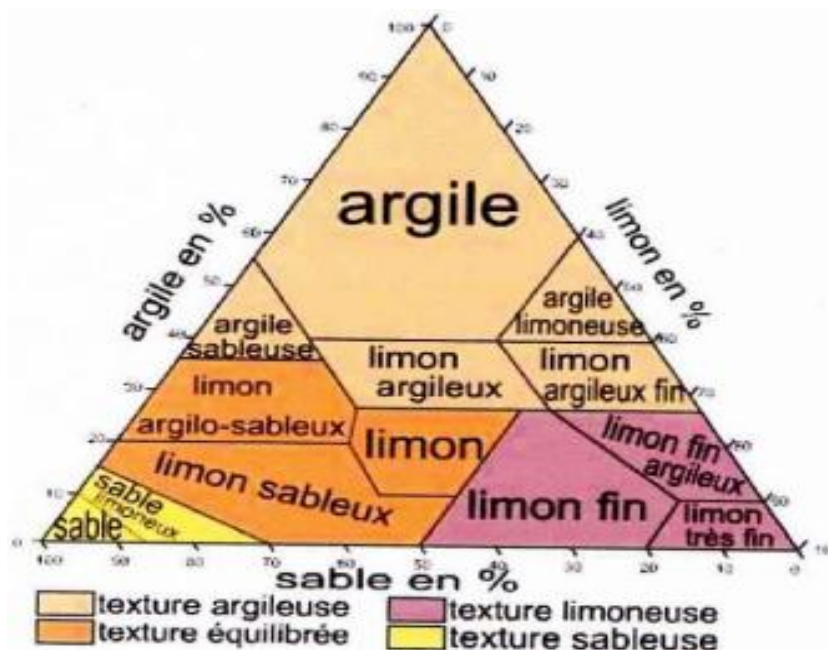
### **7.1. Analyse granulométrique**

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<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). 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. 21) (Duchaufour, 1997).



**Figure 21** : Classification des textures pédologiques (Duchaufour, 1997)

## 7.2. pH eau

Afin de mesurer l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, un mélange de 20g de terre tamisée à 2mm avec 50ml d'eau distillée est utilisé. Après agitation, la lecture du pH se fait sur un pH mètre. Les valeurs obtenues du pH sont comparées à celle de l'échelle d'interprétation présentée dans le Tableau 3.

**Tableau 3** : Interprétation des valeurs du pH (Baize, 1989).

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

## 7.3. Calcaire total

Le taux de carbonates de calcium est déterminé par la méthode volumétrique consistant à attaquer le sol avec de l'acide chlorhydrique et effectuer un titrage par la soude en présence de la phénolphaléine. Pour le calcul, la formule suivante est utilisée :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = (\text{Vt} - \text{Ve}) \times 12,5$$

Vt : Volume témoin.  
Ve : Volume échantillon.

Pour apprécier les taux de calcaire, nos résultats sont comparés aux normes indiquées au niveau du tableau 4.

**Tableau 4 :** Interprétation des valeurs du calcaire du sol (Baize, 2000).

% de Caco <sub>3</sub>	Qualification
< 1	Non calcaire
1 à 5	Peu calcaire
5 à 25	Modérément calcaire
25 à 50	Fortement calcaire
50 à 80	Très fortement calcaire
> 80	Excessivement calcaire

#### 7.4. Dosage du carbone organique

Il consiste à doser le carbone organique par la méthode de ANNE. Le principe de cette manipulation repose sur l'oxydation du carbone en CO<sub>2</sub> 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 :

$$\text{MO}\% = (\text{Vt} - \text{Ve}) \times 2 \times 0,615 \times 1,72$$

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

La classification du sol selon la MO% est donnée par le Tableau 5.

**Tableau 5 :** Interprétation du taux de matière organique du sol (Baize, 1989).

% M.O	Qualification
< 1,4	Très pauvre en M.O
1,4 < M.O < 2	Pauvre en M.O
2 < M.O < 3	Argile < 22% Bien pourvu en M.O
	22% < Argile < 30% Moyennement pourvu en M.O
	Argile > 30% Pauvre en M.O
3 < M.O < 4	Bien pourvu en M.O
M.O > 4	Teneur élevée en M.O

## 8. Traitement des données

Les peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir par des descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces qu'ils comportent. Il sera possible de décrire la biocénose à l'aide de paramètres telle que la richesse spécifique, l'abondance, la dominance et la diversité (Ramade, 1994).

Des indices écologiques de structure et de composition sont utilisés pour exploiter les résultats relatifs aux espèces de gastéropodes inventoriées et afin de pouvoir interpréter et justifier la répartition de toutes les espèces récoltées dans les différentes stations étudiées.

### 8.1. Indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition combinent le nombre des espèces ou richesse totale et leur quantité exprimée en abondance, en fréquence ou en densité d'individus contenus dans le peuplement (Blondel, 1975). Les indices écologiques de composition nous renseignent sur la composition de peuplement malacologique en termes d'espèces et leur abondance. Pour cela, la fréquence d'occurrence (F), l'abondance relative ( $A_{rel}$ ) et la densité sont calculées.

#### 8.1.1. Densité (D)

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

$$D = N/P$$

D : Densité de l'espèce.

N : Nombre total d'individus d'une espèce récoltée sur la surface considérée.

P : Nombre total de prélèvements effectués dans le peuplement considéré.

#### 8.1.2. Abondance relative ( $A_{rel}$ )

L'abondance relative ( $AR\%$ ) est le rapport du nombre des individus d'une espèce ou d'une catégorie, d'une classe ou d'un ordre ni au nombre total des individus de toutes les espèces confondues N (Zaime et Gautier, 1989).

$$A_{rel} = Ni \times 100/N$$

$N_i$  : Nombre des individus d'une espèce.

N : Nombre total des individus toutes espèces confondues.

L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce par rapport à l'ensemble des espèces présentes. Une espèce est abondante, quand son coefficient d'abondance est égal ou supérieur à 2.

### 8.1.3. Fréquence d'occurrence (F)

Selon Dajoz (1975), la fréquence d'occurrence d'une espèce est le rapport exprimé en pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce « i », prise en considération par rapport au nombre total de relevés effectués.

$$F = P_i/P \times 100$$

F : Fréquence d'occurrence de l'espèce « i ».

$P_i$  : Nombre de relevés contenant l'espèce prise en considération « i ».

P : Nombre total de relevés effectués.

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

Les espèces accidentelles  $0\% < F_i < 20\%$

Les espèces accessoires  $20\% < F_i < 40\%$

Les espèces régulières  $40\% < F_i < 60\%$

Les espèces constantes  $60\% < F_i < 80\%$

Les espèces omniprésentes  $80\% < F_i < 100\%$ .

## 8.2. Indices écologiques de structure

Les indices écologiques de structure nous permettent d'avoir une idée générale sur la structure des populations de la malacofaune dans la région d'étude, tel l'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) et l'indice d'équitabilité (E).

### 8.2.1. Indice de Shannon-Weaver ( $H'$ )

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. Selon Barbault (1974), l'indice de Shannon-Weaver est exprimé en bits (unité d'information binaire) et donné par la formule suivante :

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

i : Espèce du milieu d'étude.

$p_i$  : Proportion d'une espèce « i » par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude.

La richesse spécifique du milieu  $P_i$  se calcule selon la formule :

$$P_i = n_i/N$$

$n_i$  : Nombre d'individus de l'espèce « i ».

N : Effectif total des individus de toutes les espèces.

$\log_2$  : Logarithme népérien à base 2.

Cette analyse permet d'avoir une idée sur la diversité des différents milieux. Si l'indice de diversité de Shannon-Weaver est élevé, il implique que le milieu est très peuplé en espèces d'escargots et que le milieu leur est favorable. Si cet indice est faible, il implique que le milieu est pauvre en espèces.

### 8.2.2. Indice d'équitabilité (E)

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition E, correspond au rapport de la diversité observé H' à la diversité maximale H'<sub>max</sub> (Blondel, 1979).

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

H'<sub>max</sub> : Diversité maximale exprimée en bits= log<sub>2</sub>S  
(S= nombre d'espèce).

L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1. Lorsque E tend vers 0, il traduit un déséquilibre entre les effectifs des différentes composantes présentes. Lorsque E tend vers 1, il montre l'existence d'un équilibre entre les populations dans le milieu pris en considération.

### 8.3. Analyse statistique

Les logiciels STATISTICA et Stat Box version 6.4 sont utilisés pour l'étude statistique ainsi que les représentations graphiques de l'analyse des composantes principales (ACP) et pour l'évaluation des corrélations entre les paramètres étudiés et les tendances de leurs évolutions.

#### 8.3.1. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode exploratoire et descriptive appropriée aux données multidimensionnelles, dont l'objectif est de présenter sous une forme graphique le maximum d'informations contenues dans une base de données (Palm, 1998). Cette base est constituée, en lignes par des individus sur lesquels sont mesurées des variables quantitatives. Elle permet de réduire le nombre de variables afin de projeter le nuage de points dans un sous-espace bidimensionnel engendré par des couples d'axes factoriels ou facteurs (Cloutier et *al.*, 2008).

#### 8.3.2. 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 V

## DISCUSSION

Les résultats de l'inventaire des escargots terrestres au niveau de vingt et une stations dans la wilaya Tizi-Ouzou durant la période allant de Janvier 2011 à décembre 2015 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. Espèces des escargots terrestres recensés

L'échantillonnage des escargots terrestres au niveau des 21 stations nous a permis d'établir une liste systématique de 28 espèces réparties en 10 familles (Tab.6).

**Tableau 6 :** Espèces d'escargots terrestres recensés au niveau des vingt et une stations de Janvier 2011 à Septembre 2015.

Familles	Espèces d'escargots	Nombre d'individus/100m <sup>2</sup>
Helicidae	<i>Cornu aspersum maxima</i>	5961
	<i>Cornu aspersum aspersum</i>	5069
	<i>Theba pisana</i>	4875
	<i>Eobania constantina</i>	2498
	<i>Cantareus apertus</i>	2232
	<i>Eobania vermiculata</i>	1677
	<i>Otala punctata</i>	1093
	<i>Cantareus subapertus</i>	261
Hygromiidae	<i>Cernuella virgata</i>	7333
	<i>Xerosecta cespitum</i>	4424
	<i>Cernuella</i> sp. ind.	3150
	<i>Xerosecta</i> sp. ind.	1813
	<i>Trochoidea pyramidata</i>	1658
	<i>Cernuella euphorca</i>	1454
	<i>Ganula roseotincta</i>	1453
	<i>Xerosecta calida</i>	1097
	<i>Trochylus flavus</i>	1079
	<i>Trochylus zonimataeus</i>	555
Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>	4712
	<i>Rumina</i> sp. ind.	3020
Cochlicellidae	<i>Cochlicella barbara</i>	1273
	<i>Cochlicella acuta</i>	995
Sphincterochilidae	<i>Sphincterochyla</i> sp. ind.	1434
Pomatiidae	<i>Tudorella sulcata</i>	711
Oxychilidae	<i>Oxychylus</i> sp. ind.	586
Enidae	<i>Mastus pupa</i>	161
Ferussaciidae	<i>Ferussacia folliculum</i>	44
Oleacinidae	<i>Poiretia algira</i>	27
<b>10</b>	<b>28</b>	<b>60645</b>

L'échantillonnage des escargots terrestres durant les cinq années de prospection, nous a permis de récolter 60645 individus classés en 28 espèces et réparties en 10 familles : Helicidae, Hygromiidae, Subulinidae, Cochlicellidae, Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, Pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae. La famille des Helicidae est composée de 8 espèces dont *Cornu aspersum maxima* et *Cornu aspersum aspersum* prédominent. Alors que pour la famille des Hygromiidae, dix espèces sont comptabilisées dont *Cerneuella virgata* est la plus abondante avec 7333 individus. La famille des Hygromiidae est représentée par dix espèces avec l'abondance de *Cerneuella virgata* avec 7333 individus. La famille des Helicidae est composée de huit espèces avec la prédominance de *Cornu aspersum maxima* et *Cornu aspersum aspersum*. Deux espèces sont identifiées pour les Subulinidae et Cochlicellidae, tandis que les autres familles ne sont représentées que par une seule espèce.

La différence des caractéristiques climatiques, édaphiques et du couvert végétal, conduit à une variation de la richesse spécifique de la faune malacologique abritée par chacun station.

## **2. Espèces d'escargots terrestres des stations de basses altitudes**

Les espèces d'escargots terrestres recensées au niveau des stations de basses altitudes sont indiquées dans le tableau 7.

La famille des Helicidae comporte 7 espèces réparti de manière aléatoire au niveau des différentes stations de basses altitudes. En effet, *C. aspersum maxima*, *C. aspersum aspersum*, *C. apertus* et *T. pisana* sont retrouvées au niveau de la majorité des stations. Cependant, *O. punctata* existe uniquement dans les stations 4 et 5, *E. constantina* au niveau des stations 2, 3 et 7 et enfin *E. vermiculata* dans les stations 2, 4, 5 et 7.

La famille des Hygromiidae regroupe 10 espèces dont *X. cespitum*, *Xerosecta sp.*, *C. virgata*, *Cerneuella sp.* et *T. pyramidata* qui sont enregistrées au niveau de la quasi-totalité des stations. Par contre les espèces *X. calida*, *C. euphorca*, *G. roseotincta* et *T. zonomataeus*, elles ne sont enregistrées qu'au niveau de certaines stations.

**Tableau 7** : Espèces d'escargots terrestres des stations de basses altitudes

Familles	Espèces d'escargots	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Helicidae	<i>Cornu aspersum maxima</i>	-	1099	258	267	435	398	17
	<i>Cornu aspersum aspersum</i>	19	205	413	221	210	232	25
	<i>Cantareus apertus</i>	26	93	391	74	185	123	-
	<i>Theba pisana</i>	357	604	595	158	198	-	31
	<i>Otala punctata</i>	-	-	-	47	207	-	-
	<i>Eobania constantina</i>	-	1031	622	-	-	-	320
	<i>Eobania vermiculata</i>	-	409	-	50	124	-	496
Hygromiidae	<i>Xerosecta cespitum</i>	359	647	392	263	365	202	-
	<i>Xerosecta calida</i>	218	-	181	38	-	-	-
	<i>Xerosecta sp.ind.</i>	93	98	10	-	209	61	323
	<i>Cerņuella virgata</i>	333	811	697	137	513	211	484
	<i>Cerņuella sp.ind.</i>	18	529	307	-	464	113	441
	<i>Cerņuella euphorca</i>	59	90	699	-	353	-	-
	<i>Trochoidea pyramidata</i>	319	198	104	35	226	22	90
	<i>Ganula roseotincta</i>	31	-	-	31	0	137	78
	<i>Trochylus zonimataeus</i>	-	-	-	70	19	92	79
	<i>Trochylus flavus</i>	14	14	29	35	72	51	94
Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>	34	-	138	129	296	374	-
	<i>Rumina sp.ind.</i>	32	-	-	132	195	285	-
Cochlicellidae	<i>Cochlicella barbara</i>	-	65	34	161	615	-	361
	<i>Cochlicella acuta</i>	-	70	21	83	465	-	305
Oxychilidae	<i>Oxychylus sp.ind.</i>	45	-	-	26	21	101	-
Enidae	<i>Mastus pupa</i>	61	-	-	-	-	-	-
Oleacinidae	<i>Poiretia algira</i>	-	-	5	-	-	-	-
Pomatiidae	<i>Tudorella sulcata</i>	696	-	0	-	-	-	-
Ferussaciidae	<i>Ferussacia folliculum</i>	16	-	10	-	-	-	-
Sphincterochilidae	<i>Sphincterochyla sp.ind.</i>	-	26	775	-	35	-	-
Nombre d'individus		2730	5989	5681	1957	5207	2402	3144
Nombre d'espèces (Richesse spécifique)		18	16	19	18	20	14	14

Les espèces *R. decollata* et *Rumina sp.* de la famille des Subulinidae sont présentes dans la plupart des stations. Néanmoins, la troisième station comporte seulement *Rumina sp.* alors qu'au niveau de la deuxième et septième aucune des deux espèces n'est recensée.

*C. barbara* et *C. acuta* de la famille des Cochlicellidae sont absentes uniquement au niveau de la première et sixième station.

Les familles Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, Pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae ne sont recensées que dans quelques stations et sont représentées chacune par une seule espèce.

Nous constatons que le nombre d'espèces d'escargots diffère entre les stations et que la richesse spécifique la plus marquée est observée au niveau de Taboukert avec 20 espèces, suivie de la station de Tizi-Ouzou avec 19 espèces et des stations Tizgirt et Tala Toulmouts avec 18 espèces

chacune. Les deux premières stations montrent également des densités élevées qui sont respectivement de l'ordre de 5207 et 5989 individus.

Les stations de Tizi-Rached et Tamda présentent la plus faible richesse spécifique de la faune malacologique qui est de 14 espèces accompagnée d'une faible densité.

La station de DBK a présenté 16 espèces, cette richesse spécifique moyenne est largement compensée par une forte densité avec 5989 individus.

### **2.1. Distribution des familles d'escargots terrestres**

Les espèces présentes au niveau des sept stations de basses altitudes sont réparties en 10 familles dont les proportions varient d'une station à une autre (Fig. 22).

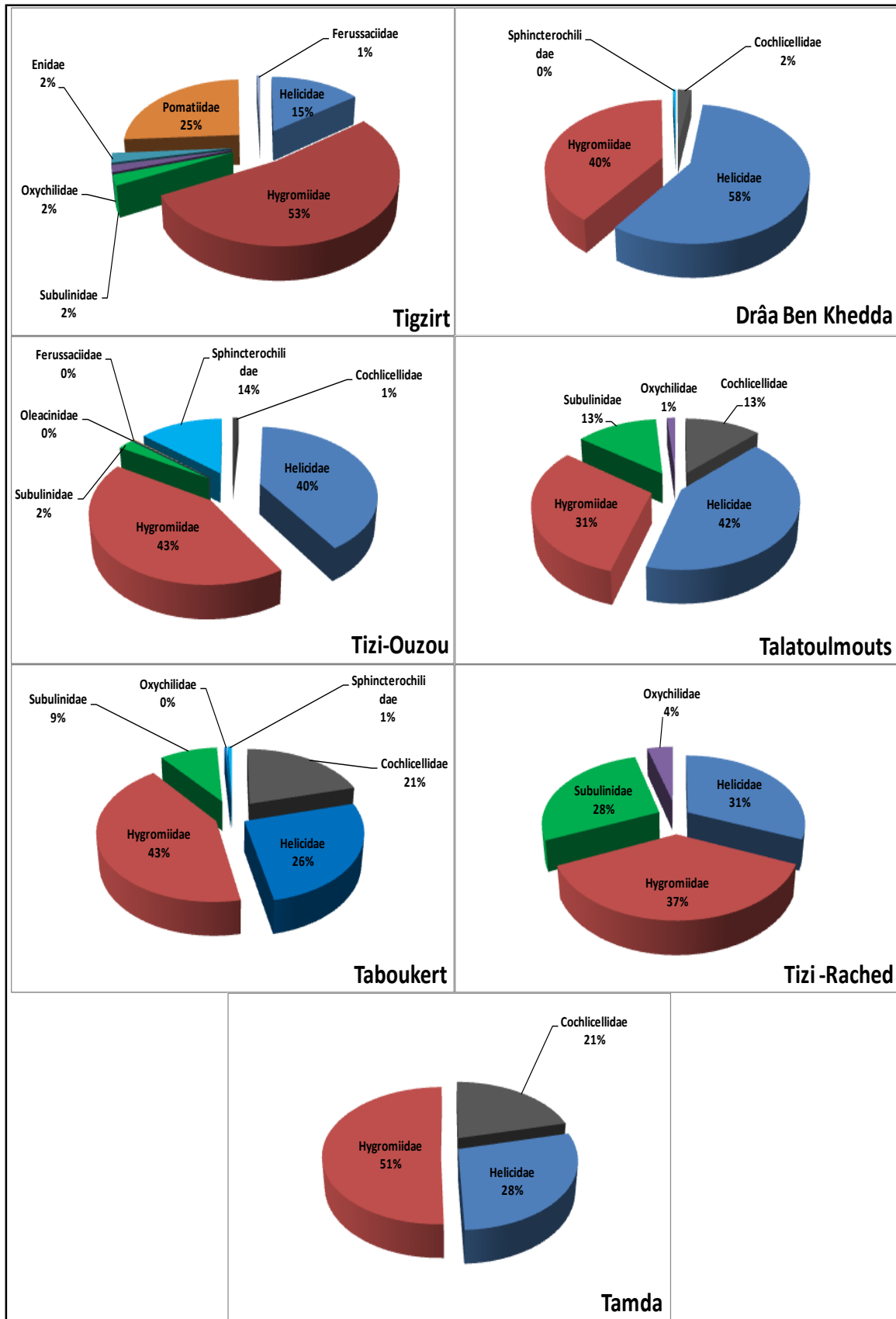


Figure 22 :Densité des familles d’escargots au niveau des stations de basses altitudes

Les résultats présentés dans la figure 22, montrent que les familles d'escargots terrestres présentent des fréquences centésimales différentes selon les stations. Les Helicidae, les Hygromiidae ainsi que les Subulinidae coexistent au niveau des 7 stations prospectées.

Au niveau de la station 1, la fréquence centésimale la plus importante est de 53% pour la famille des Hygromiidae, suivie par la famille des Pomatiidae avec un taux de 25%, quant aux autres familles leur fréquence est relativement faible.

L'étude de la deuxième station a révélé des abondances relatives importantes de 40% et 58% pour les Hygromiidae et les Helicidae respectivement. Tandis que les Cochlicellidae et les Sphincterochilidae sont très peu répandues.

Les Hygromiidae et les Helicidae sont les familles les plus abondantes au niveau des stations de Tizi-Ouzou et de Tala Toulmouts.

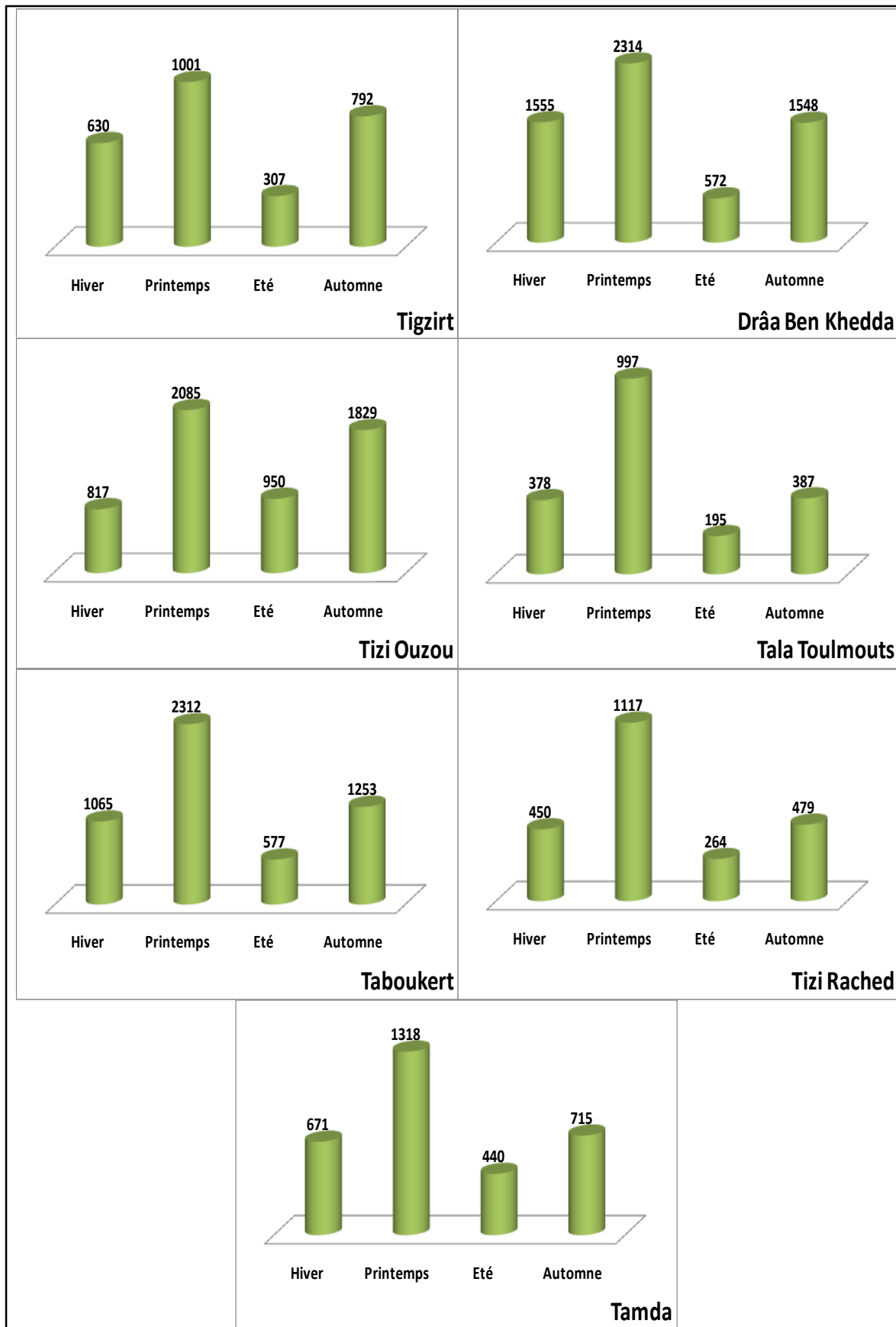
Au niveau de la station de Taboukert, la famille des Hygromiidae est prédominante avec une fréquence centésimale de 43%, suivie de la famille des Helicidae et des Cochlicellidae dont les fréquences sont 26% et 21% respectivement.

L'analyse de la sixième station a révélé la présence de quatre familles dont les Helicidae, les Hygromiidae et les Subulinidae présentant des proportions relativement identiques d'environ 32%, alors que la famille des Oxychilidae est faiblement représentée.

La station de Tamda présente seulement trois familles. Les Hygromiidae sont retrouvés avec une abondance relative de 51% suivie de la famille des Helicidae et des Cochlicellidae avec des fréquences respectives de 28% et 21%.

## **2.2. Variations saisonnières de la densité des escargots**

Les escargots terrestres font partie des espèces les plus sensibles aux variations climatiques des saisons, induisant des variations saisonnières de la densité entre les différentes stations, consignées dans la figure 23.



**Figure 23 :** Variation saisonnière de la densité des escargots terrestres au niveau des stations de basses altitudes

Le nombre d'individus recensés dans les stations de basses altitudes varie d'une saison à une autre et d'une station à une autre. Les résultats montrent qu'au niveau des sept stations, les nombres d'individus les plus importants sont mentionnés au printemps avec un pic de 2314 individus au niveau de la station de DBK et en automne avec un pic de 1829 au niveau de la station de Tizi-Ouzou (M'Douha).

La comparaison de la densité des espèces d'escargots terrestres dans les différentes stations montre qu'elle est considérablement plus faible pendant l'hiver et l'été. Cependant, l'effectif est plus important en hiver par rapport à l'été.

### 2.3. Variation stationnelle de la densité, l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence.

La densité, l'abondance relative des espèces ainsi que la fréquence d'occurrence varient d'une station à une autre.

#### 2.3.1. Station de Tizirt

La densité, l'abondance relative et la fréquence de toutes les espèces d'escargots terrestres identifiés au niveau de la station de Tizirt sont présentées dans le tableau 8.

**Tableau 8 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence d'escargots recensés au niveau de la station de Tizirt.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Tudorella sulcata</i>	58	25,49	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	29,92	13,15	100	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	29,75	13,08	100	Omniprésente
<i>Cernuella virgata</i>	27,75	12,20	100	Omniprésente
<i>Oxychylus</i> sp. ind.	3,75	1,65	91,66	Omniprésente
<i>Xerosecta calida</i>	18,17	7,99	83,33	Omniprésente
<i>Mastus pupa</i>	5,08	2,23	83,33	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	2,83	1,25	83,33	Omniprésente
<i>Rumina</i> sp. ind.	2,67	1,17	83,33	Omniprésente
<i>Ganula roseotincta</i>	2,58	1,14	83,33	Omniprésente
<i>Cornu aspersum</i> <i>aspersum</i>	1,58	0,70	83,33	Omniprésente
<i>Trochoidea pyramidata</i>	26,58	11,68	75	Constante
<i>Xerosectasp.</i> ind.	7,75	3,41	75	Constante
<i>Cantareus apertus</i>	2,17	0,95	75	Constante
<i>Cernuella euphorca</i>	4,92	2,16	66,66	Constante
<i>Trochylus flavus</i>	1,17	0,51	66,66	Constante
<i>Ferussacia folliculum</i>	1,33	0,59	58,33	Régulière
<i>Cernuellasp.</i> ind.	1,5	0,66	25	Accessoire

Dans cette station, *T.sulcata* est l'espèce la plus abondante avec un pourcentage de 25,49% et une densité de 58 par 100 m<sup>2</sup>.

*T.sulcata*, *X.cespitum*, *T.pisana*, *C.virgata*, *Oxychylus sp.*, *X.calida*, *M.pupa*, *R.decollata*, *Rumina sp.*, *G.roseotincta* et *C.aspersum aspersum* sont onze espèces omniprésentes dans la station de Tizgirt. Alors que *T.pyramidata*, *Xerosecta sp.*, *C.apertus*, *C.euphorca* et *T.flavus* sont des espèces constantes. D'autre part, *F.folliculum* est la seule espèce régulière avec une fréquence d'occurrence de 58.33% et *Cernuella sp.* est la seule espèce accessoire avec une fréquence de 25% (Tab. 8).

### 2.3.2. Station de Drâa Ben Khedda

Les résultats après calcul de la densité, l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots recensées au niveau de la station de Drâa Ben Khedda sont annoncés dans le tableau 9.

**Tableau 9 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Drâa ben Khedda.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Cornu aspersum maxima</i>	91,58	18,35	100	Omniprésente
<i>Eobania constantina</i>	85,92	17,21	100	Omniprésente
<i>Cernuella virgata</i>	67,58	13,54	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	53,92	10,80	100	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	50,33	10,09	100	Omniprésente
<i>Cernuella sp. ind.</i>	44,08	8,83	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	17,08	3,42	100	Omniprésente
<i>Eobania vermiculata</i>	34,08	6,83	91,67	Omniprésente
<i>Cochlicella barbara</i>	5,42	1,09	91,67	Omniprésente
<i>Cantareus apertus</i>	7,75	1,55	83,33	Omniprésente
<i>Cochlicella acuta</i>	5,83	1,17	83,33	Omniprésente
<i>Trochoidea pyramidata</i>	16,5	3,31	66,67	Constante
<i>Xerosecta sp. ind.</i>	8,17	1,64	66,67	Constante
<i>Sphincterochyla sp. ind.</i>	2,17	0,43	58,33	Régulière
<i>Cernuella euphorca</i>	7,5	1,5	50	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	1,17	0,23	41,67	Régulière

L'analyse du tableau 9, révèle que l'espèce la plus abondante au niveau de cette station est *C.aspersum maxima* avec une abondance relative de 18,35% et une densité de 91,58 par 100 m<sup>2</sup>. Elle révèle aussi la présence de 11 espèces omniprésentes, 2 espèces constantes (*T.pyramidata* et *Xerosecta sp.*) ainsi que 3 espèces régulières (*Sphincterochyla sp.*, *C.euphorca* et *T.flavus*).

### 2.3.3. Station de Tizi-Ouzou

Les données de l'inventaire des escargots terrestres de la station de Tizi-Ouzou sont exploitées par le calcul de la densité, de l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence des espèces d'escargots (Tab.10).

**Tableau 10 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tizi-Ouzou.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Sphincterochylasp. ind.</i>	64,58	13,64	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersumaspersum</i>	34,42	7,27	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	32,67	6,90	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	11,50	2,43	100	Omniprésente
<i>Cernuella virgata</i>	58,08	12,27	91,66	Omniprésente
<i>Eobania constantina</i>	51,83	10,95	91,66	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	21,50	4,54	91,66	Omniprésente
<i>Cantareus apertus</i>	32,58	6,88	83,33	Omniprésente
<i>Trochylus flavus</i>	2,42	0,51	83,33	Omniprésente
<i>Cernuella euphorca</i>	58,25	12,30	75	Constante
<i>Theba pisana</i>	49,58	10,47	75	Constante
<i>Xerosecta calida</i>	15,08	3,19	75	Constante
<i>Cernuella sp. ind.</i>	25,58	5,40	58,33	Régulière
<i>Cochlicella acuta</i>	0,37	0,37	58,33	Régulière
<i>Cochlicella barbara</i>	0,60	0,60	50	Régulière
<i>Trochoidea pyramidata</i>	8,67	1,83	41,66	Régulière
<i>Ferussacia folliculum</i>	0,18	0,18	41,66	Régulière
<i>Xerosecta sp. ind.</i>	0,83	0,18	25	Accessoire
<i>Poiretia algira</i>	0,09	0,09	25	Accessoire

Dans la station de Tizi-Ouzou (M'douha) ,*Sphincterochyla sp.* est l'espèce la plus abondante avec un pourcentage de 13,64% et une densité de 64,58 pour 100 m<sup>2</sup>. Elle compte 9 espèces omniprésentes, 3 espèces constantes (*C.euphorca*, *T.pisana* et *X.calida*) ainsi que 5 espèces régulières (*Cernulla sp.*, *C.barbara*, *C.acuta*, *T.pyramidata*, et *F.folliculum*).

Nous avons aussi noté la présence de 2 espèces accessoires, il s'agit de *Xerosecta sp.* et *P.algira*.

### 2.3.4. Station de Tala Toulmouts

Les densité, abondance relative et fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres inventoriées au niveau de la station de Tala-Toulmouts sont représentées dans le tableau 11.

**Tableau 11:** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tala Toulmouts.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Cornu aspersum maxima</i>	22,25	13,65	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	21,92	13,45	91,66	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	13,17	8,08	83,33	Omniprésente
<i>Cerneuella virgata</i>	11,42	7,00	75	Constante
<i>Eobania vermiculata</i>	4,17	2,56	75	Constante
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	18,42	11,30	66,66	Constante
<i>Cochlicella barbara</i>	13,42	8,23	66,66	Constante
<i>Rumina sp.ind.</i>	11,00	6,75	66,66	Constante
<i>Rumina decollata</i>	10,75	6,60	66,66	Constante
<i>Otala punctata</i>	3,92	2,40	66,66	Constante
<i>Ganula roseotincta</i>	2,58	1,58	66,66	Constante
<i>Cochlicella acuta</i>	6,92	4,24	58,33	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	6,17	3,78	58,33	Régulière
<i>Trochoidea pyramidata</i>	2,92	1,79	58,33	Régulière
<i>Oxychylus sp. ind.</i>	2,17	1,33	58,33	Régulière
<i>Trochylus zonimataeus</i>	5,83	3,58	50	Régulière
<i>Xerosecta calida</i>	3,17	1,94	41,66	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	2,92	1,79	33,33	Accessoire

Dans la quatrième station, *C. aspersum maxima* recensée avec une proportion de 13,65 % et une densité de 22,25, est l'espèce la plus abondante. Cette station compte 8 espèces constantes : *E. vermiculata*, *C. virgata*, *C. aspersum aspersum*, *O. punctata*, *G. roseotincta*, *R. decollata*, *Rumina sp.* et *C. barbara* ainsi que 6 espèces régulières : *C. apertus*, *T. pyramidata*, *C. acuta*, *Oxychylus sp.*, *T. zonimataeus* et *X. calida*. Alors que les trois espèces restantes sont omniprésentes.

### 2.3.5. Station de Taboukert

Les Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres identifiées au niveau de la station de Taboukert sont représentées dans le tableau 12.

**Tableau 12 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Taboukert.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Cernuella</i> sp. ind.	38,67	8,91	100	Omniprésente
<i>Cernuella euphorca</i>	29,42	6,78	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	24,67	5,68	100	Omniprésente
<i>Trochoidea pyramidata</i>	18,83	4,34	100	Omniprésente
<i>Rumina</i> sp.ind.	16,25	3,74	100	Omniprésente
<i>Cochlicella barbara</i>	51,25	11,81	91,66	Omniprésente
<i>Cernuella virgata</i>	42,75	9,85	91,66	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	36,25	8,35	91,66	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	30,42	7,01	91,66	Omniprésente
<i>Otala punctata</i>	17,25	3,98	91,66	Omniprésente
<i>Cochlicella acuta</i>	38,75	8,93	83,33	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	17,5	4,03	83,33	Omniprésente
<i>Xerosecta</i> sp. ind.	17,42	4,01	83,33	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	16,5	3,80	83,33	Omniprésente
<i>Cantareus apertus</i>	15,42	3,55	83,33	Omniprésente
<i>Trochylus flavus</i>	6	1,38	75	Constante
<i>Eobania vermiculata</i>	10,33	2,38	66,66	Constante
<i>Trochylus zonimataeus</i>	1,58	0,36	66,66	Constante
<i>Sphincterochyla</i> sp. ind.	2,92	0,67	58,33	Régulière
<i>Oxychylus</i> sp. ind.	1,75	0,40	50	Constante

Au niveau de Taboukert, l'espèce *C.barbara* est la plus abondante avec 11.81% et une densité de 51,25 pour 100 m<sup>2</sup>. Cependant, nous avons compté 20 espèces d'escargots terrestres dont 15 omniprésentes, 3 constantes et deux espèces régulières *Sphincterochyla* sp. et *Oxychylus* sp.

### 2.3.6. Station de Tizi-Rached

Les estimations de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces d'escargots de la station de Tizi-Rached sont mentionnées au niveau du tableau 13.

**Tableau 13:** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tizi-Rached.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Cornu aspersum maxima</i>	33,17	16,58	91,66	Omniprésente
<i>Cerneuella virgata</i>	17,58	8,79	91,66	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	31,17	15,58	83,33	Omniprésente
<i>Rumina</i> sp.ind.	23,75	11,87	83,33	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	19,33	9,66	83,33	Omniprésente
<i>Oxychylus</i> sp. ind.	8,42	4,21	83,33	Omniprésente
<i>Trochylus flavus</i>	4,25	2,12	75	Constante
<i>Xerosecta cespitum</i>	16,83	8,41	66,66	Constante
<i>Ganula roseotincta</i>	11,42	5,71	66,66	Constante
<i>Cantareus apertus</i>	10,25	5,12	66,66	Constante
<i>Cerneuella</i> sp. ind.	9,42	4,71	58,33	Régulière
<i>Trochoidea pyramidata</i>	1,83	0,92	58,33	Régulière
<i>Trochylus zonimataeus</i>	7,67	3,83	50	Régulière
<i>Xerosecta</i> sp. ind.	5,08	2,54	50	Régulière

Avec un pourcentage de 16,58 % et une densité de 33,17 pour 100 m<sup>2</sup>, *C. aspersum maxima* est l'espèce la plus abondante à Tizi-Rached.

Parmi les 14 espèces échantillonnées, nous avons comptabilisé six espèces omniprésentes et quatre espèces constantes avec une fréquence d'occurrence de 66,66 % pour *C. apertus*, *X. cespitum* et *G. roseotincta* et une fréquence de 75% pour *T. flavus*. Les quatre autres espèces sont régulières comme *Cerneuella* sp., *T. pyramidata*, *T. zonimataeus* et *Xerosecta* sp. avec des fréquences comprises entre 50 et 58,33% (Tab. 13).

### 2.3.7. Station de Tamda

Les paramètres densité, abondance relative et fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres inventoriées au niveau de la station de Tamda sont représentés dans le tableau 14.

**Tableau 14 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tamda.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Cernuella virgata</i>	40,33	15,39	100	Omniprésente
<i>Cernuella sp. ind.</i>	36,75	14,03	100	Omniprésente
<i>Cochlicella barbara</i>	30,08	11,48	100	Omniprésente
<i>Xerosecta sp. ind.</i>	26,92	10,27	100	Omniprésente
<i>Cochlicella acuta</i>	25,42	9,70	100	Omniprésente
<i>Ganula roseotincta</i>	6,5	2,48	100	Omniprésente
<i>Eobania vermiculata</i>	41,33	15,78	83,33	Omniprésente
<i>Eobania constantina</i>	26,67	10,18	83,33	Omniprésente
<i>Trochylus flavus</i>	7,83	2,99	75	Constante
<i>Trochoidea pyramidata</i>	7,5	2,86	75	Constante
<i>Trochylus zonimataeus</i>	6,58	2,51	75	Constante
<i>Theba pisana</i>	2,58	0,99	75	Constante
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	2,08	0,80	75	Constante
<i>Cornu aspersum maxima</i>	1,42	0,54	66,66	Constante

Au niveau de la station de Tamda, *E.vermiculata* est l'espèce la plus abondante avec 15,78% et une densité de 41,33 par 100 m<sup>2</sup>.

*C.virgata*, *Cernuella sp.*, *C.barbara*, *Xerosecta sp.*, *C.acuta*, *G.roseotincta*, *E.vermiculata* et *E.constantina* sont omniprésentes avec une fréquence d'occurrence de 100 % pour les six premières espèces, tandis qu'elle est de 83,33% pour les deux dernières. Par contre, les autres espèces sont constantes (Tab. 14).

#### 2.4. Variations de l'indice de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver permet d'évaluer la richesse en biodiversité des stations étudiées et de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité qui montre une variation mensuelle (Tab.15) et saisonnière (Tab.16).

**Tableau 15 :** Variations mensuelles de Shannon-Weaver des stations de basses altitudes.

	Indice Shannon-Weaver											
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
<b>S1</b>	2,83	2,26	2,28	3,17	2,98	3,19	3,29	2,76	2,69	3,11	3,20	2,99
<b>S2</b>	3,16	2,93	2,86	3,17	3,38	3,42	3,03	3,02	2,62	3,08	3,41	3,43
<b>S3</b>	3,46	3,47	2,80	3,40	3,30	3,45	3,04	3,26	3,50	3,55	3,31	3,38
<b>S4</b>	3,42	2,64	1,58	0,72	3,38	3,25	2,68	2,36	3,66	3,81	3,38	3,54
<b>S5</b>	3,89	3,74	2,83	3,02	3,76	3,62	3,60	3,71	3,85	3,96	3,88	3,85
<b>S6</b>	3,03	1,95	0,00	0,96	3,71	3,75	3,05	2,24	3,34	3,61	3,42	3,40
<b>S7</b>	3,83	3,09	2,61	2,81	3,11	3,45	3,11	2,63	2,78	3,22	3,31	3,31

Les résultats présentés dans le tableau 15 indiquent que l'indice de Shannon-Weaver est important durant tous les mois de l'année pour toutes les stations excepté au niveau de la sixième station (Tizi-Rached), où nous avons enregistré une valeur de H' égale à zéro car tous les individus appartiennent à la même espèce, ce qui implique que le milieu est peu diversifié.

Par contre, les plus grandes valeurs de H' sont enregistrées au niveau des stations de Tizi-Ouzou(S3), de Tala Toulmout (S4) et de Taboukert (S5) durant le mois de Mars avec une valeur maximale de 3,96bits au niveau de la cinquième station.

Par ailleurs, nous avons enregistré un indice important pour la première station au mois de Décembre, la deuxième station au mois de Mai, la sixième station au mois de Novembre et la septième station au mois de Juin. Cet indice est respectivement de 3,29, 3,43,3,75 et 3,83 bits.

L'indice de Shannon-Weaver permet d'évaluer la richesse en biodiversité, les valeurs les plus basses sont notées durant la période estivale (Juin, Juillet et Août) pour les stations de Tizgirt (S1), M'douha (S3), Tala Toulmouts (S4) et Tizi-Rached (S6) avec des valeurs variant entre 0 et 1,53.

La valeur la plus basse est observée au mois de Février pour la station Draa Ben Khedda(S2), au mois d'Août pour les stations Taboukert et Tamda.

**Tableau 16 :** Variation saisonnière de Shannon-Weaver des stations d'études.

	<b>Indice Shannon-Weaver</b>			
	<b>Été</b>	<b>Automne</b>	<b>Hiver</b>	<b>Printemps</b>
<b>S1</b>	2,45	3,11	2,91	3,10
<b>S2</b>	2,98	3,32	2,89	3,31
<b>S3</b>	3,24	3,38	3,27	3,41
<b>S4</b>	2,55	2,45	2,90	3,58
<b>S5</b>	3,49	3,47	3,72	3,90
<b>S6</b>	1,66	2,81	2,88	3,47
<b>S7</b>	2,96	3,12	2,85	3,28

En fonction de la saison (Tab. 16), nous retenons que l'indice de Shannon-Weaver est variable aussi bien entre les saisons qu'entre les stations. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées en automne pour les stations 1, 2 et 3 et au printemps pour les stations 4, 5, 6 et 7. Tandis que les valeurs les moins importantes sont enregistrées en été pour les stations 1, 3 et 6, en hiver pour les stations 2 et 7 et en automne pour les stations 4 et 5.

## 2.5. Variations de l'indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité permet d'évaluer l'état du peuplement malacologique selon ses variations mensuelles (Tab.17) et saisonnières (Tab.18).

**Tableau 17 :** Variations mensuelles de l'indice d'équitabilité des stations de basses altitudes.

Indice d'équitabilité												
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
<b>S1</b>	0,79	0,71	0,68	0,79	0,74	0,79	0,82	0,80	0,75	0,76	0,76	0,71
<b>S2</b>	0,88	0,84	0,95	0,81	0,86	0,87	0,84	0,81	0,70	0,78	0,83	0,84
<b>S3</b>	0,88	0,91	0,88	0,87	0,84	0,86	0,88	0,85	0,89	0,86	0,17	0,84
<b>S4</b>	0,87	0,88	1,00	0,72	0,89	0,83	0,89	0,84	0,91	0,91	0,81	0,85
<b>S5</b>	0,93	0,95	0,85	0,87	0,87	0,87	0,92	0,92	0,89	0,91	0,89	0,89
<b>S6</b>	0,91	0,84	0,00	0,96	1,00	1,00	0,92	0,79	0,93	0,97	0,92	0,92
<b>S7</b>	0,83	0,89	0,87	0,786	0,84	0,93	0,85	0,87	0,80	0,84	0,87	0,87

L'indice d'équitabilité (Tab. 17) est important et tend vers 1 durant presque tous les mois de l'année pour toutes les stations, ceci traduit l'existence d'un peuplement bien équilibré. Il est par contre nul au mois d'Août au niveau de la station 6, cette valeur peut être due à la diminution de la richesse spécifique (S=01).

Malgré l'importance de la richesse spécifique qui est de 16 espèces au niveau de la deuxième station, l'indice d'équitabilité est également faible en Avril avec une valeur de 0,17. Ce résultat peut être expliqué par le manque de pluie durant ce mois.

**Tableau 18 :** Variations saisonnières de l'indice d'équitabilité des stations de basses altitudes.

Indice d'équitabilité				
	Été	Automne	Hiver	Printemps
<b>S1</b>	0,73	0,77	0,79	0,74
<b>S2</b>	0,89	0,85	0,79	0,82
<b>S3</b>	0,89	0,86	0,87	0,62
<b>S4</b>	0,91	0,81	0,88	0,85
<b>S5</b>	0,91	0,87	0,91	0,90
<b>S6</b>	0,58	0,98	0,88	0,94
<b>S7</b>	0,86	0,85	0,84	0,86

D'après l'analyse du tableau 18, l'indice d'équitabilité est important durant presque toute l'année pour les 7 stations et qu'il ne présente pas de variations saisonnières notables. Les valeurs varient particulièrement dans un intervalle étroit de 0,58 et 0,98.

## 2.6. Caractéristiques physicochimiques du sol

Les résultats des analyses physicochimiques du sol des stations de basses altitudes sont mentionnés dans le tableau 19.

**Tableau 19** : Caractères physicochimiques du sol des stations de basses altitudes.

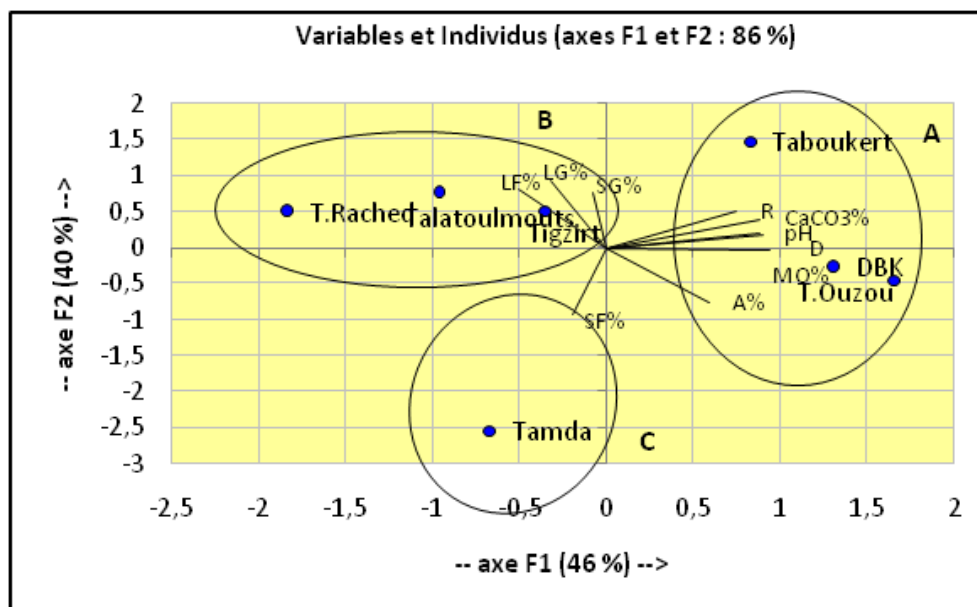
	Arg	L.F	L.Gr	S.F	S.Gr	Texture	pH	Cal.Tot	M.O
S1	17,75	46,19	23,15	7,33	5,58	Limoneuse	7,91	10,67	7,41
S2	39,40	28,55	20,15	5,25	6,70	Argilo- limoneuse	7,98	12,15	8,38
S3	41,65	24,50	20,31	7,14	6,40	Argilo- limoneuse	7,91	12,35	9,41
S4	17,50	47,35	24,50	5,75	6,39	Limoneuse	7,43	9,93	7,43
S5	18,75	45,70	25,75	3,10	6,70	limono-argileuse	7,99	11,53	9,19
S6	18,24	43,15	24,50	4,80	9,31	Limoneuse	7,14	7,52	7,14
S7	39,10	25,40	18,15	15,55	1,80	Argilo- limoneuse	7,44	7,39	7,44
S1	27,48	37,26	22,36	6,99	6,13	Limoneuse	7,69	10,22	8,06

Les résultats obtenus révèlent un sol avec une texture Argilo- limoneuse au niveau de quatre stations Drâa Ben Khedda, Tizi-Ouzou, Taboukert et Tamda et une texture Limoneuse au niveau des stations Tizirt, Tala Toulmouts et Tizi-Rached.

L'étude montre que les sols de basse altitude sont alcalins avec un  $\text{pH} > 7,5$ , avec une exception au niveau de Tizi-Rached qui présente un sol neutre avec un  $\text{pH} = 7,14$ . Les sept stations présentent des sols de type modérément calcaire et des teneurs élevées en matière organique.

## 2.7. Analyse des composantes principales

Les résultats de l'analyse des composantes principales entre les paramètres physicochimiques des sols, la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de basses altitudes sont indiqués dans la figure 24.



**Figure 24** : Représentation graphique de la projection des variables selon l'ACP au niveau des stations de basses altitudes

L'Analyse des Composantes Principales (ACP) montre que les deux axes F1 et F2 expliquent à eux seuls 86% de l'inertie totale constatée. Selon les affinités, nous pouvons discerner trois groupes A, B et C.

Le groupe A comprend les stations dont les sols ont montré une richesse en calcaire total et en matière organique, mais aussi des pH élevés ; il s'agit des trois stations, Taboukert, DBK et Tizi-Ouzou. Nous constatons que ces stations ont montré une forte corrélation avec la densité des populations (D) et leur richesse (R).

Le groupe B est constitué des stations dont les sols ont montré une forte affinité avec les limons fins, les limons grossiers et les sables grossiers ; il s'agit des stations de Tizi-Rached, Tala Toulmouts et Tigzirt.

Le groupe C est constitué de la seule station de Tamda dont les sols ont montré une richesse en sables fins.

## 2.8. Analyse des corrélations

Les résultats des corrélations entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de basses altitudes sont mentionnés au niveau du Tableau 20.

**Tableau 20:** Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de basses altitudes.

	A%	LF %	LG %	SF %	SG %	pH	CaCO3 %	MO %	R	D
A%	1	<b>-0.99</b>	<b>-0.91</b>	0.50	-0.45	0.27	0.22	0.41	-0.02	0.63
LF%	- <b>0.99</b>	1	<b>0.92</b>	-0.56	0.45	-0.17	-0.11	-0.35	0.13	-0.56
LG%	- <b>0.91</b>	<b>0.92</b>	1	<b>-0.77</b>	0.67	-0.10	0.05	-0.05	0.25	-0.32
SF%	0.50	-0.56	<b>-0.77</b>	1	<b>-0.88</b>	-0.26	-0.52	-0.33	-0.49	-0.22
SG%	-0.45	0.45	0.67	<b>-0.88</b>	1	-0.10	0.21	0.09	0.08	0.03
pH	0.27	-0.17	-0.10	-0.26	-0.10	1	<b>0.89</b>	0.73	<b>0.85</b>	<b>0.77</b>
CaCO3 %	0.22	-0.11	0.05	-0.52	0.21	<b>0.89</b>	1	<b>0.79</b>	<b>0.91</b>	<b>0.75</b>
MO%	0.41	-0.35	-0.05	-0.33	0.09	0.73	<b>0.79</b>	1	0.73	<b>0.88</b>
R	-0.02	0.13	0.25	-0.49	0.08	<b>0.85</b>	<b>0.91</b>	<b>0.73</b>	1	0.56
D	0.63	-0.56	-0.32	-0.22	0.03	<b>0.77</b>	<b>0.75</b>	<b>0.88</b>	0.56	1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0.05 (test bilatéral)*

Le tableau de corrélation de Pearson montre que la richesse spécifique R et la densité D des populations échantillonnées sont significativement et positivement corrélées au pH, au taux de calcaire total et au taux de matière organique des sols.

### 3. Espèces d'escargots terrestres des stations de moyennes altitudes

Les espèces d'escargots terrestres recensés au niveau des stations de moyennes altitudes sont indiquées dans le Tableau ci-dessous.

**Tableau 21** : Espèces d'escargots terrestres des stations de moyennes altitudes.

Familles	Espèces d'escargots	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Helicidae	<i>Cornu aspersum maxima</i>	330	41	102	71	472	160	91
	<i>Cornu aspersum aspersum</i>	315	51	157	70	646	179	55
	<i>Cantareus apertus</i>	204	39	6	29	113	51	232
	<i>Theba pisana</i>	167	42	0	0	449	210	772
	<i>Otala punctata</i>	839	0	0	0	0	0	0
	<i>Eobania vermiculata</i>	32	117	0	0	0	0	13
	<i>Eobania constantina</i>	0	13	0	0	0	0	0
Hygromiidae	<i>Xerosecta cespitum</i>	323	217	0	282	0	76	376
	<i>Xerosecta calida</i>	79	0	0	143	98	57	64
	<i>Xerosecta sp.ind.</i>	16	0	0	221	0	55	0
	<i>Cernuella virgata</i>	66	1481	265	382	92	0	71
	<i>Cernuella sp.ind.</i>	46	0	640	203	0	0	0
	<i>Cernuella euphorca</i>	79	0	0	106	0	0	3
	<i>Trochoidea pyramidata</i>	36	78	0	239	0	0	143
	<i>Ganula roseotincta</i>	63	52	0	276	88	198	114
	<i>Trochylus zonimataeus</i>	0	0	0	0	103	0	0
	<i>Trochylus flavus</i>	0	30	42	74	83	4	53
Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>	540	26	7	0	1408	135	160
	<i>Rumina sp.ind.</i>	247	41	0	0	1530	0	123
Cochlicellidae	<i>Cochlicella barbara</i>	0	0	0	0	0	25	0
	<i>Cochlicella acuta</i>	0	0	0	21	0	25	0
Oxychilidae	<i>Oxychylus sp.ind.</i>	0	17	0	0	131	49	0
Enidae	<i>Mastus pupa</i>	9	77	0	0	0	0	0
Spiraxidae	<i>Poiretia algira</i>	0	12	0	0	0	0	0
Pomatiidae	<i>Tudorella sulcata</i>	15	0	0	0	0	0	0
Ferussaciidae	<i>Ferussacia folliculum</i>	0	4	0	0	0	14	0
Sphincterochilidae	<i>Sphincterochyla sp.ind.</i>	369	0	0	0	0	0	0
Nombre d'individus		3775	2338	1219	2117	5213	1238	2270
Nombre d'espèces (Richesse spécifique)		18	17	7	13	9	14	14

D'après les résultats obtenus, la famille de Helicidae est représentée par 7 espèces, dont 6 au niveau de la station 8 et 9. L'espèce *E.vermiculata* est observée au niveau de trois stations Makouda (S8), Ait El Kaid (S9) et Azaghar de Ait Bouaddou (S14). Alors que l'espèce *E.constantina* est observée juste au niveau de la 9<sup>ème</sup> station et l'espèce *O.punctata* est observée uniquement au niveau de la 8<sup>ème</sup> station.

*C.aspersum maxima*, *C.aspersum aspersum* et *C.apertus* sont les trois espèces de la famille des Helicidae présentes au niveau de la 10<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> station. Alors que dans les stations 12,13 et 14, en plus des espèces précédemment citées, une quatrième espèce *T.pisana* est identifiée.

Au niveau de ce groupe, la station 11 (Boghni) est la plus diversifiée et possède la majorité des espèces d'Hygromiidae identifiées excepté l'espèce *T.zonimataeus* qui n'est présente qu'au niveau de la station 12 aux côtés de *X.calida*, *C.virgata*, *G.roseotincta* et *T.flavus*.

*X.cespitum*, *X.calida*, *Xerosecta sp.*, *C.virgata*, *Cernuella sp.*, *C.euphorca*, *T.pyramidata* et *G.roseotincta* sont les espèces de la famille des Hygromiidae échantillonnées au niveau de la 8<sup>ème</sup> station. La station 14 présente 7 espèces d'Hygromiidae, les stations 9 et 13 comptent 5 espèces alors que la 10<sup>ème</sup> station ne compte que 3 espèces, il s'agit de *C.virgata*, *Cernuella sp.* et *T.flavus*.

La famille des Subulinidae est représentée par deux espèces *R.decollata* et *Rumina sp.* au niveau des stations 8, 9, 12 et 14. Tandis qu'au niveau des stations 10 et 13, nous n'avons observé que l'espèce *R.decollata*. Au niveau de la station 11, la famille des Subulinidae est absente.

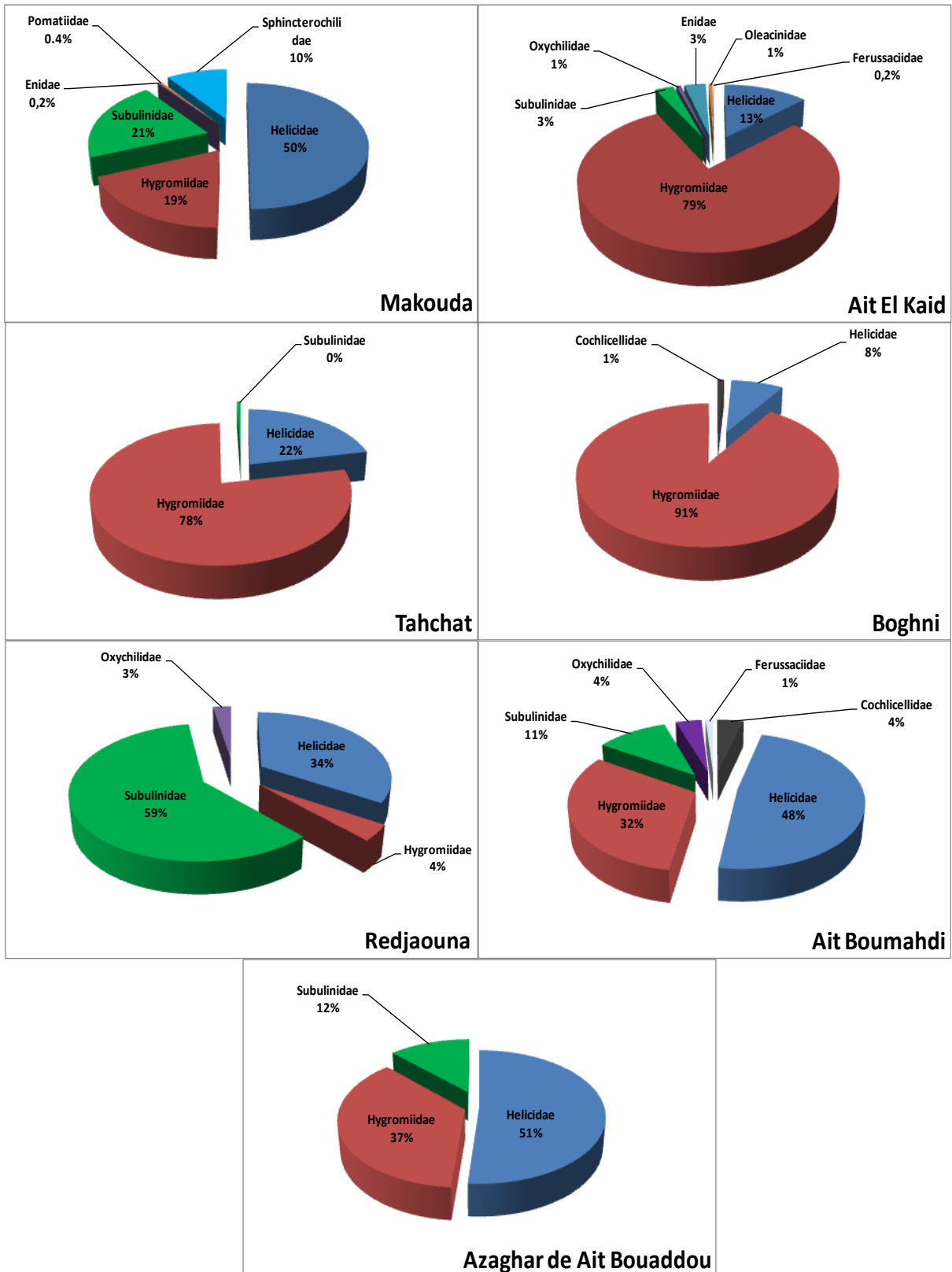
La famille des Cochlicellidae est représentée au niveau de la 13<sup>ème</sup> station par deux espèces *C.barbara* et *C.acuta*, alors qu'au niveau de la 11<sup>ème</sup> station elle n'est représentée que par une seule espèce *C.acuta*.

Une seule espèce est identifiée pour les familles Oxychilidae (*Oxychylus sp.*), Enidae (*M.pupa*) et Oleacinidae (*P.algira*), présentent respectivement dans les stations 9, 12 et 13 pour la première famille, la station 8 pour la seconde et la station 9 pour la dernière famille.

La richesse spécifique au niveau du groupe de moyennes altitudes varie d'une station à une autre. Le nombre le plus important de 18 espèces est enregistré au niveau de la station de Makouda, suivie de 17 espèces au niveau de la station Ait El Kaid. Les stations de Ait Boumahdi et Ait Bouaddou comptent 14 espèces et la station de Boghni 13 espèces. Une faible richesse spécifique de 9 espèces est enregistrée au niveau de la station de Redjaouna qui est largement compensée en nombre avec 4939 individus. Par contre, au niveau de la station de Tahchat, nous avons noté une faible richesse spécifique de 7 espèces accompagnée d'une faible densité.

**3.1. Distribution des familles d'escargots terrestres**

Les espèces présentes au niveau des stations de moyennes altitudes sont réparties en 10 familles dont les proportions varient d'une station à une autre (Fig. 25).



**Figure 25 :** Densité des familles d'escargots au niveau des stations de moyennes altitudes

Nous constatons que les Helicidae et les Hygromiidae existent au niveau de toutes les stations de moyennes altitudes avec des proportions différentes. La station de Makouda, en plus des deux familles sus citées, présente les Subulinidae et les Sphincterochilidae avec des fréquences respectives de 19% et 10%, ainsi que les Enidae et les Pomatiidae avec des pourcentages infimes.

La station de Ait El Kaid compte sept familles dont les Hygromiidae sont les plus prépondérants avec un pourcentage de 91%, tandis que la famille des Helicidae ne représente que 19% de la population malacologique. Quant aux Subulinidae, Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae et Ferussaciidae sont des familles très peu représentées.

Au niveau des stations de Tahchat et de Boghni, seules trois familles sont présente avec une prédominance des Hygromiidae, avec des fréquences respectives de 78% et 91%.

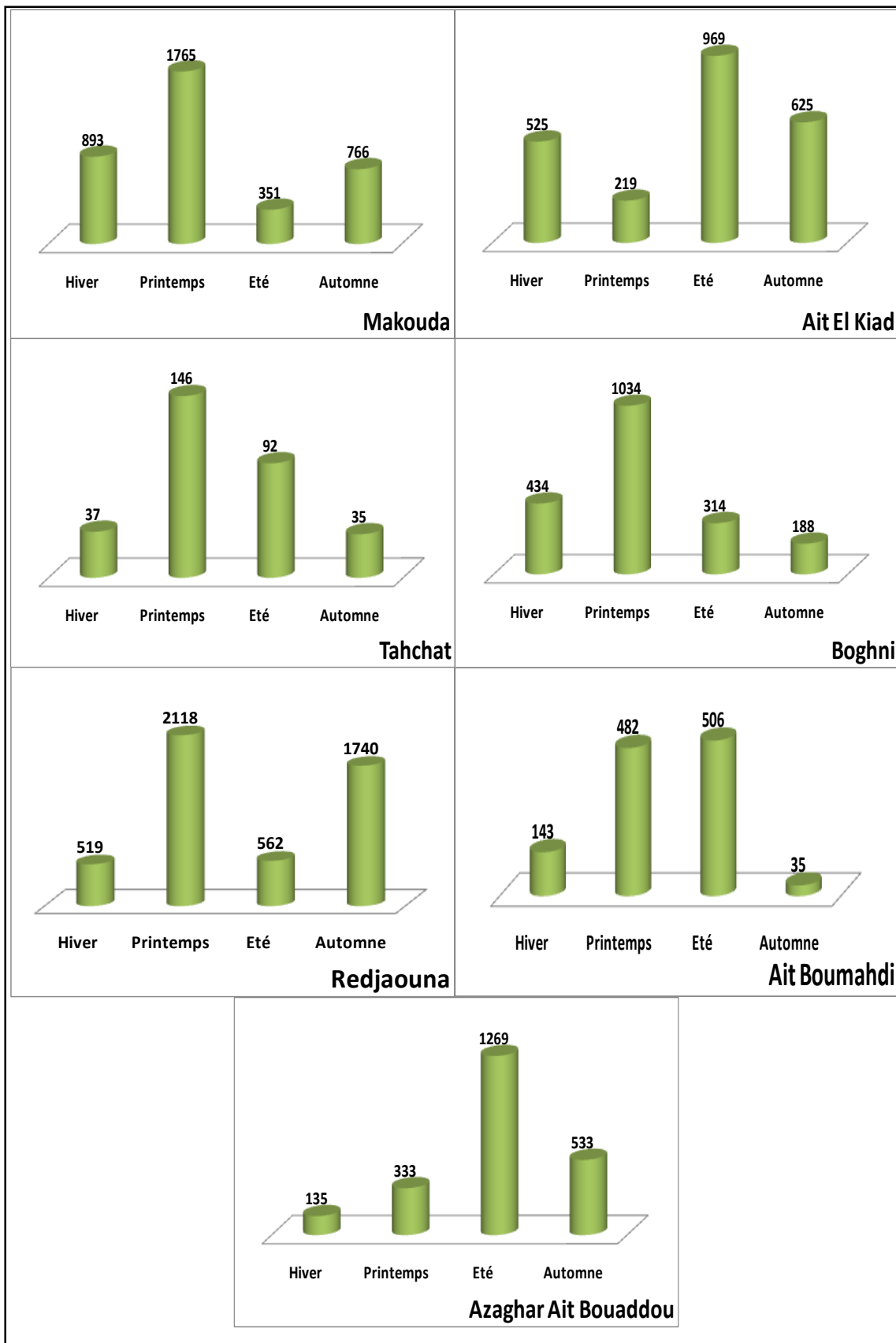
La famille des Subulinidae avec une fréquence d'occurrence de 59% prédomine au niveau de la station de Redjaouna, suivie de la famille des Helicidae avec un taux de 34%. Quant aux Hygromiidae et aux Oxychilidae, sont des familles faiblement représentées.

Au niveau de la 13<sup>ème</sup> station, la fréquence la plus importante de 48% est attribuée à la famille des Helicidae, suivie de la famille des Hygromiidae avec 32%. Alors que la famille des Subulinidae, Oxychilidae, Cochlicellidae et Ferussaciidae ne sont que faiblement représentées.

La station d'Azaghar de Ait Bouaddou est représentée par seulement trois familles, dont les Helicidae avec une fréquence importante estimée à 51% suivie de la famille des Hygromiidae avec 37% et les Subulinidae avec 12%.

### **3.2. Variations saisonnières de la densité d'escargots**

Les variations climatiques induisent des variations saisonnières par la même de la richesse spécifique entre les différentes stations de moyennes altitudes (Fig.26).



**Figure 26 :** Variation saisonnière de la densité des escargots terrestres au niveau des stations moyennes altitudes

Les résultats de l'inventaire révèle que le nombre d'individus le plus important est observé au printemps à Makouda, Tahchat ainsi qu'à Boghni et en période estivale à Azaghar, Ait Bouaddou et Ait El Kaid.

La station de Ait Boumahdi a présenté des effectifs élevés et comparables durant les saisons de Printemps et d'Eté. En outre, la densité au niveau de la station de Redjaouna est prépondérante durant le Printemps et l'Eté.

### 3.3. Variation stationnelle de la densité, de l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence

La densité, l'abondance relative des espèces ainsi que la fréquence d'occurrence varient d'une station à une autre.

#### 3.3.1. Station de Makouda

La densité, l'abondance relative ainsi que la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres identifiées au niveau de la station de Makouda est représentée dans le tableau 22.

**Tableau 22 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Makouda.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence %	
<i>Otala punctata</i>	69,92	22,23	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	45	14,30	100	Omniprésente
<i>Sphincterochyla</i> sp. ind.	30,75	9,77	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	26,92	8,56	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	26,25	8,34	100	Omniprésente
<i>Ganula roseotincta</i>	5,25	1,67	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	27,5	8,74	91,66	Omniprésente
<i>Rumina</i> sp.ind.	20,58	6,54	91,66	Omniprésente
<i>Cernuella virgata</i>	5,5	1,75	91,66	Omniprésente
<i>Cantareus apertus</i>	17	5,40	83,33	Omniprésente
<i>Eobania vermiculata</i>	2,67	0,85	83,33	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	13,92	4,42	75	Constante
<i>Cernuella euphorca</i>	6,58	2,09	75	Constante
<i>Xerosecta calida</i>	6,58	2,09	75	Constante
<i>Cernuella</i> sp. ind.	3,83	1,22	58,33	Régulière
<i>Trochoidea pyramidata</i>	3	0,95	41,66	Régulière
<i>Tudorella sulcata</i>	1,25	0,40	33,33	Accessoire
<i>Xerosecta</i> sp. ind.	1,33	0,42	25	Accessoire
<i>Mastus pupa</i>	0,75	0,24	25	Accessoire

Pour la station de Makouda, l'espèce la plus abondante est *O.punctata* avec un pourcentage de 22,23% et une densité de 69,92 par 100 m<sup>2</sup>.

Nous avons comptabilisé 11 espèces omniprésentes, *C.aspersum maxima*, *C.aspersum aspersum*, *C.apertus*, *O.punctata*, *E.vermiculata*, *X.cespitum*, *C.virgata*, *G.roseotincta*, *R.decollata*, *Rumina sp.* et *Sphincterochyla sp.* ainsi que trois (03) espèces constantes *T.pisana*, *X.calida* et *C.euphorca* avec une fréquence d'occurrence de 75% chacune. *Cernuella sp.* et *T.pyramidata* sont deux espèces régulières, alors que *Xerosecta sp.*, *M.pupa* et *T.sulcata* sont des espèces accessoires.

### 3.3.2. Station de Ait El Kaid

Les estimations de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces d'escargots de la station de Ait El Kaid sont mentionnées au niveau du tableau 23.

**Tableau 23:**Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ait El Kiad.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cernuella virgata</i>	123,42	63,34	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	18,08	9,28	100	Omniprésente
<i>Rumina sp.ind.</i>	3,42	1,75	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	2,17	1,11	100	Omniprésente
<i>Mastus pupa</i>	6,42	3,29	91,66	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	4,25	2,18	83,33	Omniprésente
<i>Eobania vermiculata</i>	9,75	5,00	75	Constante
<i>Trochylus flavus</i>	2,5	1,28	75	Constante
<i>Trochoidea pyramidata</i>	6,5	3,34	66,66	Constante
<i>Theba pisana</i>	3,5	1,80	66,66	Constante
<i>Cornu aspersum maxima</i>	3,42	1,75	66,66	Constante
<i>Ganula roseotincta</i>	4,33	2,22	58,33	Régulière
<i>Poiretia algira</i>	1	0,51	50	Régulière
<i>Oxychylus sp. ind.</i>	1,42	0,73	41,66	Régulière
<i>Ferussacia folliculum</i>	0,33	0,17	33,33	Accessoire
<i>Cantareus apertus</i>	3,25	1,67	16,66	Accidentelle
<i>Eobania constantina</i>	1,08	0,56	16,66	Accidentelle

Au niveau de la station de Ait El Kaid, *C.virgata* est l'espèce la plus abondante avec 63,34% et une densité de 123,42 par 100 m<sup>2</sup>. *X.cespitum*, *C.virgata*, *R.decollata*, *Rumina sp.*, *M.pupa* et *C.aspersum aspersum* sont 6 espèces sont omniprésentes. *E.vermiculata*, *T.flavus*, *C.maxima*, *T.pisana* et *T.pyramidata* sont des espèces constantes. Les espèces *G.roseotincta*, *P.algira* et *Oxychylus sp.* sont régulières. *F.folliculum* est la seule espèce accessoire avec une fréquence

d'occurrence de 33,33%, alors que *C.apertus* et *E.constantina* sont deux espèces accidentelles avec des fréquences de 16,66% chacune.

### 3.3.3. Station de Tahchat

La densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres identifiées au niveau de la station de Tahchat sont représentées dans le tableau 24.

**Tableau 24 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tahchat.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cerneuella virgata</i>	53,33	52,50	100	Omniprésente
<i>Cerneuella</i> sp. ind.	22,08	19,91	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	8,50	8,37	75	Constante
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	13,08	11,80	66,66	Constante
<i>Trochylus flavus</i>	3,50	3,45	66,66	Constante
<i>Cantareus apertus</i>	0,50	0,49	33,33	Accessoires
<i>Rumina decollata</i>	0,58	0,57	16,66	Accidentelle

A Thachat, *C.virgata* est l'espèce la plus abondante avec 52,50% et une densité de 53,33 pour 100 m<sup>2</sup>. Cette station a révélé 2 espèces omniprésentes *C.virgata* et *Cerneuella sp.* avec une fréquence d'occurrence de 100% chacune, 3 espèces constantes, une espèce accessoire (*C.apertus*) et une espèce accidentelle (*R.decollata*).

### 3.3.4. Station de Boghni

Les données de l'inventaire des escargots terrestres de la station de Boghni sont exploitées par le calcul de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces (Tab.25).

**Tableau 25:** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Boghni.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cerneuella sp. ind.</i>	16,92	9,59	75	Constante
<i>Cerneuella virgata</i>	31,83	18,04	66,66	Constante
<i>Xerosecta sp. ind.</i>	18,42	10,44	66,66	Constante
<i>Trochoidea pyramidata</i>	19,92	11,29	58,33	Régulière
<i>Xerosecta calida</i>	11,92	6,75	58,33	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	6,17	3,50	58,33	Régulière
<i>Xerosecta cespitum</i>	23,5	13,32	50	Régulière
<i>Cerneuella euphorca</i>	8,83	5,01	50	Régulière
<i>Cornu aspersum maxima</i>	5,92	3,35	50	Régulière
<i>Cochlicella acuta</i>	1,75	0,99	50	Régulière
<i>Ganula roseotincta</i>	23	13,04	41,66	Régulière
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	5,83	3,31	41,66	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	2,42	1,37	41,66	Régulière

La station de Boghni a révélé que *C.virgata* avec une abondance relative de 18.04 % représente l'espèce la plus abondante avec une densité de 31,83 pour 100 m<sup>2</sup> et que *X.calida*, *T.pyramidata*, *T.flavus*, *C.aspersum maxima*, *X.cespitum*, *C.euphorca*, *C.acuta*, *C.aspersum aspersum*, *C.apertus* et *G.roseotincta* sont 10 espèces régulières aux côtés de trois espèces constantes.

### 3.3.5. Station de Redjaouna

Les estimations de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces d'escargots de la station de Redjaouna sont mentionnées au niveau du tableau 26.

**Tableau 26 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Redjaouna.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	53,83	13,08	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	117,33	28,51	100	Omniprésente
<i>Rumina sp. ind.</i>	127,50	30,98	91,66	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	39,33	9,56	91,66	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	37,42	9,09	91,66	Omniprésente
<i>Oxychylus sp. ind.</i>	10,92	2,65	83,33	Omniprésente
<i>Xerosecta calida</i>	8,17	1,98	75	Constante
<i>Cernuella virgata</i>	7,67	1,86	41,66	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	9,42	2,29	33,33	Accessoire

*R.decollata*, présentant une abondance relative de 30,98%, est l'espèce la plus abondante avec une densité de 127,5 pour 100 m<sup>2</sup>.

La station de Redjaouna compte 6 espèces omniprésentes *C.aspersum aspersum*, *R.decollata*, *C.aspersum maxima*, *T.pisana*, *Rumina sp.* et *Oxychylus sp.*, une seule espèce constante *X.calida*, une espèce régulière *C.virgata* et une espèce accessoire *C.apertus*.

### 3.3.6. Station de Ait Boumahdi

La Densité, l'abondance relative ainsi que la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres inventoriées au niveau de la station de Ait Boumahdi sont représentées dans le tableau 27.

**Tableau 27** : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ait Boumahdi.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Ganula roseotincta</i>	16,5	15,99	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	14,92	14,46	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	13,33	12,92	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	11,25	10,90	100	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	17,5	16,96	83,33	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	6,33	6,14	66,66	Constante
<i>Xerosecta calida</i>	4,75	4,60	66,66	Constante
<i>Oxychylus sp. ind.</i>	4,08	3,96	66,66	Constante
<i>Xerosecta sp. ind.</i>	4,58	4,44	58,33	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	4,25	4,12	58,33	Régulière
<i>Ferussacia folliculum</i>	1,17	1,13	41,66	Régulière
<i>Cochlicella acuta</i>	2,08	2,02	25	Accessoire
<i>Cochlicella barbara</i>	2,08	2,01	25	Accessoire
<i>Trochylus flavus</i>	0,33	0,32	25	Accessoire

L'espèce la plus abondante au niveau de cette station est *T.pisana* avec 16,96% et une abondance relative de 17,50 par 100 m<sup>2</sup>. Nous avons noté 5 espèces omniprésentes, 3 espèces constantes *X.cespitum*, *X.calida* et *Oxychylus sp.*, 3 espèces Régulières *C.apertus*, *Xerosecta sp.* et *F.folliculum* et 3 espèces accessoires *T.flavus*, *C.barbara* et *C.acuta*.

### 3.3.7. Station d'Azaghar de Ait Bouaddou

Les estimations de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces d'escargots de la station d'Azaghar de Ait Bouaddou sont mentionnées au niveau du tableau 28.

**Tableau 28** : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station d'Azaghar de Ait Bouaddou.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Theba pisana</i>	64,33	34,01	91,66	Omniprésente
<i>Cantareus apertus</i>	19,33	10,22	91,66	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	13,33	7,05	91,66	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	31,33	16,56	83,33	Omniprésente
<i>Rumina sp.ind.</i>	10,25	5,42	83,33	Omniprésente
<i>Xerosecta calida</i>	5,33	2,82	83,33	Omniprésente
<i>Cerņuella virgata</i>	5,92	3,13	83,33	Omniprésente
<i>Trochoidea pyramidata</i>	11,92	6,30	75	Constante
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	4,58	2,42	66,66	Constante
<i>Ganula roseotincta</i>	9,5	5,02	58,33	Régulière
<i>Cornu aspersum maxima</i>	7,58	4,01	58,33	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	4,42	2,33	50	Régulière
<i>Eobania vermiculata</i>	1,08	0,57	16,66	Accessoire
<i>Cerņuella euphorca</i>	0,25	0,13	8,33	Accidentelle

L'espèce *T.pisana* est la plus abondante avec une abondance relative de 34,01% et une densité de 64,33 par 100 m<sup>2</sup>.

Les résultats montrent la présence de 7 espèces omniprésentes, 2 espèces constantes *T.pyramidata* et *C.aspersum aspersum* et 3 espèces régulières *C.aspersum maxima*, *G.roseotincta* et *T.flavus*. Il est à noter aussi la présence d'une seule espèce accessoire *E.vermiculata* et une espèce accidentelle *C.euphorca*.

### 3.4. Variations de l'indice de Shannon-Weaver

Les valeurs mensuelles de l'indice de Shannon-Weaver calculées pour les 7 stations de moyennes altitudes et les valeurs saisonnières sont consignées dans les tableaux 29 et 30.

**Tableau 29:** Variations mensuelles de Shannon-Weaver des stations de moyennes altitudes.

	Indice Shannon Weaver											
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
<b>S8</b>	3,01	2,53	2,74	3,24	3,49	3,35	3,54	2,86	3,07	3,38	3,52	3,57
<b>S9</b>	2,85	0,94	0,64	2,14	2,30	2,30	1,45	1,68	3,05	2,78	3,16	3,17
<b>S10</b>	1,89	0,98	0,98	1,52	1,57	1,57	1,67	1,66	1,43	1,49	1,80	2,21
<b>S11</b>	1,90	0,97	1,25	1,29	3,04	2,79	2,42	1,80	2,35	3,33	3,32	2,89
<b>S12</b>	2,22	2,21	0,99	1,87	2,54	2,49	1,97	2,49	2,32	2,63	2,56	2,19
<b>S13</b>	2,60	2,66	2,58	2,43	2,59	2,92	0,50	2,19	2,69	3,25	3,36	2,93
<b>S14</b>	2,58	1,98	1,73	2,71	3,20	3,04	2,72	2,68	2,53	3,08	0,70	2,89

Les valeurs mensuelles de l'indice Shannon-Weaver montrent qu'aux niveaux des stations 8 et 10 les valeurs maximales sont enregistrées au mois de Mai et les valeurs minimales observées au mois de Juin pour les mêmes stations et en Août pour la station 9.

Au niveau des stations 11 et 12, les valeurs les plus importantes sont enregistrées durant le mois de Mars et les plus faibles avec une valeur égale à 0.97 bits en Juillet pour la station 11 et en Août pour la station 12 avec une valeur égale à 0.99 bits.

Une valeur maximale de l'indice Shannon-Weaver est notée en Avril pour la station 13(3.36 bits), tandis que la valeur minimale est enregistrée au mois de Décembre. La station 14 enregistre la valeur la plus basse de 0,70 bits au mois d'Avril, alors que la valeur maximale de 3.2bits est notée au mois d'Octobre.

Pour les autres périodes d'échantillonnage, cet indice écologique est compris entre les deux valeurs limites pour chacune des stations.

**Tableau 30** : Variation saisonnière de Shannon-Weaver des stations de moyennes altitudes.

	Indice Shannon Weaver			
	Eté	Automne	Hiver	Printemps
<b>S8</b>	2,76	3,36	3,16	3,49
<b>S9</b>	1,48	2,52	2,06	3,04
<b>S10</b>	1,28	1,56	1,59	1,47
<b>S11</b>	1,37	2,37	2,19	3,18
<b>S12</b>	1,81	2,30	2,26	2,12
<b>S13</b>	2,61	2,65	1,79	3,18
<b>S14</b>	2,10	2,98	2,64	2,57

Pour les variations saisonnières, les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon-Weaver sont enregistrées au printemps pour les stations 8, 9, 11 et 13, en hiver pour la station 10 avec une valeur de 1,59 bits et en automne avec des valeurs de 2,30 bits et 2,98 bits pour la station 12 et 13 respectivement. Alors que les valeurs minimales sont enregistrées pour la totalité des stations en été, excepté pour la station 13 qui est en hiver.

### 3.5. Variations de l'indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité permet d'évaluer l'état du peuplement malacologique selon ses variations mensuelles (Tab. 31) et saisonnières (Tab.32).

**Tableau 31**: Variations mensuelles de l'indice d'équitabilité des stations de moyennes altitudes.

	Indice d'équitabilité											
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
<b>S8</b>	0,82	0,80	0,83	0,81	0,85	0,82	0,89	0,83	0,81	0,85	0,85	0,86
<b>S9</b>	0,80	0,28	0,25	0,60	0,66	0,60	0,40	0,49	0,92	0,75	0,95	0,95
<b>S10</b>	0,96	0,98	0,99	0,96	0,68	0,68	0,65	0,72	0,62	0,64	0,78	0,73
<b>S11</b>	0,74	0,49	0,79	-0,82	-0,92	-0,84	-0,86	-0,70	-0,91	-0,90	0,90	-0,81
<b>S12</b>	0,86	0,86	1,00	0,72	0,85	0,83	0,70	0,89	0,90	0,83	0,81	0,69
<b>S13</b>	0,82	0,80	0,81	0,87	0,82	0,92	0,18	0,85	0,85	0,88	0,94	0,88
<b>S14</b>	0,75	0,62	0,67	0,79	0,93	0,92	0,86	0,90	0,90	0,89	0,21	0,87

L'indice d'équitabilité est important et tend vers 1, au niveau de toutes les stations et durant presque toute l'année, ceci traduit l'existence d'un équilibre entre les différentes espèces.

Cependant, au niveau de la station de Ait El Kaid, nous avons enregistré des valeurs faibles comprises entre 0,25 et 0,49 au mois de Juillet, Août, Décembre et Janvier. Alors qu'elles sont observées au mois de Décembre à Ait Boumahdi et durant le mois d'Avril dans les stations d'Ait Boumahdi Azaghar et de Ait Bouaddou.

**Tableau 32** : Variations saisonnières de l'indice d'équitabilité des stations de moyennes altitudes.

	Indice d'équitabilité			
	Eté	Automne	Hiver	Printemps
<b>S8</b>	0,18	0,82	0,84	0,84
<b>S9</b>	0,43	0,62	0,6	0,88
<b>S10</b>	0,97	0,77	0,66	0,71
<b>S11</b>	0,67	0,85	0,82	0,86
<b>S12</b>	0,90	0,80	0,82	0,77
<b>S13</b>	0,82	0,86	0,62	0,90
<b>S14</b>	0,68	0,87	0,88	0,98

D'après les valeurs présentées dans le tableau 32, l'indice d'équitabilité est important durant presque toute l'année pour les 7 stations et il ne présente pas de variations saisonnières notables, avec une seule valeur faible de 0,43 enregistrée en été au niveau de la station 9.

### 3.6. Caractéristiques physicochimiques du sol

Les résultats des analyses physicochimiques du sol des stations de moyennes altitudes sont mentionnés dans le tableau 33.

**Tableau 33** : Caractères physicochimiques du sol des stations de moyenne altitude.

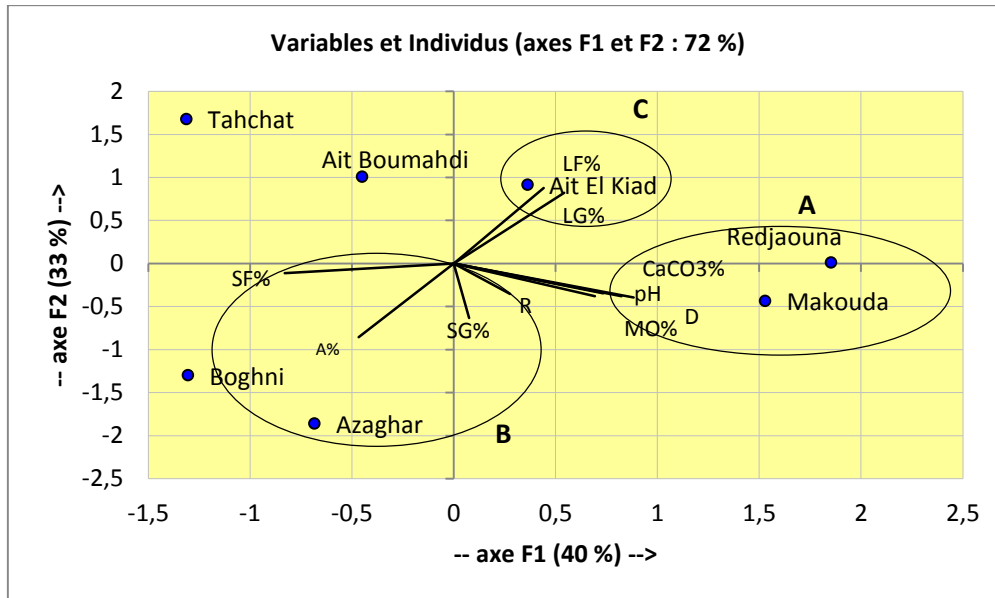
	Arg	L.F	L.Gr	S.F	S.Gr	Texture	pH	Cal Tot	M.O
<b>S8</b>	18,75	44,25	23,50	5,73	7,77	Limoneuse	7,51	9,45	8,06
<b>S9</b>	18,50	45,15	26,10	6,10	4,15	limono-argileuse	7,23	6,15	7,05
<b>S10</b>	17,20	46,28	24,20	7,90	4,42	limono-argileuse	7,18	4,99	2,43
<b>S11</b>	41,50	26,50	18,30	9,36	4,34	Argilo- limoneuse	7,37	5,56	8,30
<b>S12</b>	19,40	44,50	25,15	5,60	5,35	Limoneuse	7,99	7,59	9,90
<b>S13</b>	16,50	47,50	23,20	6,75	6,1	Limoneuse	7,16	5,58	5,14
<b>S14</b>	38,5	26,50	17,31	6,50	11,19	Argilo- limoneuse	7,40	6,86	4,80

Les résultats obtenus relatent que les stations de moyennes altitudes présentent trois types de sol, un sol avec une texture limoneuse au niveau des stations de Makouda, Redjaouna et Ait Boumahdi, un sol avec une texture limono-argileuse au niveau des stations de Ait El Kaid et Tahchat et un sol argilo-limoneux au niveau des stations de Boghni et Azaghar de Ait Bouaddou. Les résultats indiquent que les sols des stations Ait El Kaid, Tahchat et Ait Boumahdi sont neutres avec un pH qui varie de 6,75 à 7,3 et un sol alcalin au niveau des autres stations.

Les stations de moyennes altitudes présentent des sols de type Modérément calcaire avec des teneurs élevées en matière organique, excepté la station Tahchat qui est pauvre en matière organique.

### 3.7. Analyse des composantes principales

Les résultats de l'analyse des composantes principales entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de moyennes altitudes sont indiqués dans la figure 27.



**Figure 27 :** Représentation graphique de la projection des variables selon l'ACP au niveau des stations de moyennes altitudes.

Les deux axes F1 et F2 expliquent à eux seuls 72% de l'inertie totale constatée. Selon les affinités, nous pouvons discerner trois groupes A, B et C.

Le groupe A montre une forte affinité de la densité des populations en moyenne altitude (D) avec les teneurs des sols en matière organique et en calcaire total mais aussi avec leurs pH ; c'est le cas des stations de Redjaouna et de Makouda.

Le groupe B rassemble les stations qui ont des sols riches en argile, en sable fin et sable grossier ; c'est le cas des stations de Boghni et Azaghar de Ait Bouaddou.

Le groupe C est constitué de la seule station de Ait El Kaid dont le sol a montré une forte corrélation avec les limons fins et les limons grossiers.

Entre le groupe B et le groupe C se situent des stations que l'on peut qualifier de transitoire ; il s'agit de Tahchat et Ait Boumahdi qui s'écartent des autres groupes du fait de leur pauvreté en terme de densité et de richesse des populations.

### 3.8. Analyse des corrélations

Les résultats des corrélations entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de moyennes altitudes sont mentionnés au niveau du Tableau 34.

**Tableau 34** : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations de moyennes altitudes.

	A%	LF %	LG %	SF %	SG %	pH	CaCO3 %	MO %	R	D
A%	1	<b>-1.00</b>	<b>-0.93</b>	0.55	0.36	0.02	-0.13	0.11	0.11	- 0.03
LF%	- <b>1.00</b>	1	<b>0.93</b>	-0.50	-0.43	- 0.03	0.08	-0.09	- 0.13	0.01
LG%	- <b>0.93</b>	<b>0.93</b>	1	-0.52	-0.56	0.11	0.11	0.11	- 0.11	0.17
SF%	0.55	-0.50	-0.52	1	-0.36	- 0.44	-0.68	-0.26	- 0.30	- 0.60
SG%	0.36	-0.43	-0.56	-0.36	1	0.11	0.46	-0.15	0.33	0.16
pH	0.02	-0.03	0.11	-0.44	0.11	1	0.61	0.74	- 0.18	<b>0.91</b>
CaCO3 %	- 0.13	0.08	0.11	-0.68	0.46	0.61	1	0.56	0.52	<b>0.80</b>
MO%	0.11	-0.09	0.11	-0.26	-0.15	<b>0.74</b>	0.56	1	0.30	<b>0.88</b>
R	0.11	-0.13	-0.11	-0.30	0.33	- 0.18	0.52	0.30	1	0.23
D	- 0.03	0.01	0.17	-0.60	0.16	<b>0.91</b>	<b>0.80</b>	<b>0.88</b>	0.23	1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0.05 (test bilatéral)*

La corrélation de Pearson calculée des stations de moyennes altitudes, montre que la densité D des populations échantillonnées est significativement et positivement corrélée au pH, au taux de calcaire total et au taux de matière organique des sols. Alors que la richesse spécifique montre une corrélation très faible, excepté pour la teneur de calcaire total des sols avec qui elle a montré une faible corrélation positive de +0.55.

### 4. Espèces d'escargots terrestres des stations d'altitudes

Les espèces d'escargots terrestres échantillonnés au niveau des 7 stations d'altitudes sont mentionnées dans le Tableau ci-dessous.

**Tableau 35** : Espèces des escargots terrestres des stations d'altitudes.

Familles	Espèces d'escargots	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
Helicidae	<i>Cornu aspersum maxima</i>	145	97	939	221	230	154	434
	<i>Cornu aspersumaspersum</i>	199	95	747	169	164	262	635
	<i>Cantareus subapertus</i>	-	-	-	-	60	108	93
	<i>Cantareus apertus</i>	36	13	362	64	42	50	99
	<i>Theba pisana</i>	-	39	292	153	327	-	481
	<i>Eobania vermiculata</i>	-	-	-	-	436	-	-
	<i>Eobania constantina</i>	-	-	-	-	512	-	-
Hygromiidae	<i>Xerosecta cespitum</i>	208	9	199	114	145	241	6
	<i>Xerosecta calida</i>	-	29	-	77	88	25	-
	<i>Xerosecta</i> sp.ind.	99	16	-	53	515	44	-
	<i>Cerņuella virgata</i>	-	-	227	181	102	1280	-
	<i>Cerņuella</i> sp.ind.	-	-	-	164	-	225	-
	<i>Cerņuella euphorca</i>	-	-	-	65	-	-	-
	<i>Trochoidea pyramidata</i>	-	-	-	85	40	43	-
	<i>Ganula roseotincta</i>	120	20	250	-	45	22	16
	<i>Trochylus zonimataeus</i>	50	76	-	78	43	5	43
	<i>Trochylus flavus</i>	30	19	290	40	15	3	170
Subulinidae	<i>Rumina decollata</i>	335	25	379	142	39	9	536
	<i>Rumina</i> sp.ind.	-	-	364	-	60	11	-
Cochlicellidae	<i>Cochlicella barbara</i>	-	-	-	-	12	-	-
	<i>Cochlicella acuta</i>	-	-	-	-	5	-	-
Oxychilidae	<i>Oxychylus</i> sp.ind.	73	-	-	26	77	-	20
Enidae	<i>Mastus pupa</i>	-	-	-	-	14	-	-
Oleacinidae	<i>Poiretia algira</i>	-	-	-	-	10	-	-
Sphincterochilidae	<i>Sphincterochyla</i> sp.ind.	-	78	-	123	-	28	-
Nombre d'individus		1295	516	4049	1755	2981	2510	2533
Nombre d'espèces (Richesse spécifique)		10	12	10	16	22	16	11

Au niveau des stations d'altitudes, la famille des Helicidae compte 7 espèces dont *C. aspersum aspersum*, *C. aspersum maxima* et *C. apertus* sont enregistrées dans la totalité des stations tandis que l'espèce invasive *T. pisana* est absente au niveau des stations 15 et 20.

Cependant, les deux espèces *E. vermiculata* et *E. constantina* ne sont enregistrées qu'au niveau de la station 19 présentant la totalité des espèces. L'espèce *C. subapertus* n'est présente qu'au niveau des stations où l'altitude dépasse 950 m.

Les Hygromiidae présente 10 espèces réparties de manière inégale entre les stations, dont *X. cespitum* et *T. flavus* sont omniprésentes, *G. roseotincta* et *T. zonimataeus* sont absentes dans respectivement les stations 18 et 19 alors que les deux autres espèces du genre *Xerosecta* sont absentes au niveau des stations 17 et 21 ainsi que la station 15 pour *X. calida*. *T. pyramidata* est enregistrée dans trois stations 18, 19, 20.

Enfin, les *Cerneuella* sont présentes en général au niveau des stations d'altitude comprise entre 600 et 950m. En effet *C.virgata* est enregistrée dans quatre stations, l'espèce indéterminée dans deux stations, tandis que *C.euphorca* n'est présente qu'au niveau de la 18<sup>ème</sup> station.

Les Subulinidae comptent deux espèces dont la première est présente dans la totalité des stations, alors que l'espèce indéterminée n'est rencontrée qu'au niveau de trois stations.

Par contre, les deux espèces de Cochlicellidae de même que les espèces des familles des Enidae et des Oleacinidae ne sont présentes qu'au niveau de la 19<sup>ème</sup> station.

Enfin, les deux dernières familles Oxychilidae et Sphincterochilidae ont une distribution spatiale différente au niveau des stations d'altitudes.

#### **4.2. Distribution des familles d'escargots terrestres**

Les espèces présentes dans les stations d'altitudes sont réparties en 8 familles dont les proportions varient d'une station à une autre (Fig. 28).

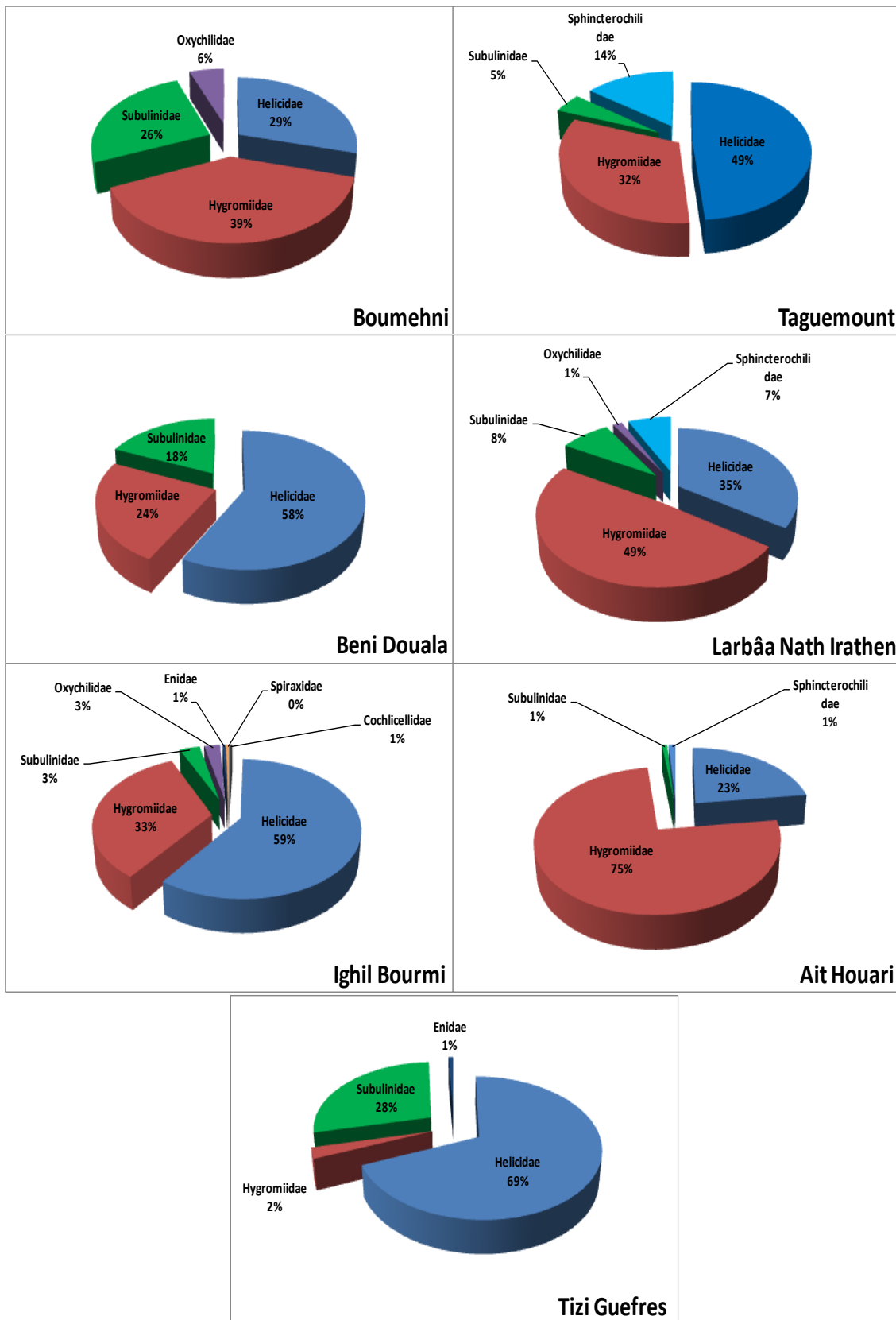


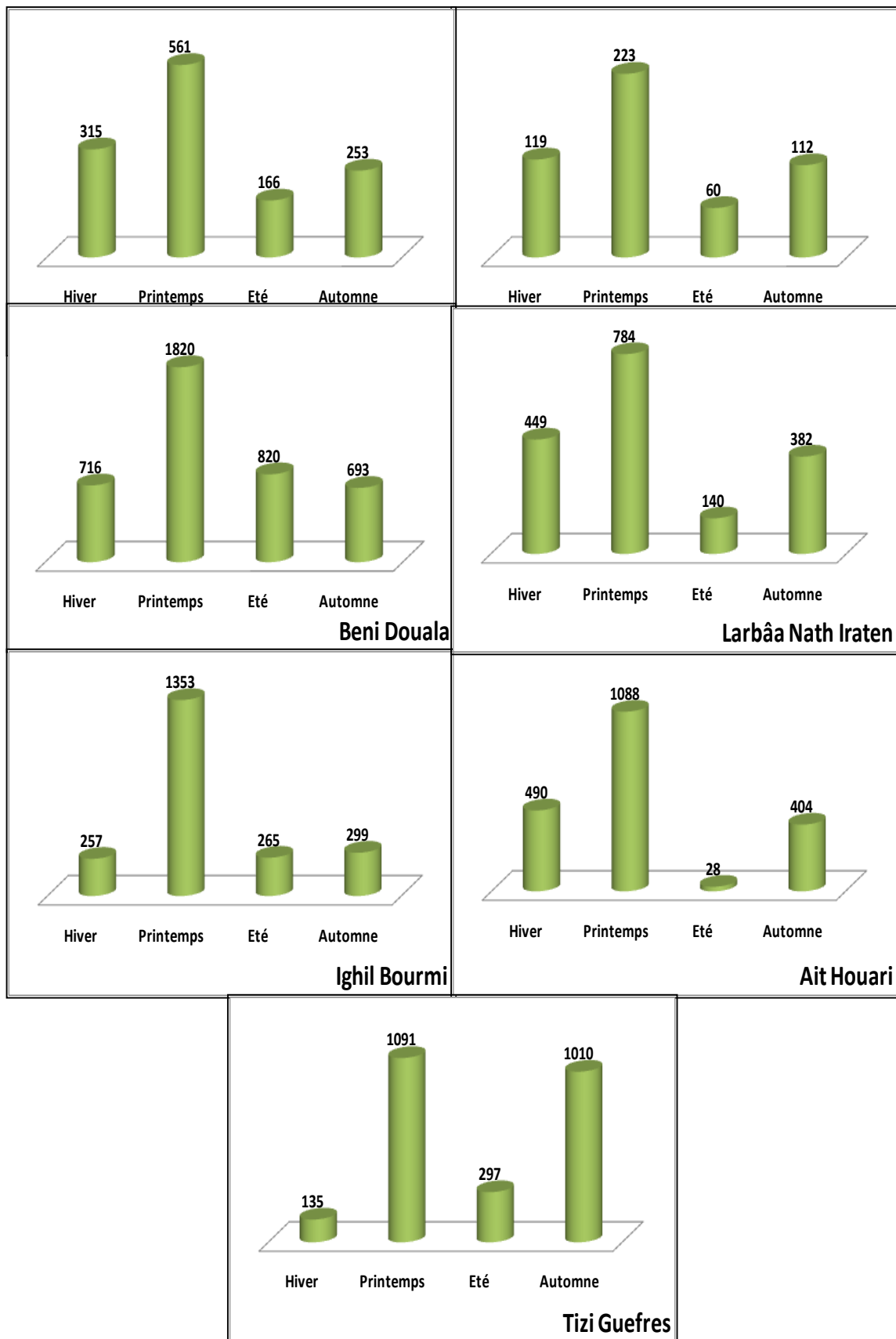
Figure 28 : Densité des familles d’escargots au niveau des stations d’altitudes

Les stations d'altitudes présentent 8 familles réparties de manière inégale, dont les Helicidae, les Hygromiidae et les Subulinidae qui sont présent dans toutes les stations avec des proportions importantes, notamment dans la station de Beni-Douala où aucune autre famille n'est enregistrée. Toutefois, de nouvelles familles représentées avec de faibles fréquences, sont retrouvées au niveau des stations de Boumehni, Taguemount comme les Oxychilidae et Sphincterochilidae, et par les Enidae pour Ait Houari et Tizi-Guefres.

A Larbâa Nait Irathen, nous retrouvons aussi les Sphincterochilidae et les Subulinidae avec des fréquences de 7% et 8% respectivement. Tandis que la station de Ighil Bourmi compte, en plus les Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae et Cochlicellidae avec des pourcentages faibles.

#### **4.1. Variations saisonnières de la densité des escargots recensés**

Les escargots terrestres font partie des espèces les plus sensibles aux variations climatiques des saisons, ce qui induit à des variations saisonnières de la richesse spécifique entre les différentes stations d'altitudes. Ces variations sont consignées dans la figure 29.



**Figure 29** : Variations saisonnières de la densité des escargots terrestres au niveau des stations d'altitudes

Les résultats de l'inventaire révèlent que les densités sont importantes durant la période printanière dans toutes les stations d'altitudes, néanmoins un deuxième pic est observé en automne au niveau de la 21<sup>ème</sup> station.

### 4.3. Variation stationnelle de la densité, l'abondance relative et de la fréquence d'occurrence

La densité, l'abondance relative des espèces ainsi que la fréquence d'occurrence varient d'une station à une autre.

#### 4.3.1. Station de Boumehni

La densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres identifiées au niveau de la station de Boumehni sont représentées dans le tableau 36.

**Tableau 36 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Boumehni.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence(%)	
<i>Xerosecta cespitum</i>	17,33	16,06	91,66	Omniprésente
<i>Ganula roseotincta</i>	10,00	9,27	83,33	Omniprésente
<i>Xerosecta sp.ind.</i>	8,25	7,64	83,33	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	27,92	25,87	66,66	Constante
<i>Oxychylus sp.ind.</i>	6,08	5,64	66,66	Constante
<i>Trochylus zonimataeus</i>	4,17	3,86	66,66	Constante
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	16,58	15,37	58,33	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	2,50	2,32	50	Régulière
<i>Cornu aspersum maxima</i>	12,08	11,2	41,66	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	3,00	2,78	41,66	Régulière

Au niveau de la station de Boumehni, *R. decollata* avec une abondance relative de 25,87% et une densité de 27,92, représente l'espèce la plus abondante. Nous avons aussi enregistré 3 espèces omniprésentes *X. cespitum*, *Xerosecta sp.* et *G. roseotincta*, 3 espèces constantes *T. zonimataeus*, *R. decollata* et *Oxychylus sp.* ainsi que 4 espèces régulières *C. aspersum aspersum*, *T. flavus*, *C. aspersum maxima* et *C. apertus*.

#### 4.3.2. Station de Taguemount

La densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces d'escargots de la station de Taguemount sont mentionnées au niveau du tableau 37.

**Tableau 37:**Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Taguemount.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative(%)	Fréquence d'occurrence(%)	
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	9,08	20,26	91,66	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	8,41	18,77	91,66	Omniprésente
<i>Trochylus zonimataeus</i>	6,50	14,49	91,66	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	2,08	4,64	83,33	Omniprésente
<i>Sphincterochyla sp. ind.</i>	6,50	14,49	75	Constante
<i>Theba pisana</i>	3,25	7,24	66,66	Constante
<i>Xerosecta calida</i>	2,41	5,39	50	Régulière
<i>Ganula roseotincta</i>	1,66	3,71	50	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	1,58	3,53	41,66	Régulière
<i>Xerosecta sp.ind.</i>	1,50	3,34	41,66	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	1,08	2,41	41,66	Régulière
<i>Xerosecta cespitum</i>	0,75	1,67	16,66	Accidentelle

Au niveau de cette station, avec une abondance de 20,26% et une densité de 9,08 pour 100 m<sup>2</sup>, *C. aspersum aspersum* est l'espèce la plus abondante aux cotés de 4 espèces omniprésentes, 2 espèces constantes *Sphincterochyla sp.* et *T. pisana*, 5 espèces régulières et une espèce accidentelle *X. cespitum*.

#### 4.3.3. Station de Beni Douala

Les valeurs des densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des espèces malacologiques de la station de Beni Douala sont représentées au niveau du tableau 38.

**Tableau 38 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Beni Douala.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cornu aspersum maxima</i>	78,25	23,19	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	62,25	18,44	100	Omniprésente
<i>Cerneuella virgata</i>	18,91	5,6	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	31,58	9,36	83,33	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	24,33	7,21	83,33	Omniprésente
<i>Trochylus flavus</i>	24,16	7,16	83,33	Omniprésente
<i>Ganula roseotincta</i>	20,83	6,17	83,33	Omniprésente
<i>Rumina sp.ind.</i>	30,33	8,98	75	Constante
<i>Xerosecta cespitum</i>	16,58	4,91	75	Constante
<i>Cantareus apertus</i>	30,16	8,94	41,66	Régulière

La station de Beni Douala compte *C. aspersum maxima* comme l'espèce la plus abondante, ainsi que 7 espèces omniprésentes, 2 constantes et une seule espèce régulière *C. apertus*.

#### 4.3.4. Station de Larbâa Nait Irathen

La densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres de Larbâa Nait Irathen sont représentées dans le tableau 39.

**Tableau 39 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Larbâa Nait Irathen.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cornu aspersum maxima</i>	18,41	13,54	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	14,08	10,35	100	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	11,83	8,7	83,33	Omniprésente
<i>Trochoidea pyramidata</i>	7,08	5,2	83,33	Omniprésente
<i>Cerneuella virgata</i>	15,08	11,09	75	Constante
<i>Cerneuella euphorca</i>	5,41	3,98	75	Constante
<i>Theba pisana</i>	12,75	9,37	66,66	Constante
<i>Xerosecta cespitum</i>	9,5	6,98	66,66	Constante
<i>Sphincterochyla</i> sp.ind.	4	2,94	66,66	Constante
<i>Trochylus zonimataeus</i>	3,08	2,26	66,66	Constante
<i>Cerneuella</i> sp.ind.	13,66	10,04	58,33	Régulière
<i>Xerosecta calida</i>	6,41	4,71	58,33	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	5,33	3,92	58,33	Régulière
<i>Xerosecta</i> sp.ind.	4,41	3,24	58,33	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	2,75	2,02	58,33	Régulière
<i>Oxychylus</i> sp.ind.	2,166	1,59	58,33	Régulière

L'espèce la plus abondante au niveau de la station de Larbâa Nait Irathen est *C. aspersum maxima* avec un pourcentage de 13,54 % et une densité relative de 18,42 par 100 m<sup>2</sup> aux cotés de 4 espèces omniprésentes, 6 espèces constantes et 6 espèces régulières.

#### 4.3.5. Station de Ighil Bourmi

Les données de l'inventaire des escargots terrestres de la station de Ighil Bourmi sont exploitées par le calcul de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence des espèces (Tab.40).

**Tableau 40** : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ighil Bourmi.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Eobania constantina</i>	43,66	17,62	100	Omniprésente
<i>Eobania vermiculata</i>	36,333	14,84	100	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	27,25	11,13	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	13,66	5,58	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	19,16	7,82	91,66	Omniprésente
<i>Xerosecta sp.ind.</i>	42,91	17,52	83,33	Omniprésente
<i>Xerosecta calida</i>	7,33	2,99	83,33	Omniprésente
<i>Rumina sp.ind.</i>	5	2,04	83,33	Omniprésente
<i>Cernuella virgata</i>	8,50	3,47	75	Constante
<i>Cantareus apertus</i>	3,50	1,42	75	Constante
<i>Xerosecta cespitum</i>	12,08	4,93	66,66	Constante
<i>Oxychylus sp.ind.</i>	6,41	2,62	58,33	Régulière
<i>Rumina decollata</i>	3,25	1,32	58,33	Régulière
<i>Ganula roseotincta</i>	3,75	1,53	50	Régulière
<i>Trochoidea pyramidata</i>	3,33	1,36	50	Régulière
<i>Cantareus subapertus</i>	5,00	2,04	41,66	Régulière
<i>Poiretia algira</i>	0,83	0,34	41,66	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	1,25	0,51	41,66	Régulière
<i>Mastus pupa</i>	1,16	0,47	25	Accessoire
<i>Cochlicella barbara</i>	1,00	0,40	25	Accessoire
<i>Cochlicella acuta</i>	0,41	0,17	8,33	Accidentelle

Au niveau de cette station, en plus de *E.constantina* qui représente l'espèce la plus abondante avec 17,53% et une densité de 42,92 par 100 m<sup>2</sup>, 8 espèces sont omniprésentes, 7 espèces régulières, 3 espèces constantes dont *C.apertus*, *C.virgata* ainsi que *X.cespitum*, deux espèces accessoires *C.barbara* et *M.pupa* et enfin une seule espèce accidentelle *C.acuta*.

#### 4.3.6. Station de Ait Houari

La densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence de toutes les espèces d'escargots terrestres identifiées dans de la station de Ait Houari sont présentées dans le tableau 41.

**Tableau 41** : Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Ait Houari.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cerņuella virgata</i>	106,66	50,99	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	21,83	10,43	100	Omniprésente
<i>Xerosecta cespitum</i>	20,08	9,60	100	Omniprésente
<i>Cerņuella sp.ind.</i>	18,75	8,96	91,66	Omniprésente
<i>Cantareus apertus</i>	4,16	1,99	75	Constante
<i>Sphincterochyla sp.ind.</i>	2,33	1,10	75	Constante
<i>Xerosecta calida</i>	2,08	0,99	75	Constante
<i>Cornu aspersum maxima</i>	12,83	6,13	66,66	Constante
<i>Cantareus subapertus</i>	9	4,30	58,33	Régulière
<i>Xerosecta sp.ind.</i>	3,66	1,75	58,33	Régulière
<i>Rumina sp.ind.</i>	0,91	0,43	58,33	Régulière
<i>Trochoidea pyramidata</i>	3,58	1,71	50	Régulière
<i>Rumina decollata</i>	0,75	0,35	50	Régulière
<i>Ganula roseotincta</i>	1,83	0,87	16,66	Accidentelle
<i>Trochylus zonimataeus</i>	0,41	0,19	16,66	Accidentelle
<i>Trochylus flavus</i>	0,25	0,11	25	Accessoire

*C. aspersum aspersum*, *X. cespitum*, *C. virgata* et *Cerņuella sp.* sont quatre espèces omniprésentes de la station de Ait Houari, aux côtés de quatre espèces constantes et cinq espèces régulières. Alors que *G. roseotincta* et *T. zonimataeus* sont les deux espèces accidentelles et *T. flavus* représente la seule espèce accessoire.

L'espèce la plus abondante au niveau de cette station est *C. virgata* avec une abondance relative de 51 % et une densité de 106,67 par 100 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.7. Station de Tizi-Guefres

Au niveau du tableau 42, nous affichons les résultats après calcul de la densité, l'abondance relative et la fréquence d'occurrence de toutes les espèces recensées au niveau de la station de Tizi-Guefres.

**Tableau 42 :** Densité, abondance relative et fréquence d'occurrence des escargots recensés au niveau de la station de Tizi-Guefres.

Espèces d'escargots	Densité	Abondance relative (%)	Fréquence d'occurrence (%)	
<i>Cantareus subapertus</i>	7,75	3,81	100	Omniprésente
<i>Cornu aspersum maxima</i>	36,16	13,69	91,66	Omniprésente
<i>Theba pisana</i>	40,08	15,18	91,66	Omniprésente
<i>Rumina decollata</i>	39,66	15,02	83,33	Omniprésente
<i>Cornu aspersum aspersum</i>	52,91	20,04	75	Constante
<i>Xerosecta cespitum</i>	31,33	11,86	66,66	Constante
<i>Trochylus zonimataeus</i>	9,91	3,75	66,66	Constante
<i>Oxychylus sp.ind.</i>	8,41	3,18	66,66	Constante
<i>Ganula roseotincta</i>	13	4,92	58,33	Régulière
<i>Cantareus apertus</i>	8,25	3,12	50	Régulière
<i>Trochylus flavus</i>	14,16	5,36	41,66	Régulière

Cette station présente 4 espèces omniprésentes, 4 espèces constantes et 3 espèces régulières. Parmi toutes ces espèces *C. aspersum aspersum* est la plus abondante avec une abondance relative de 20.04% et une densité de 52,91 par 100 m<sup>2</sup>.

#### 4.4. Variations de l'indice de Shannon-Weaver

Les valeurs mensuelles et saisonnières de l'indice Shannon-Weaver calculées pour les 7 stations composantes le groupe d'altitude sont notés dans les tableaux 43 et 44.

**Tableau 43:** Variations mensuelles de Shannon-Weaver des stations d'altitude.

	Indice Shannon-Weaver											
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
<b>S15</b>	2,71	2,00	0,00	2,16	2,13	2,59	2,71	1,08	2,74	2,76	2,89	2,89
<b>S16</b>	2,84	1,68	1,88	1,29	2,11	2,15	2,78	2,82	3,04	2,88	3,17	2,69
<b>S17</b>	3,12	2,81	2,21	2,20	2,85	2,84	2,48	2,51	2,64	2,63	3,16	3,17
<b>S18</b>	3,41	2,41	1,52	0,98	3,56	3,79	2,72	2,3	3,77	3,74	3,49	3,47
<b>S19</b>	3,53	3,97	2,94	3,30	2,84	3,32	3,18	2,93	3,02	3,43	2,79	3,04
<b>S20</b>	2,28	1,68	1,23	2,49	2,03	1,94	2,17	2,07	2,29	2,87	2,76	2,47
<b>S21</b>	2,45	2,31	2,00	2,59	3,12	2,89	2,11	1,87	1,92	3,06	3,02	2,96

Les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver sont variables durant toute l'année et au niveau de toute les stations. Au niveau de la station 15, nous avons enregistré la valeur maximale de 2,893 bits durant deux mois successifs Avril et Mai et la valeur de zéro lors du mois d' Août.

Les valeurs maximales sont enregistrées durant le mois d'Avril pour les stations 16 et 21, en Mai pour la station 17, en Novembre pour la station 18, en Juillet pour la station 19 et en Mars pour la station 20.

Tandis que les valeurs minimales de l'indice de Shannon-Weaver, des stations 16,17 et 18 sont enregistrées pendant le mois de Septembre et pour les stations 19, 20 et 21 durant les mois d'Avril, Août et Janvier respectivement.

**Tableau 44 :** Variations saisonnières de Shannon-Weaver des stations d'altitudes

	Indice Shannon - Weaver			
	Eté	Automne	Hiver	Printemps
<b>S15</b>	1,17	2,29	2,17	2,85
<b>S16</b>	2,13	1,85	2,88	2,91
<b>S17</b>	2,71	2,63	2,55	2,99
<b>S18</b>	2,44	2,78	2,93	3,56
<b>S19</b>	3,48	3,15	2,21	3,09
<b>S20</b>	1,73	2,16	2,17	2,70
<b>S21</b>	2,25	2,86	1,70	3,07

Les variations saisonnières de l'indice Shannon-Weaver indiquent que les valeurs les plus importantes sont observées au Printemps pour la totalité des stations excepté pour la station 19 où cet indice présente une valeur plus élevée en Eté.

Cependant, les valeurs minimales sont enregistrées en Eté pour les stations 15, 18 et 20, en Automne pour la station 16 avec une valeur de 1,85 bits et en Hiver avec des valeurs de 2,55, 2,21 et 1,70 bits pour les stations 17, 19 et 21 respectivement.

#### 4.5. Variations de l'indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité permis d'évaluer l'état du peuplement malacologique selon ses variations mensuelles (Tab.45) et saisonnières (Tab. 46).

**Tableau 45:** Variations mensuelles de l'indice d'équitabilité des stations d'altitudes

	Indice d'équitabilité											
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M
<b>S15</b>	0,82	2,00	0,00	0,93	0,92	0,92	0,97	0,42	0,91	0,92	0,87	0,87
<b>S16</b>	0,90	0,73	0,81	0,82	0,91	0,83	0,93	0,89	0,96	0,87	0,92	0,85
<b>S17</b>	0,94	0,89	0,95	0,95	0,90	0,90	0,83	0,89	0,88	0,83	0,95	0,95
<b>S18</b>	0,95	0,93	0,96	0,99	0,94	0,95	0,82	0,82	0,94	0,94	0,87	0,87
<b>S19</b>	0,90	0,94	0,85	0,83	0,73	0,83	0,89	0,88	0,91	0,93	0,81	0,80
<b>S20</b>	0,81	0,84	0,62	0,83	0,57	0,50	0,61	0,65	0,64	0,78	0,72	0,67
<b>S21</b>	0,88	0,90	0,86	0,86	0,90	0,84	0,75	0,94	0,96	0,88	0,93	0,89

L'indice d'équitabilité mensuelles tend vers 1 durant presque tous les mois et au niveau des 7 stations prospectées, preuve de l'existence d'un équilibre entre toutes les espèces échantillonnées. Par contre, des exceptions sont enregistrées au niveau de la station de Boumehni, où l'indice d'équitabilité est nul au mois d'Août et tend vers zéro au mois de Janvier.

**Tableau46** : Variations saisonnières de l'indice d'équitabilité des stations d'altitudes.

	Indice d'équitabilité			
	Eté	Automne	Hiver	Printemps
<b>S15</b>	0,54	0,92	0,76	0,88
<b>S16</b>	0,81	0,85	0,92	0,87
<b>S17</b>	0,92	0,91	0,86	0,91
<b>S18</b>	0,94	0,95	0,86	0,89
<b>S19</b>	0,89	0,79	0,89	0,84
<b>S20</b>	0,75	0,63	0,63	0,72
<b>S21</b>	0,87	0,86	0,88	0,90

L'indice d'équitabilité annuel tend également vers 1 durant toutes les saisons et au niveau de toutes les stations, malgré le zéro observé durant le mois d'Août au niveau de la station Boumehni, ceci prouve et atteste qu'un équilibre existe entre les différentes espèces échantillonnées durant la période d'étude.

#### 4.6. Caractéristiques physicochimiques du sol

Les résultats des analyses physicochimiques du sol des stations d'altitude sont mentionnés dans le tableau 47.

**Tableau 47** : Caractères physicochimiques du sol des stations d'altitudes.

	Arg	L.F	L.Gr	S.F	S.Gr	Texture	pH	Cal Tot	M.O
<b>S15</b>	39,50	28,15	20,17	8,30	3,88	Argilo- limoneuse	7,19	4,59	3,15
<b>S16</b>	17,20	46,28	24,20	7,90	4,42	Limoneuse	7,90	5,55	2,43
<b>S17</b>	19,05	46,20	25,15	3,93	5,67	limono-argileuse	7,95	2,45	2,53
<b>S18</b>	16,90	48,20	26,15	3,40	5,35	limono-argileuse	7,24	12,19	5,07
<b>S19</b>	19,50	45,15	22,15	4,20	9,01	Limoneuse	7,58	15,24	7,24
<b>S20</b>	41,50	26,50	18,30	9,36	4,34	Argilo- limoneuse	7,37	13,56	5,30
<b>S21</b>	20,50	41,50	20,15	15,35	2,50	Limoneuse	7,27	4,80	2,10

Au niveau de ces stations, la texture du sol est argilo-limoneuse au niveau des stations de Boumehni et de Ait Houari, limoneuse au niveau de trois stations de Taguemount, Ighil Bourmi et Tizi-Guefres, alors qu'elle est de texture limono-argileuse au niveau des sites de Beni-Douala et Larbâa Nath Iraten.

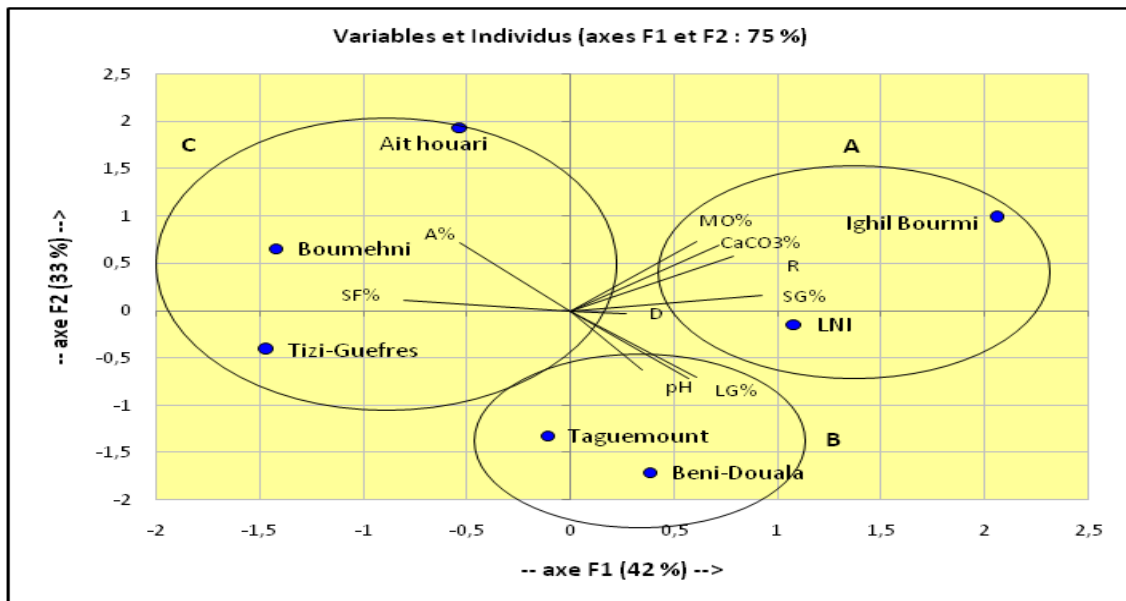
Toutes les stations présentent un sol alcalin sauf au niveau des stations de Boumehni et Larbâa Nath Irathen, où le pH est neutre.

Les stations de Boumehni et Beni Douala présentent des sols peu calcaires alors que le reste des sites d'études ont des sols de type Modérément calcaire.

Les stations de Boumehni, Taguemount, Beni-Douala et Tizi-Guefres sont moyennement riches en matière organique. Les autres stations présentent des sols avec des teneurs élevées en matière organique.

#### 4.7. Analyse des composantes principales

Les résultats de l'analyse des composantes principales entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations d'altitudes sont indiqués dans la figure 30.



Les deux axes F1 et F2 expliquent à eux seuls 75% de l'inertie totale constatée. Selon les affinités, nous pouvons discerner trois groupes A, B et C.

Le groupe A montre la forte corrélation entre la richesse des populations (R) en altitude avec la teneur des sols en matière organique, en calcaire total et en sables grossiers. C'est le cas des deux stations de Ighil Bourmi et de Larbâa Nait Irathen.

Le groupe B rassemble les stations dont les sols sont riches en limons fins et en limons grossiers. Par ailleurs, ces sols ont aussi montrés une corrélation positive avec le pH, c'est le cas des deux stations de Taguemount et de Béni Douala.

Le groupe C englobe les stations dont les sols ont montré une richesse en sables fins et en argiles ; c'est le cas des trois stations, Ait Houari, Boumehni et Tizi Guefres.

#### 4.8. Analyse des corrélations

Les résultats des corrélations entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations d'altitudes sont mentionnés au niveau du Tableau 48.

**Tableau 48** : Corrélation entre les paramètres physicochimiques des sols ainsi que la richesse et la densité des populations d'escargots au niveau des stations d'altitudes.

	A%	LF %	LG %	SF %	SG %	pH	CaCO3 %	MO %	R	D
A%	1	<b>-0.99</b>	<b>-0.79</b>	0.28	-0.31	-0.48	0.11	0.10	-0.08	-0.09
LF%	- <b>0.99</b>	1	<b>0.85</b>	-0.41	0.38	0.50	-0.07	-0.04	0.13	0.11
LG%	- <b>0.79</b>	<b>0.85</b>	1	-0.68	0.33	0.48	-0.15	-0.08	0.01	-0.01
SF%	0.28	-0.41	-0.68	1	<b>-0.76</b>	-0.37	-0.31	-0.49	-0.46	-0.17
SG%	-0.31	0.38	0.33	<b>-0.76</b>	1	0.34	0.58	<b>0.77</b>	<b>0.78</b>	0.35
Ph	-0.48	0.50	0.48	-0.37	0.34	1	-0.30	-0.21	-0.08	0.24
CaCO3 %	0.11	-0.07	-0.15	-0.31	0.58	-0.30	1	<b>0.95</b>	<b>0.95</b>	0.02
MO %	0.10	-0.04	-0.08	-0.49	<b>0.77</b>	-0.21	<b>0.95</b>	1	<b>0.97</b>	0.17
R	-0.08	0.13	0.01	-0.46	<b>0.78</b>	-0.08	<b>0.95</b>	<b>0.97</b>	1	0.10
D	-0.09	0.11	-0.01	-0.17	0.35	0.24	0.02	0.17	0.10	1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0.05 (test bilatéral)*

La corrélation de Pearson des stations d'altitudes, montre une faible corrélation entre la densité D avec les variables considérées.

Par contre, la richesse spécifique des populations échantillonnées est significativement et positivement corrélée au taux de calcaire total et au taux de matière organique des sols.

#### 4. Répartition des espèces en fonction des altitudes

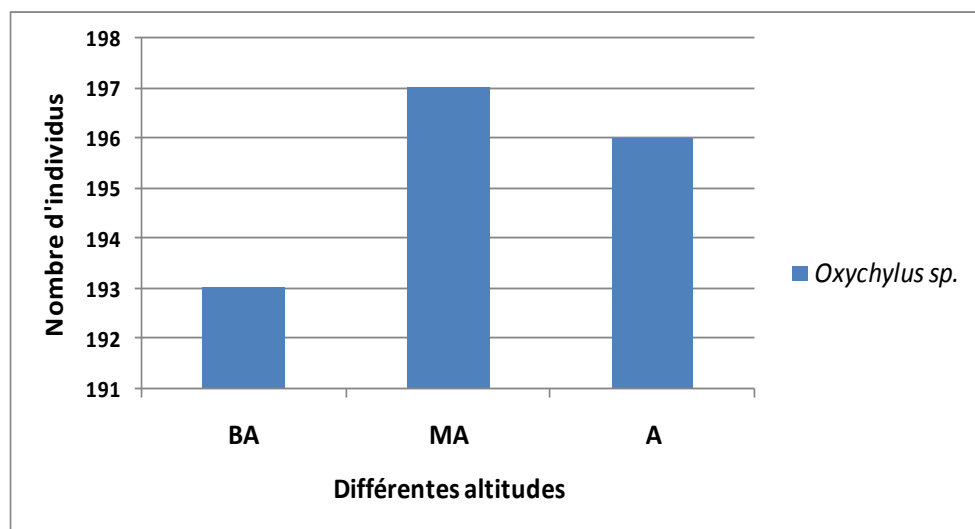
Au vu des données obtenues durant cette étude, il est proposé de faire un tri basé sur la distribution des espèces d'escargots récoltées selon leur présence dans différents niveaux d'altitude. Nous avons obtenus les résultats suivants :

Il est à constater que les populations échantillonnées se répartissent en quatre groupes, dont le premier concerne les espèces ubiquistes, le deuxième décrit les espèces caractéristiques de basses altitudes (BA) et de moyennes altitudes (MA), le troisième regroupe les espèces

typiques de BA et d'altitude (A) et enfin le quatrième groupe englobe les espèces caractéristiques d'altitudes.

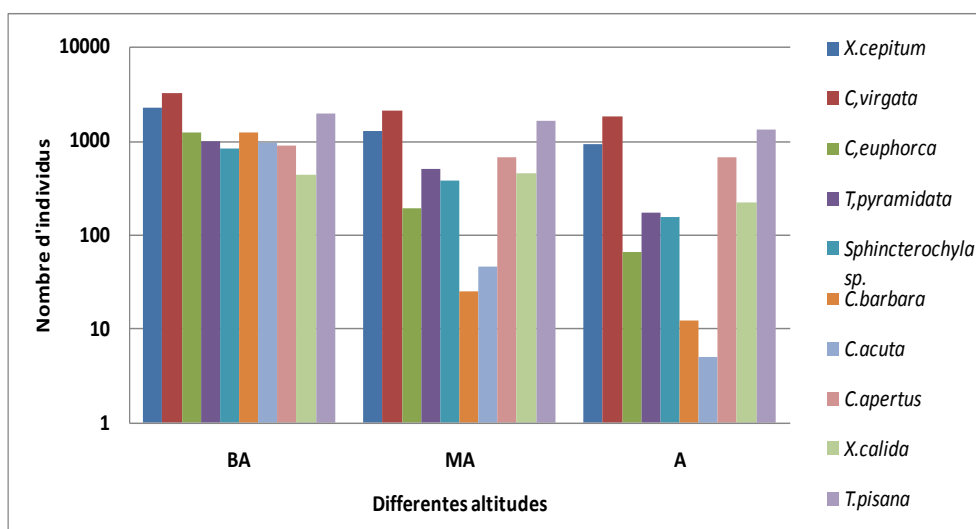
Groupe 1 des ubiquistes comporte les espèces présentes à tous les niveaux d'altitudes (BA, MA et A). Selon les variations de leurs fréquences suivant le gradient d'altitude, trois sous-groupes sont à distinguer :

Le premier sous-groupe renferme les espèces ubiquistes *stricto sensu* c'est à dire celles qui sont présentes régulièrement et uniformément selon le gradient d'altitude. A travers l'inventaire une seule espèce *Oxychylus sp.* fait partie de ce groupe (Fig. 31).



**Figure 31:** Espèce ubiquiste *stricto sensu*

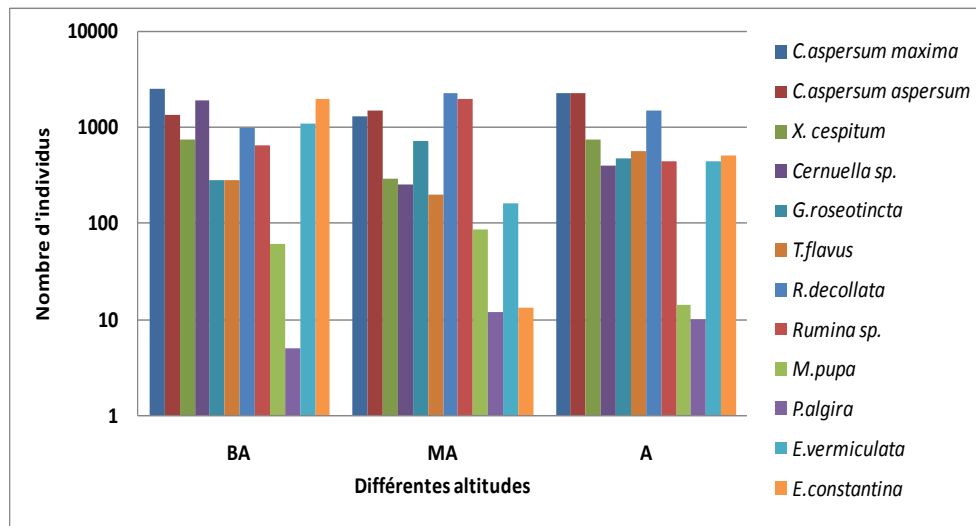
Le deuxième sous-groupe rassemble les espèces ubiquistes decrescendo qui sont présentes à tous les niveaux d'altitudes, mais avec des fréquences qui diminuent suivant le gradient altitudinal (Fig. 32).



**Figure 32 :** Espèces ubiquistes decrescendo

10 espèces sont considérées comme ubiquistes avec des densités variables et qui diminuent inversement à l'augmentation de l'altitude.

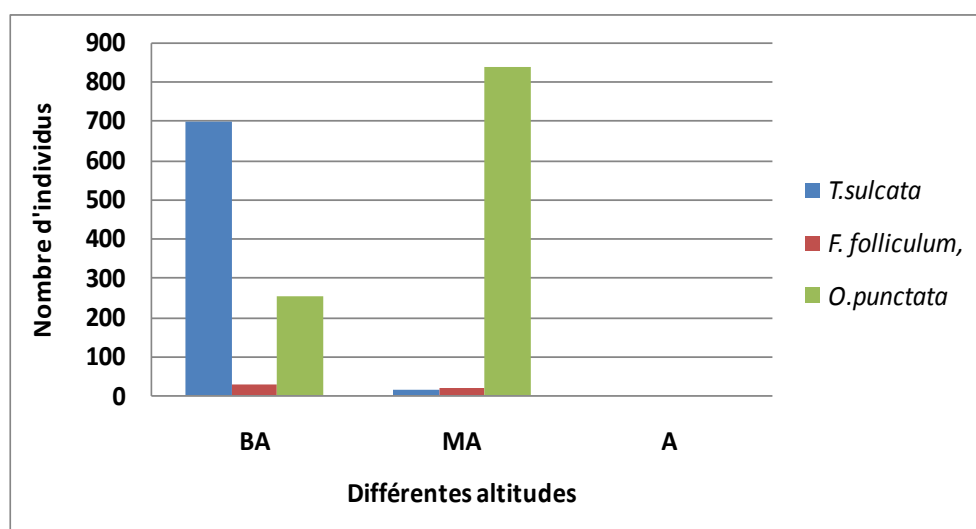
Le troisième sous-groupe forme l'ensemble des espèces ubiquistes irrégulières c'est-à-dire les espèces présentes à tous les niveaux d'altitudes, mais dont les fréquences varient irrégulièrement selon le gradient altitudinal (Fig. 33).



**Figure 33** :Espèces ubiquistes irrégulières

Dans ce groupe la répartition des 12 espèces ubiquistes est irrégulière, ce qui est due probablement aux autres facteurs stationnels.

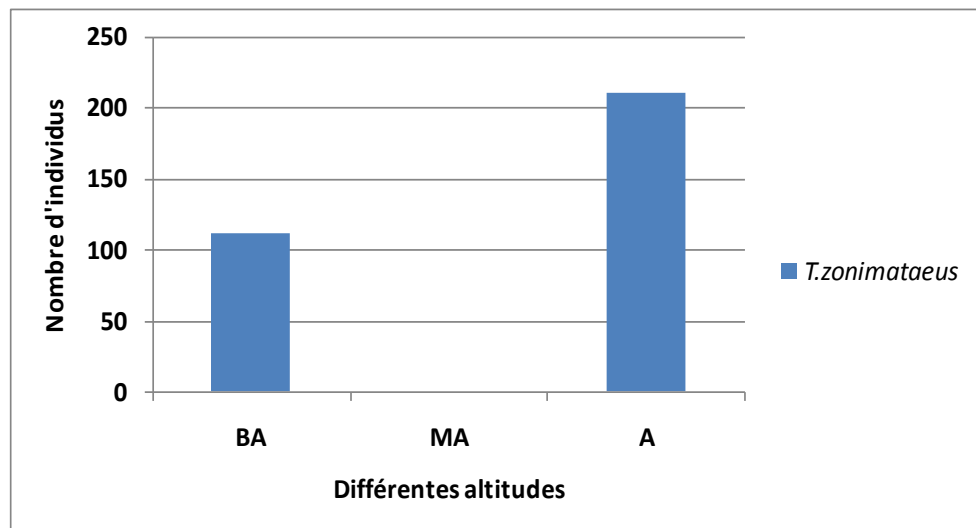
Le deuxième groupe concerne les espèces caractéristiques de basses et moyennes altitudes qui sont présentes exclusivement au niveau des BA et des MA et absentes en A (Fig. 34).



**Figure 34** : Espèces caractéristiques de basses et moyennes altitudes

Les espèces caractéristiques des stations de basses altitudes et de moyennes altitudes sont *O.punctata*, *T.sulcata* et *F.folliculum*, cependant, il est à noter que *T.sulcata* montre une densité plus marquée en basse altitude et *O.punctata* la montre en moyenne altitude.

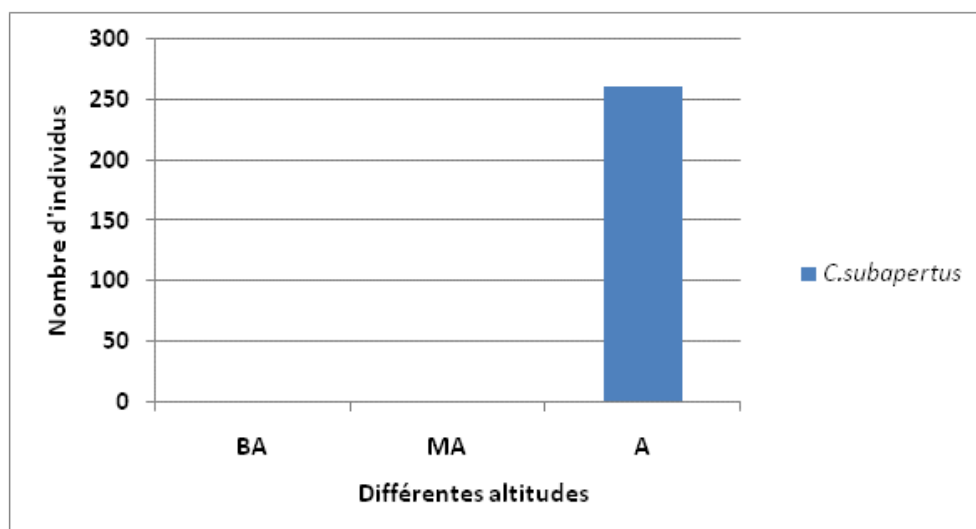
Le troisième groupe renferme les espèces caractéristiques des basses altitudes et d'altitudes représentant ainsi les espèces présentes exclusivement au niveau des BA et en A et absentes en MA (Fig.35).



**Figure 35 :** Espèces caractéristiques de basses et d'altitudes

*Trochylus zonimataeus* est la seule espèce rencontrée à la fois en basse altitude et en altitude.

Le quatrième groupe est celui des espèces exclusivement d'altitude et qui sont absentes en BA et en MA (Fig. 36).

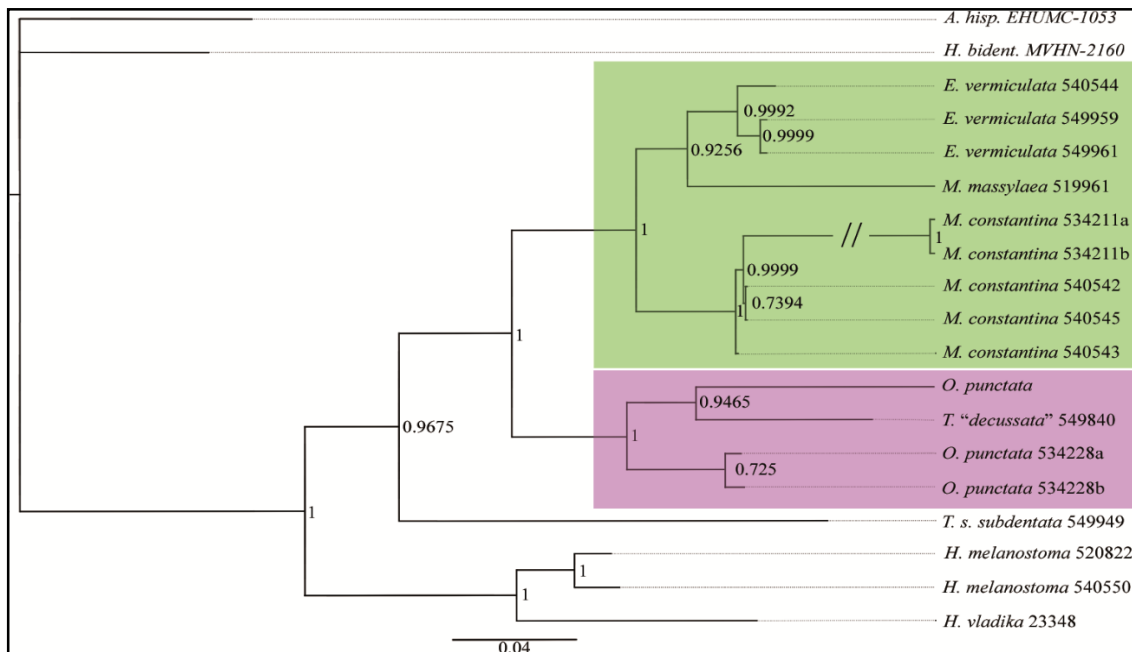


**Figure 36 :** Espèces exclusivement d'altitude

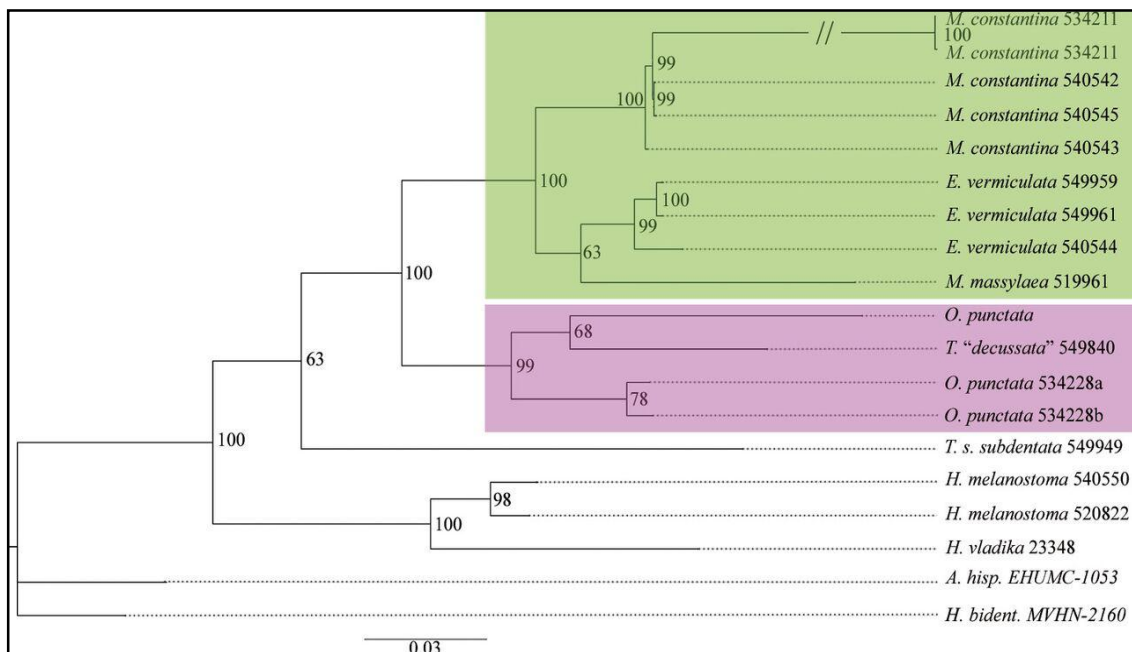
L'espèce rencontrée exclusivement en altitude est *Cantareus subapertus*.

### 5. Etude phylogénique du genre *Massylaea*

Les analyses BI et RAxML de l'ensemble des données récupérées sur le genre *Massylaea* ont été ordonnées et ainsi on a pu séparer *Massylaea* de la branche d'*Otala* avec un support statistique maximal (Fig.37 et Fig.38).



**Figure 37 :** Arbre d'inférence bayésienne basé sur un ensemble concaténé de séquences (CO1 16S, H3, 28S, ITS2). Le nombre sur les nœuds fait référence aux probabilités postérieures fournies par l'analyse BI.



**Figure 38 :** Arbre à maximum de vraisemblance basé sur les caractères étudiés (CO1 16S, H3, 28S, ITS2). Le nombre sur les nœuds représente les valeurs de l'analyse ML

Dans l'analyse bayésienne (Fig. 37), le nœud qui différencie le NMBE 540542 du NMBE 540545 au niveau de la branche de *constantina*, n'a montré qu'un faible lien, bien que les deux populations ne soient pas très distancées entre elles. Cependant, dans l'arbre ML (Fig. 38), le même point de ramification est fortement soutenu. Les résultats de notre étude appuient fortement le monophylie du genre *Massylaea*.

D'après les valeurs de l'analyse génétique, la séparation des deux espèces *Eobania vermiculata* et *Massylaea constantina* a été relativement bien déterminée, avec une différence génétique très faible entre elles. De ce fait, *Massylaea* et *Eobania* font partis de la même branche.

# DISCUSSION

L'inventaire des escargots terrestres nous a permis de récolter une richesse assez importante en nombre d'individus et en nombre d'espèces au niveau des différents sites d'étude. Ainsi, 60645 individus sont récoltés et classés en 28 espèces réparties en 10 familles, les Helicidae, Hygromiidae, Subulinidae, Cochlicellidae, Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, Pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae. Avec 28 espèces identifiées, la diversité malacologique est satisfaisante, les caractéristiques des différentes stations d'étude offrent un panel d'espèces intéressant avec des exigences écologiques variées.

Parmi les 28 espèces d'escargots terrestres, certaines sont adaptées à des conditions de sécheresse relativement importantes, d'autres ont besoin d'un milieu très humide, d'autres enfin sont ubiquistes.

Un grand nombre d'études ont démontré les relations étroites entre la distribution et la diversité des mollusques terrestres et les facteurs à grande échelle, tels que le climat, la géologie et le type d'habitat. Certains de ces facteurs déterminent la répartition et l'abondance de la malacofaune de nombreuses régions (Robitaille et al., 1973 ; Tews et al., 2004). Karas (2009) affirme que les préférences ou exigences écologiques des gastéropodes terrestres sont très différentes d'une espèce à l'autre.

Durant la présente étude, nous avons constaté une variation de la richesse spécifique et de la densité des espèces d'escargots terrestres d'une station à une autre. Il existe des stations présentant un nombre important d'espèces et d'individus, d'autres stations présentent un nombre d'individus élevé alors que la richesse spécifique est relativement faible. Nous avons également des stations avec un nombre d'espèces important tandis que la densité est moindre. Cette différence est liée certainement aux conditions climatiques, édaphiques et floristiques. Gimbert et DeVaufléury (2009) annoncent que les gastéropodes pulmonés terrestres occupent une grande diversité 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 parmi les dix familles inventoriées, celles des Helicidae, des Hygromiidae et des Subulinidae existent au niveau de toutes les stations. **Malgré leur grande sensibilité aux changements climatiques, ces gastéropodes ont pu conquérir tous les milieux terrestres par différentes formes d'adaptation, soit morphologiques (couleur et taille de la coquille), soit physiologique (épiphragme) ou comportementales (microhabitat et rythmes d'activité adaptés).** Nous pouvons expliquer la coexistence de ces trois familles par le fait qu'en général les espèces de la famille des Helicidae présentent des coquilles de grande taille qui les

rend très proches du sol alors que les Hygromiidae avec leur petite taille ont la possibilité de s'accrocher aux tiges des plantes. Aussi, ces deux familles ne partagent pas la même niche écologique et de ce fait ne présentent pas de compétition vis-à-vis des ressources trophiques. Alors que les Subulidae, malgré leur coquille assez imposantes, leur régime alimentaire omnivore et opportuniste leur permet de conquérir une grande diversité de milieux. Kerney et Cameron (2006) attestent que la complexité de la structure des habitats joue un rôle important. Les préférences écologiques des espèces sont souvent très différentes et l'existence de nombreux microhabitats contribue à augmenter sensiblement la richesse faunistique.

Au niveau des stations d'études et durant la période de prospections, les familles des Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, Pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae ne sont représentées que par une seule espèce chacune. Ce qui peut être dû selon Bertrand (2002) au fait que les mollusques par leur biologie et leur écologie constituent bien souvent des indicateurs de choix de l'état des écosystèmes qu'ils peuplent. En effet, leur forte dépendance vis à vis de l'hygrométrie, tout comme leur très faible capacité de déplacement les rendent particulièrement sensibles aux perturbations qui affectent leurs habitats, notamment les activités humaines. Au niveau de certaines stations, l'observation d'une moindre richesse spécifique est probablement attribuée à une couverture incomplète des prospections, il est très probable que des recherches complémentaires et adaptées livreront d'autres espèces. Il peut être aussi dû à l'action anthropique exprimée par une forte destruction, une forte pollution et d'une importante fragmentation des habitats occupés par certaines espèces vulnérables.

Nous avons constaté que le nombre d'individus le plus important est mentionné au printemps et en automne et ceci est dû à l'union des conditions climatiques (humidité et température) favorables et notamment la présence d'une abondante végétation source trophique nécessaire au développement et à la croissance des escargots terrestres

La présente étude a permis d'enregistrer des densités plus riches en période hivernale qu'en période estivale car les hivers caractérisant la région de Tizi-Ouzou, sont plutôt doux et humides alors que les étés sont secs et chauds.

Néanmoins, quelques stations de moyennes altitudes ont montré une densité importante en été, ceci peut être expliqué par l'abondance de certaines espèces xérophiles comme *Cernuella virgata* au niveau de Ait El Kaid et Tahchat et de *Theba pisana* au niveau de la station d'Azaghar de Ait Bouaddou.

L'escargot est un animal à sang froid, essentiellement nocturne ou qui n'est actif que par temps très humide. Son activité varie beaucoup selon les périodes de l'année et suivant les variations de la température et de l'humidité. En effet, le cycle de vie des escargots, tout comme la densité de leurs populations, la vitesse de leur reproduction et leur croissance sont conditionnés par les conditions climatiques, la lumière et la nourriture disponible. Les hivers doux favorisent le taux de survie des œufs, des jeunes escargots et leur développement. Les hivers secs et froids peuvent induire une diminution des populations vivant sur une parcelle donnée. Par ailleurs, Robitaille et Seguin (1973) indiquent que les escargots et les limaces sont les animaux qui ont une sensibilité exceptionnelle aux changements climatiques à cause de leur tégument mou et perméable et au fait que ceux sont des poïkilothermes. Ainsi, leur distribution est étroitement liée aux conditions du milieu.

D'après nos résultats, les Helicidae forment une famille très commune en Kabylie et présente des espèces ubiquistes et caractéristiques. Selon une étude faite par Ktari et Rezig (1976), les Helicidae sont fortement représentés dans le Nord-Est du Maghreb, ceci corrobore avec les résultats obtenus au niveau des différentes stations d'études, ayant mis en valeur l'abondance de *Cornu aspersum maxima* (*Helix aspersum maxima*) *Cornu aspersum aspersum* (*Helix aspersum aspersum*) et *Cantareus apertus* (*Helix aperta*). Magnin et Martin (2012) affirment que *Helix aspersum* est un escargot méditerranéen originaire d'Afrique du Nord, donnée approuvée par la forte fréquence de cette espèce après échantillonnage sur terrain. C'est une espèce facilement adaptable à la plupart des zones climatiques excepté aux zones soumises aux longs hivers avec des températures négatives. Notre échantillonnage a révélé l'existence de 8 espèces d'Helicidae réparti de manière aléatoire au niveau des différentes stations de différentes altitudes. En effet, *C. aspersum maxima*, *C. aspersum aspersum*, *C. apertus* et *Theba pisana* sont ubiquistes car elles sont rencontrées au niveau de la majorité des stations, alors que les autres espèces présentant des exigences écologiques spécifiques ne sont présentes qu'au niveau de quelques stations.

L'escargot brun, *C. aspersum* (syn: *Helix aspersum*, *Cryptomphalus aspersus*) de la famille des Helicidae est un gastéropode terrestre avec une coquille sphérique marron de 2½-4 cm de diamètre avec plusieurs liaisons spirales noires (Pfleger et Chatfield, 1988). *C. aspersum* est une espèce ubiquiste largement distribuée dans la région d'étude, notamment à proximité des habitations. Elle peut localement former d'importantes populations. Son aptitude à être une espèce thermophile lui permet de vivre dans un large éventail d'habitats, mais elle est particulièrement fréquente dans les milieux anthropiques et dans les zones cultivées. D'après

Barker et *al.*(1990), c'est un escargot actif la journée lorsque le temps est humide et dans un habitat couvert et selon Attia (2004) pendant la nuit quand les conditions climatiques sont clémentes. Selon Iglesias et *al.* (1996), *C.aspersum* hiberne en hiver ou il estive en été. Originnaire de la Méditerranée, mais puisqu'elle est une espèce couramment utilisées pour un usage alimentaire et possède une grande valeur écologique, elle a été introduite dans de nombreuses régions du monde. Par ailleurs, il est à signaler que cette espèce est également considérée comme un ravageur dans les jardins et les vergers (principalement par les dommages au pâturage), notamment dans les vergers d'agrumes et dans les vignobles (Pfleger et Chatfield, 1988 ; Barker et Watts 2002).

Selon Falkner (1990), *C.aspersum maxima* est une sous espèce d'origine Nord-Africaine (Algérie) reconnaissable par sa grande taille par rapport à *C.aspersum aspersum*. Les travaux réalisés par Kerney et Cameron (1999) annoncent que cette espèce a été introduite en Europe pour ses qualités nutritives. Dans le présent inventaire, *Cantareus apertus* est repérée dans la quasi-totalité des stations prospectées dans une gamme d'altitudes entre 31m et 1100m. *C.apertus* est un Helicidae présentant une coquille globuleuse de 23- 27mm de hauteur et 23-26mm de diamètre, un aspect ridé, généralement de couleur brun verdâtre plus au moins foncée. Elle possède plusieurs bandes spiralées fines (Germain, 1930 ; Giusti et *al.*, 1995). Son dernier tour fortement élargi et légèrement descendant vers le péristome (Yildirim, 2004). Cet escargot est fréquent dans les habitats côtiers humides à subhumides où il préfère les oliveraies. En Algérie, cette espèce est rencontrée fréquemment dans toute la partie côtière du pays, caractérisant particulièrement la région de Kabylie (Benbellil-Tafoughalt, 2010). De Vaufleury et Gimbert (2009) rajoutent que *C. apertus* est une espèce mésophile et sciaphile qui se reproduit en automne lorsque la photopériode journalière et la température ambiante baissent.

*Cantareus subapertus* est un Helicidae rencontré au niveau de trois stations dépassant les 950m d'altitude comme à Ighil Bourmi, Ait Houari et Tizi-Guefres (Iferhounene). D'après nos observations, cette espèce vit essentiellement dans les crevasses rocheuses, ce choix d'habitat pourrait être une adaptation comportementale afin d'éviter la déshydratation et se protéger des prédateurs. Selon Moreno-Rueda (2007), *C.subapertus* est rencontrée dans des endroits assez éloignés de milieux anthropisés, tels que les falaises où elle se cache dans les anfractuosités des parois calcaires. Globalement, ses habitats doivent être modérément humides et pourvus de cavités pour pouvoir s'abriter. D'après Moreno-Rueda et *al.*(2002), les endroits à environnement sec, caractérisés par des températures élevées et une faible humidité, imposent des conditions de vie restrictives aux animaux, particulièrement critiques pour les animaux hydrophiles tels

que les gastéropodes terrestres. Pour pouvoir habiter des zones arides, les escargots montrent une suite d'adaptation, comme la sélection de microhabitats pour minimiser le risque de déshydratation.

*Theba pisana* est aussi un Helicidae récolté presque au niveau de toutes les stations et elle représente l'espèce la plus abondante au niveau de Ait Boumahdi et d'Azaghar de Ait Bouaddou. *T.pisana* présente une coquille globuleuse de taille moyenne, d'ouverture elliptique, souvent bordée de rose. La coquille a une coloration très variable, blanche ou rousse, présentant un ombilic très petit, partiellement obturé présentant ainsi un important polymorphisme de formes et de couleurs, si bien que certains spécimens peuvent être confondus. Souvent nombreuses sur les herbes et plantes basses, en particulier sur le littoral fréquenté par l'espèce (Bursztyka, 2015). Aussi, selon Sacchi (1979), *T.pisana* vit dans des milieux ouverts et secs, généralement près de la mer et fréquemment dans les dunes (habitat presque exclusif au Nord de l'aire de répartition), alors que, durant notre prospection, cette espèce est présente au niveau de plusieurs sites d'étude à différentes altitudes même à 1100m. Cette espèce est rencontrée durant toute l'année sauf que le nombre d'individus est plus faible pendant les mois d'été. Selon Cowie (1985), en cas de fortes chaleurs, cet escargot monte sur les tiges des plantes où la température est plus basse. Selon Magnin (2004), cette espèce est invasive dans la région méditerranéenne. Aupinel et Bonnet (1996) ajoutent que le succès invasif est considérable dans ces régions. De même, cette espèce se retrouve dans de nombreuses régions du monde possédant un climat de type méditerranéen (Däumer et al., 2012).

Au niveau de la station de Makouda, l'espèce la plus abondante est *Otala punctata* avec une fréquence de 22,22% et une densité relative de 69,91 par 100 m<sup>2</sup>. C'est un gastéropode terrestre appartenant à la famille d'Helicidae endémique de la Méditerranée occidentale. Falkner (1990) rapporte que cette espèce se trouve souvent dans les zones agricoles dans les plaines côtières. En Afrique du Nord, *O.punctata* se trouve à l'ouest jusqu'au nord-ouest de l'Algérie. Durant notre prospection, cette espèce est observée également au niveau de Tala Toulmouts et Taboukert malgré l'éloignement de ces stations du littoral. Dans le nord de la méditerranée, Maurel (2004) déclare la présence d'*O.punctata* en Haute-Garonne à 220m d'altitude. Barbara et Schembri en 2008 affirment que cet escargot thermophile préfère les zones agricoles et les plaines côtières. En effet, un grand nombre d'études ont démontré les relations étroites entre la distribution et la diversité des mollusques terrestres et les facteurs à grande échelle, tels que les facteurs climatiques, édaphiques et le type d'habitat. Certains de ces facteurs déterminent la

répartition et l'abondance de la malacofaune de nombreuses régions (Robitaille *et al.*, 1973 ; Tews *et al.*, 2004).

*Eobania vermiculata* (Müller, 1774) est un Helicidae de grande taille, avec une coquille de 33mm de largeur. C'est l'espèce la plus abondante avec une fréquence relative de 15,78% et une densité de 41,33 par 100m<sup>2</sup> au niveau de la station de Tamda. Nous avons collecté cette Helicidae au niveau de plusieurs substrats mais particulièrement sur des végétations sèches et sur des arbustes, essentiellement le palmier nain. D'après Ronsmans et Van den Neucker (2016), l'espèce se rencontre habituellement dans la végétation sèche, dans les haies, les jardins, les vignobles et souvent dans les zones côtières et également dans les cultures agricoles. Cowie *et al.*, (2009) annoncent qu'avec une longue durée de vie, de 2 à 5 ans, une population établie peut continuellement se développer et former des populations denses et elle est considérée comme une espèce envahissante. D'après Neubert (1998), cette espèce est largement répandue dans le bassin méditerranéen. Kerney et Cameron (1979) précisent que *E.vermiculata* est thermophile et mésophile à large valence écologique et c'est une espèce opportuniste dont l'aire de répartition englobe tout le pourtour méditerranéen.

Durant le présent travail, nous nous sommes intéressés à la caractérisation du genre *Eobania* pour une confirmation en systématique. Les résultats obtenus montrent que le nom générique *Massylaea Möllendorff*, 1898 a été largement utilisé pour un nombre des espèces et ne peuvent donc pas être traitées comme un nomen oblitum. Il a précédé *Eobania* Hesse, 1913, et les espèces répandues *Helix vermiculata* O. F. Müller, 1774, doivent être classées sous ce nom générique. *Massylaea constantina* possède une coquille de taille moyenne de couleur de blanc à gris, toujours avec cinq bandes de spirale marron. Cette espèce est connue de Tizi-Ouzou dans la Grand Kabylie jusqu'au nord de la province de Constantine. Dans de nombreux endroits, elle vit en sympatrie avec *M.vermiculata*. Cette espèce s'est avérée assez stable en termes de traits conchologiques. Le nombre de cinq bandes en spirale est très stable ainsi que le téléconche blanc et lisse.

Certains spécimens de *E.vermiculata* semblent assez semblables ; cependant, jusqu'à présent, toutes les coquilles de cette espèce pourraient être différenciées par la grande coquille et par la présence d'un type de sculpture sur la surface de la coquille qui n'est pas observé sur *M.constantina* (Bouaziz-Yahiatene *et al.*, 2017).

Les Hygromiidae forment une famille d'escargots terrestres appartenant à l'ordre des Stylommatophora, présentant généralement des espèces de taille plutôt petite à moyenne. Nous les repérons le plus facilement en été lorsqu'ils sont en phase d'estivation sur les plantes ou sur

d'autres substrats ou objets divers, mais aussi dans les milieux ouverts, secs et chauds. Nous avons identifié 10 espèces de cette famille au niveau des différentes stations prospectées, mais les espèces les plus répandues sont *Xerosecta cespitum* et *Cerneuella virgata*. Selon Germain (1930), *X. cespitum* est une espèce strictement méditerranéenne. Kerney et Cameron (1979) attestent que *C. virgata* est un escargot endémique de la Méditerranée.

*X. cespitum* est une espèce de taille moyenne (18 à 25 mm de diamètre). Nous l'avons observée accrochée aux plantes, sur des murs, le long des routes et sur plusieurs substrats exposés. Selon Caziot (1904), cette espèce est xérophile et elle suit essentiellement la zone de l'olivier.

Durant notre échantillonnage, *Cerneuella virgata* est récoltée au niveau de plusieurs stations. Il est à préciser que c'est l'espèce la plus abondante au niveau des stations de Ait El Kaid, Ait Houari et de Boghni et elle est omniprésente ou constante dans le reste des stations. Magnin (2004) signale que l'espèce occupe les milieux ouverts et xériques. Les individus de cette espèce sont particulièrement récoltés sur les plantes où ils couvrent les tiges des plantes. *C. virgata* préfère les habitats ouverts, secs et riches en calcium comme les prairies et les haies (Kerney et Cameron, 1979). Selon Baker (2002), c'est une espèce qui se trouve au sommet des plantes pendant l'été se nourrissant des jeunes pousses et de feuilles tendres. Il s'agit d'une espèce nuisible dans les champs et peut contaminer des cultures entières (Godan, 1983). Nos résultats montrent que *C. virgata* est une espèce qui présente des densités importantes en automne et au printemps. Ce qui confirme les travaux de Pomeroy (1968), qui affirme que l'automne et le printemps sont les saisons de reproduction de cette espèce et c'est la population juvénile qui infeste les récoltes de céréales.

*C. virgata* nommé aussi l'escargot blanc (White-McLean, 2011) passe une grande partie de son temps dans un état de dormance durant quelques heures, qui se produit habituellement tous les jours pendant l'hiver. Pendant l'été, quand les conditions sont sèches, l'inactivité peut durer de jours en semaines (Pomeroy, 1968). Ceci permet aux espèces de supporter de longues périodes de chaleur, de lumière et de sécheresse (Godan, 1983). Les escargots blancs limitent leurs activités quotidiennes à des périodes qui sont les plus favorables en ce qui concerne la température et l'humidité, ce qui constitue une forme significative de comportement d'adaptation (Staikou, 1999).

*Trochoidea pyramidata* est une espèce avec une distribution plus marquée à l'Ouest de la méditerranée. Nous avons récolté cette espèce sur de la végétation herbacée et des arbustes, même à plusieurs centimètres du sol au niveau de toutes les stations d'étude. Cependant, il est à noter que la densité de cette dernière est plus marquée en base et moyenne altitudes qu'en

altitude où elle est faiblement représentée. Giusti(1973) atteste que cette espèce thermophile et xerorésistante, vivant dans des habitats plus ou moins ouverts et commune en basse et moyenne altitudes. Dario Ferreri et *al.*(2002)affirment que cette espèce présente un polymorphisme remarquable de la coquille, en taille et en couleur et elle est commune et généralisée en particulier dans les prairies.

Les individus de *T.pyramidata* recueillis lors de notre investigation dans les endroits chauds et secs ont une coquille généralement claire. Prior (1985) atteste que les étés chauds et secs de la région méditerranéenne représentent un énorme défi pour de nombreux animaux. Le tégument des escargots terrestres est fortement perméable à l'eau et ils courent donc facilement le risque de dessiccation dans les habitats chauds et secs. Ils peuvent perdre jusqu'à 40% de leur masse corporelle par évaporation d'eau en seulement 2 heures. En outre, la mort thermique par surchauffe pose un danger pour ces animaux dans les régions chaudes (Staikou, 1999). Par conséquent, les escargots terrestres ont développé de nombreuses adaptations pour faire face aux conditions chaudes et sèches, y compris les adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales.

Les adaptations morphologiques peuvent comprendre des variations de la couleur, de l'ouverture et de la taille de la coquille. Les escargots avec des coquilles plus brillantes ne se réchaufferont pas aussi rapidement que les escargots avec des coquilles de couleur plus foncée en raison de la différence de réfraction de la lumière du soleil (Yom-Tov, 1971). Les escargots terrestres avec de petites ouvertures de coquille (par rapport à leur taille de coquille) subissent moins de pertes d'eau pendant les périodes d'inactivité (Goodfriend, 1986).

*Ganula roseotincta* anciennement appelée *Helix* (*Fruticicola*) *roseotincta* Forbes (E. Neubert, comm. Pers.) est échantillonnée dans plusieurs stations. Cette espèce fera aussi l'objet d'une génétique de confirmation.

Nous avons échantillonné deux espèces différentes du genre *Trochulus*, *T.zonimataeus* et *T.flavus* au niveau de plusieurs stations à différentes altitudes. Ces dernières ont été trouvées particulièrement sous, dans la litière ou dans le sol. La variabilité morphologique des coquilles trouvées dans la région rend particulièrement difficile l'identification des espèces de ce groupe et l'attribution d'un des deux noms actuellement disponibles. La répartition, l'écologie et le statut de ces deux espèces sont encore mal connus.

Les Subulinidae observés lors de cette prospection sont essentiellement *Rumina decollata* et *Rumina sp.* Prévot et *al.* (2014) attestent que ces deux espèces d'escargots sont typiquement

méditerranéennes. L'escargot décollé est facilement identifiable à l'état adulte par sa coquille tronquée et obturée à son sommet par une lame calcaire, cette espèce présente aussi la particularité de se nourrir d'autres escargots donc prédatrice.

Ces espèces prospèrent dans plusieurs étages, elles vivent fréquemment sous les pierres, parmi les débris organiques, en milieu sec. D'après Cowie (2001), cet escargot vit fréquemment sous les pierres, les murs et sous les troncs morts, les buissons et les arbustes. C'est une espèce thermophile et xérorésistante grâce à son épiphragme blanc épais et à son habitude de s'enterrer dans le sol pendant l'été marqué par de fortes chaleurs. Au niveau de la station de Redjaouna et de Boumehni, *R.decollata* est l'espèce la plus abondante. Cowie (2001) rapporte que cette espèce est un mollusque exotique, avec des habitudes alimentaires omnivores, considéré comme un prédateur de certaines espèces d'escargots et les limaces. Ceci peut expliquer la prolifération de cette famille par rapport aux autres familles au niveau des deux sites échantillonnés.

D'après Hines Batts(2014), *R.decollata* se développe dans de nombreux types de sols. Il paraît que la température et l'humidité sont les facteurs limitant de la distribution.

Au niveau des stations d'études explorées, la famille des Cochlicellidae est représentée par deux espèces *Cochlicella barbara* et *Cochlicella acuta*.

Nous avons échantillonné ces deux espèces sous les écorces des troncs en décomposition, dans des stations à différents niveaux d'altitude. *Cochlicella acuta* (Müller, 1774) et *Cochlicella barbara* (Linnaeus, 1758) sont des espèces méditerranéennes (Kerney et al., 1983 ; Kerney 1999 ; Kerney et Cameron 1999). Ces espèces sont xérothermophiles et fréquentent les milieux herbeux, chauds et secs, tels que les dunes, accotements routiers, pelouses et sur les détritiques organiques (Cucherat, 2001).

*Cochlicella barbara* est l'espèce la plus abondante au niveau de la station de Taboukert riche en matière organique et détritiques organiques. Herbert (2010) atteste que cette espèce favorise les zones avec des climats méditerranéens relativement secs, en particulier à proximité de la côte. Cette espèce peut être commune dans les jardins, les terres cultivées et les détritiques où elle peut se reproduire en grand nombre dans des conditions favorables.

Au niveau des stations d'études et durant la période de prospections, les familles des Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, Pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae ne sont représentées que par une seule espèce chacune.

La famille des Oxychilidae inventoriée au niveau de plusieurs stations n'est représentée que par une seule espèce *Oxychylus sp.* à coquille de taille moyenne, aplatie, à ombilic petit ou moyen, très lisse, luisante, fine et translucide. Quelques spécimens sont souterrains et trouvés aussi dans des écorces d'arbres en décomposition. Cette espèce pourrait être celle qui semble être caractéristique de la Kabylie *Zonites djurjurensis* qui a été décrite par Debeaux en 1863 et Bourguignat en 1864 et qui peut être trouvée sous les mousses et dans les lieux frais et pierreux de la région montagneuse du Djurdjura. La vérification et la correction de la nomenclature de cette espèce est en cours et les résultats feront l'objet d'une publication.

La famille des Oleacinidae représentée par l'unique espèce *Poiretia algira* espèce décrite des régions côtières de l'Algérie, alors que nous l'avons récolté au niveau de trois stations à altitudes différentes, au niveau de Tizi-Ouzou, Ait El Kaid et Ighil Bourmi. L'espèce de Ait El Kaid est été affichée par animal bases sur internet (Bouaziz-Yahiatene et al., 2013). Il est à rappeler que *Poiretia* est un genre d'escargots prédateurs.

*Mastus pupa* espèce de la famille des Enidae, est rencontrée au niveau de Tizirt, Makouda, Ait El Kaid et Ighil Bourmi avec de faibles effectifs.

La famille des Sphincterochilidae représentée par une seule espèce *Sphincterochyla sp.* est un escargot avec une coquille de taille moyenne et de couleur blanche qui n'est rencontrée qu'au niveau des stations de Drâa Ben Khedda, Makouda, Tizi-Ouzou, Taboukert, Taguemount, Larbaa Nath Irathen et à Ait Houari. Nos résultats corroborent ceux de Damerджи et al. (2005) qui annoncent que dans les stations sèches et chaudes se concentrent les individus ayant une coquille blanche. D'après Giusti et al. (1995), *Sphincterochyla* est un genre de la Méditerranée Occidentale

D'après Abbes et al. (2009), la famille des Sphincterochilidae est assez spéciieuse, ses représentants peuvent être trouvés dans tout le Nord de l'Afrique, mais aussi sur la péninsule ibérique, le Sud de la France et le Sud de l'Italie et de Malte. Pour l'espèce, il existe environ 100 noms nomenclaturalement disponibles, mais une révision est en suspens, laissant une situation assez peu claire et insatisfaisante en ce qui concerne le nombre réel d'espèces et de sous-espèces.

Au niveau de la station de Tizirt, *Tudorella sulcata* est l'espèce la plus abondante avec une fréquence de 25,49% et une densité de 58 par 100m<sup>2</sup>. En effet, Giusti et Manganeli (1984) certifient que cette espèce est présente au niveau du littoral de la Méditerranée Occidentale.

Les valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon-Weaver sont enregistrées au printemps et en automne au sein de plusieurs stations. Cette richesse de la malacofaune enregistrée durant ces saisons coïncide avec la période de reproduction des Helicidae et des Hygromiidae.

Les valeurs les moins importantes de l'indice de Shannon-Weaver sont enregistrées pour la plupart des stations en été. Cette faible richesse durant les mois de Juin, Juillet et Août peut être expliquée par l'estivation des escargots dans le but de se protéger de la dessiccation due aux fortes températures et à l'ensoleillement intense durant cette saison.

Nous avons aussi enregistré les valeurs les plus élevées de l'indice Shannon-Weaver en hiver pour quelques stations. Ces dernières ont présenté un hiver doux et humide qui a permis de récolter des escargots. Tandis que les valeurs les moins importantes enregistrées au printemps pourraient être expliquées par la sécheresse enregistrée et le manque de pluie durant l'année de prospection.

Les faibles valeurs de l'indice notées en hiver sont probablement dues au comportement des escargots vis-à-vis du froid, qui les poussent à s'abriter et à entrer en hibernation. Bonavita et Bonavita (1962) précisent qu'une vie active n'est possible pour les mollusques méditerranéens, que dans un intervalle assez restreint des variables de l'environnement qui, en conditions naturelles correspondraient typiquement à celles de l'automne, d'une partie du printemps et de l'hiver ainsi que de quelques nuits d'été. Ces escargots, à sang froid, sont sensibles aux changements atmosphériques (humidité, température). Ils sont en mesure de s'adapter à diverses conditions. Lorsque la température ou l'humidité ne leur conviennent pas, ils entrent en dormance. L'escargot se rétracte entièrement dans sa coquille qu'il ferme hermétiquement en fabriquant une pellicule calcaire blanche pour éviter que son corps ne se déshydrate. Cette réaction est typique de toutes les espèces de gastéropodes terrestres.

L'abondance de plusieurs espèces dans les différentes stations n'a pas induit de déséquilibre sur les peuplements de gastéropodes terrestres, du moment que l'indice d'équirépartition tend vers 1 au niveau de la quasi-totalité des stations d'étude. En effet, selon Barbault (1981), cet indice tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Legendre et Legendre (1979) affirment que l'équirépartition permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut détecter. Plus sa valeur a tendance à se rapprocher de 1, plus il traduit un peuplement bien équilibré.

L'échantillonnage des escargots est réalisé durant toute l'année, il a révélé une présence constante de la malacofaune due aux localisations géographiques des stations regroupant des

facteurs propices à la prolifération de ces mollusques terrestres tels que, l'humidité, la température ambiante et le couvert végétal très diversifié.

Des faibles valeurs ou égale à zéro de l'indice d'équitabilité au niveau de quelques stations peuvent être dues à la diminution de la valeur de la richesse spécifique ( $S=02$ ) comme au niveau de la station de Tizi-Rached au mois d'Août ou encore au niveau de la station de Drâa Ben Khedda. Il faut rappeler que malgré l'importance de la richesse spécifique de 18 espèces, durant le mois d'Avril, la valeur de l'équitabilité n'est que de 0,17, ce qui est probablement due au manque de pluie durant ce mois.

Il est bien connu que les escargots dépendent de l'eau ou de l'humidité élevée pour une vie active (Baker, 1958). Etant relativement sensibles à la dessiccation, ce qui tend à restreindre leurs différentes activités, des conditions humides sont nécessaires pour la respiration et la reproduction des escargots terrestres (Coney *et al.*, 1982) et pour la production de mucus, indispensable à la locomotion (Cameron, 1970). Nos résultats concordent avec le travail novateur de Boycott (1934) sur les escargots terrestres ainsi qu'avec les études menées au cours de la dernière décennie dans plusieurs pays par Millar et Waite (2002) ; Tattersfield *et al.* (2006) et Horsák *et al.* (2007).

Selon Emberton *et al.* (1999), la diversité des escargots peut s'expliquer par l'augmentation de l'humidité au sein de l'environnement le plus proche.

Les études sur le terrain et au laboratoire ont révélé que la sélection d'habitats par les escargots est bien corrélée à la disponibilité de l'eau. Les gastéropodes de chaque genre passent la plupart de leur temps enfouis dans la litière ou accrochés aux végétaux à l'abri. Le comportement d'ensablement est un exemple spécialisé de la préférence générale des escargots pour les habitats humides. Lorsque des groupes d'escargots sont exposés à des conditions environnementales sèches, ils forment des agrégats étroitement liés. Cette réponse entraîne une diminution de la vitesse de déshydratation des escargots individuels.

Les conditions d'humidité, de température ou de lumière, semblent influencer le nombre de gastéropodes observés sur la surface ou au-dessus de la surface. D'après Boag (1985), dans des conditions données de température et de lumière, les proportions d'individus visibles sont significativement plus faibles lorsque l'environnement est relativement sec que lorsque l'humidité est maintenue près du point de condensation. La proportion visible de la population à la surface varie aussi au cours de la journée et elle est fonction de la température plus que de la lumière. Le nombre d'individus visibles est maximal entre 6 et 15°C.

Les températures auxquelles les plus grandes proportions d'individus sont en mouvement sont aussi celles auxquelles il y a le plus grand nombre d'individus sur la surface ou au-dessus de la surface ; conséquemment, il y a plus d'individus qui bougent la nuit que durant le jour.

Des échantillons de sol pour l'analyse chimique ont également été prélevés. Des corrélations positives entre l'abondance des escargots et la quantité de calcium, les valeurs de pH et les taux de matière organique du sol étaient évidents.

Bertrand (2002) atteste que les roches calcaires et les zones humides apparaissent particulièrement riches en escargots si on les compare aux zones forestières.

Il est bien établi que les communautés de gastéropodes terrestres dans des habitats riches en calcaire tels que les affleurements rocheux carbonatés, les marais, les prairies de craie et les riches forêts des hautes terres et des basses terres favorisent souvent des communautés abondantes et diversifiées d'escargots terrestres (Boycott, 1934; Burch, 1962; Kerney et Cameron, 1979; Barker et Mayhill, 1999; Nekola, 1999; Schilthuizen, 2004 et Horsák, 2005).

En effet, l'une des principales tendances mondiales identifiées dans l'écologie des escargots terrestres est la forte corrélation positive entre l'abondance individuelle, la richesse en espèces et le pH de la litière organique dans laquelle résident les communautés d'escargots terrestres (Barker et Mayhill, 1999 ; Nekola et Smith, 1999 ; Pokryszko et Cameron, 2005 et Horsák, 2006).

Cela n'est pas surprenant compte tenu des exigences métaboliques élevées du calcium des escargots terrestres, non seulement pour la production de la coquille, mais aussi pour la production d'œufs (Wärebom, 1970 ; Gärdenfors, 1992).

Le sol est une donnée essentielle de l'habitat des escargots. C'est surtout dans le sol que les escargots trouvent l'eau dont ils ont besoin. Ils creusent le sol pour y déposer leurs œufs et pour se reposer pendant la saison sèche. D'après Cobbinah et Ben Onwuka (2008), il est essentiel que le sol soit léger et qu'il ait une forte teneur en calcium et en eau. Les sols lourds et argileux qui se gorgent d'eau à la saison des pluies et qui deviennent compacts à la saison sèche sont à éviter. Les sols très sablonneux ne sont pas souhaitables non plus car ils retiennent mal l'eau. Il faut éviter les sols acides car leur acidité pourrait interférer avec la croissance de la coquille de l'escargot. Les sols riches en matières organiques sont bénéfiques à la croissance et au développement des escargots. De même, l'eau de pluie doit s'écouler rapidement. Les escargots respirent et peuvent se noyer dans un environnement trop imbibé d'eau.

La relation entre la richesse en espèces et les variables situationnelles peut changer en fonction de la structure de l'habitat, de la capacité de dispersion, du mélange des espèces et de l'adaptation de la communauté à l'environnement. L'humidité et la disponibilité du calcium sont fondamentales pour la biologie des mollusques terrestres, tandis que la diversité des environnements (pentes avec Rochers dispersés, rochers, falaises verticales, gorges, Grottes) et la diversité de la végétation (prairies xériques, Maquis méditerranéens et végétations rupicoles), fournissent des microenvironnements adaptés aux exigences des différentes espèces (Colomba *et al.*, 2011).

Cette étude sur les gastéropodes terrestres au sein de la région de Tizi-Ouzou (Kabylie du Djurdjura) s'inscrit dans la caractérisation de la malacofaune dont il est noté seulement quelques anciens travaux menés au 19<sup>ème</sup> siècle. La variation temporelle de la diversité des écosystèmes naturels et cultivés est suivie de près par celle des groupes faunistiques notamment les gastéropodes. Les résultats obtenus au cours de cette modeste recherche offrent des projets prometteurs pour une meilleure étude systématique aboutissant à l'établissement d'une liste d'espèces la plus proche de la réalité que les études génétiques auront complété par la confirmation du rang générique et ou spécifique.

# CONCLUSION

L'Algérie est un pays d'une grande diversité faunistique et floristique dues à la variation des facteurs climatiques et biogéographiques. Cette biodiversité se reflète dans la composition de l'inventaire malacologique effectué au niveau de la région de Tizi-Ouzou. La présente étude aboutie à un recensement de 60645 individus classés en 28 espèces et réparties en 10 familles qui sont les Helicidae, Hygromiidae, Subulinidae, Cochlicellidae, Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae, lors des 24 prélèvements effectués pour chaque station durant la période allant de Janvier 2011 à décembre 2015. Il est à constater que la richesse spécifique est plus élevée au printemps et en Automne en rapport avec le taux d'humidité ainsi que la température de la saison.

L'acquisition des connaissances sur la malacofaune de la région de Tizi-Ouzou s'est faite à travers ce modeste travail de recherche par la réalisation un inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes terrestres au niveau de 21 stations présentant des altitudes différentes suivant un transect horizontal et vertical, un couvert végétal riche et diversifié ainsi qu'un type de sol particulier caractérisant chaque site prospecté. Suite aux calculs des indices écologiques de composition et de structure, nous sommes parvenus à répartir les 28 espèces analysées en plusieurs espèces constantes, accessoires et accidentelles. L'analyse physico-chimique des différents échantillons édaphiques, nous ont permis de mettre en évidence la relation étroite existante entre la richesse spécifique et la densité des escargots avec le pH, le taux de calcaire et la matière organique. Il est aussi mis en évidence la relation existante entre le couvert végétal et le choix des gastéropodes pulmonés pour leur habitat.

Durant notre prospection, nous avons constaté que les facteurs déterminants la répartition et l'abondance des escargots terrestres reconnus sont le climat (Humidité et Température), la végétation (Structure floristique ainsi que sa composition) et le sol (pH, teneur en calcaire et texture), mais il faut savoir aussi que ces variables sont souvent liées entre elles.

La composition floristique n'exprime pas l'influence directe de la distribution des gastéropodes au niveau des stations explorées car beaucoup d'espèces sont présentes de façons constantes et omniprésentes et ni la quantité ni la source de nourriture n'explique la répartition spatiale de ces mollusques puisque, nous avons observé des escargots sur les rochers et dans des endroits dénudés de végétations comme *Cantarus subapertus*. Ceci nous indique que l'escargot est un opportuniste et la variation du son régime dépend de la nourriture disponible sur un site particulier notamment des ressources en calcaire. La plupart des espèces ont un régime particulièrement composé de différentes espèces de plantes mortes,

complétées par des champignons occasionnels, des lichens ou de la végétation verte ou vivante.

Nous pouvons conclure que le gradient altitudinal est un important facteur pour la distribution des espèces d'escargots terrestres. Les stations de basses altitudes sont marquées par la présence des Helicidae. Alors que les stations d'altitude sont marquées par la présence des Hygromidae et Subulinidae. La diminution de la température avec l'altitude est facteur déterminant pour certaines espèces. L'impact des activités humaines a considérablement modifié la structure végétative verticale et horizontale et donc renforcé la formation d'un microclimat sévère qui pourrait également jouer un rôle important dans l'occupation spatiale par les gastéropodes.

Il est à signaler aussi que certaines répartitions reflètent la biologie et l'écologie de quelques espèces caractéristiques. En effet, certaines espèces sont récoltées au niveau des stations de moyennes altitudes comme, d'autres sont liés aux environnements xérophiles en plaine avec une plus grande exposition au soleil comme, *Eobania vermiculata*, *Ceriuella virgata*, d'autres se trouvent dans des zones ouvertes, mais à des altitudes plus élevées comme *Cantareus subapertus*. D'autres espèces sont rencontrées au niveau de toutes les altitudes considérées comme ubiquistes telle que *C. aspersum aspersum* et *C. aspersum maxima*.

Plusieurs espèces sont strictement localisées dans certaines zones d'étude, ce qui pourrait être dû à divers facteurs, comme la compétition spécifique observée chez l'espèce prédatrice *Rumina decollata* au niveau de la station de Redjaouna. Nous pouvons aussi l'expliquer par une préférence d'une espèce au climat doux des régions côtières comme *Tudorella sulcata* que nous avons rencontré qu'au niveau de la station de Tigzirt, ou une espèce comme *Otala punctata* omniprésente en plaine exposée au soleil rencontrée dans certaines stations.

La différence d'abondance des espèces entre les différentes stations peut s'expliquer par l'existence de la compétition interspécifique qui peut exprimer une forte influence sur la coexistence des espèces entraînant par fois la formation des niches écologiques.

Il est difficile de définir précisément des facteurs environnementaux limitant qui expliquent la distribution et l'abondance des escargots terrestres. Cependant, il est à noter que l'interaction des variables est exprimée simultanément. Ainsi, la distribution et la densité des populations de mollusques sont liées à plusieurs facteurs, géomorphologie, édaphiques, climatiques et cortège floristique, qui déterminent la diversité des habitats.

Les facteurs édaphiques ont montré une influence considérable sur la répartition, l'abondance et la densité des escargots dans les sites explorés. Une corrélation positive entre est observée entre la densité et la richesse du sol en calcaire.

Les escargots obtiennent le calcium de leur environnement de diverses manières. Ils consomment des feuilles vivantes ou en décomposition, du bois, des champignons et des algues sur le bois et les rochers, la sève, les écopés et les carcasses animales, les nématodes et autres escargots.

Les populations d'escargots au printemps sont dominées par la présence des juvéniles. Le cycle de vie varie selon les habitats et peut être annuel ou biennal. Les pontes peuvent avoir lieu en printemps ou/et en Automne, ceci a été confirmé par les valeurs importantes de l'Indice Shannon –Weaver enregistrées pour les différentes stations durant ces deux saisons.

Les résultats obtenus durant notre étude ont montré que les sites qui procurent des bonnes possibilités de se protéger des mauvaises conditions climatiques et des prédateurs sont les endroits qui abritent une faune malacologique la plus diversifiée. En conséquence, la conservation de la biodiversité des gastéropodes terrestre doit dépendre de la compréhension de leur écologie dans les systèmes naturels.

Nous pouvons déduire que certaines espèces ont une préférence très nette pour certains micro-habitats tel que le bois mort, de la litière et anfractuosités du sol qui constituent des habitats qui enferment la plus grande richesse tant en effectif qu'en espèces.

L'abondance de gastéropodes est étroitement liée aux habitats et leur dégradation physique, l'action anthropique par le piétinement, entraîne forcément une modification voire une altération de la diversité de la malacofaune. Enfin, la présence/absence de certains gastéropodes permet d'apprécier la stratification verticale de la végétation. Nombreuses espèces passent une partie de leur vie au sommet ou à différents niveaux de la végétation, comme les espèces du genre *Cernuella* et *Theba pisana* qui passent les heures les plus chaudes sur la végétation afin d'échapper aux fortes chaleurs au ras du sol.

Les conditions estivales représentent un frein à la récolte de la malacofaune. En effet, les fortes températures entraînent l'estivation des mollusques, ces derniers ne sont donc pas actifs et la recherche à vue est de ce fait plus malaisée. L'idéal serait de prospecter lorsque les températures sont plus fraîches ou après une période de pluie. De plus, la végétation luxuriante, typique des milieux fluviaux, ne facilite pas l'identification de microhabitats et la

récolte des escargots. Il s'est avéré que la récolte de la malacofaune est plus commode sur les milieux secs et ouverts tels que la digue qui abrite une végétation beaucoup moins importante.

Les relations évolutives entre les escargots pulmonaires restent depuis longtemps controversées. Bien que les classifications fondées sur la morphologie aient été relativement constantes dans l'attribution de taxons aux familles, la phylogénie plus profonde au sein du groupe reste non résolue. Certaines espèces font l'objet d'avis contrastés parmi les malacologues, soit pour leur taxonomie confuse, soit pour leur identification jusqu'au rang générique ou spécifique, ce qui demanderait à être plus étudiées. Les techniques moléculaires se sont révélées utiles pour déterminer les relations d'évolution entre les taxons dans les cas où les caractéristiques morphologiques ne fournissent pas d'informations claires.

Dans notre cas, l'étude des organes génitaux de *M. massylaea* (Morelet, 1851), espèce de type du genre *Massylaea* Möllendorff, 1898, a montré les mêmes caractères autapomorphiques que ceux considérés comme typiques pour *Eobania* P. Hesse, 1913. Ces résultats sont pleinement soutenus par l'analyse génétique par l'utilisation de deux marqueurs mitochondriaux et trois nucléaires. Ainsi, ce dernier genre doit être considéré comme un synonyme de l'ancien. Actuellement, trois espèces sont connues pour comprendre le genre, à savoir *M. massylaea*, *M. constantina* (E. Forbes, 1838) et *M. vermiculata* (O. F. Müller, 1774) qu'on nommera plus *Eobania vermiculata* car *Massylaea* est le genre qui a été décrit en premier par Möllendorff, en 1898.

Pour conclure, la Kabylie du Djurdjura présente un certain potentiel en diversité malacologique qui convient de bien conserver par la préservation des habitats. Enfin, même si d'importants résultats sont dégagés de cette modeste étude, inventaire réalisé n'est pas exhaustif et ne demande qu'à être complété par la prospection d'autres stations régies par d'autres facteurs locaux.

Pour ce faire, nos projets futurs porteront sur la prospection d'autres sites de la région de Tizi-Ouzou ainsi que d'autres régions, pour la caractérisation la plus complète que possible de la malacologie d'Algérie. Pour une meilleure reconnaissance, se pencher par des études moléculaires, sur les genres ou les espèces sur lesquels les confusions d'identification persistent.

**RÉFÉRENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abbes I., Nouria S. et Neubert E., 2009.** The Enidae of North- Western africa. Arch. Fur Molluskenkunde, 138(2) : 213-237.
- Ajadi A.R, Gazal O.S., Otesile E.B. et Kasali O.B., 2013.** Evaluation of glucosamine and snail mucin on the progression of experimental knee osteoarthritis in dogs. Int. J. Morphol31:280-286.
- Aktipis S.W., Giribet G., Lindberg D.R. et Ponder W.F., 2008.** Gastropoda: an overview and analysis. In: Ponder WF, Lindberg DR (eds) Phylogeny and evolution of the Mollusca. University of California Press, Berkeley: 201–238.
- Andre F., 1968.** Zoologie des invertébrés, tome 1. Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris : 798p.
- Attia J., 2004.** Behavioural rhythms of land snails in the field. Biological Rhythm Research 35: 35-41.
- Aubert G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. Ed. C.R.D.P., Marseille, 189p.
- Aubert C., 1998.** Etude monographique d'élevage d'escargots, Ed. Bornemann, Paris, 21p.
- Aubert A., 2009.** Les escargots. Ed. Bornemann, Paris, 80p.
- Audibert C. et Bertrand A., 2015.** Guide des mollusques terrestres - Escargots et limaces. Belin Litterature et Revues, Paris, 231 p.
- Audibert C. et Boyer F., 2007.** Catalogue du matériel de Michaud G et de Terver A au Muséum de Lyon pour les Taxa de mollusques continentaux décrits d'Algérie en 1833 et 1839. Département du Rhône-Muséede confluences, Lyon, 13: 129-147.
- Aupinel P. et Bonnet J.C., 1996.** Influence de la photopériode sur l'activité saisonnière de l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller). Effet spécifique sur la croissance et la reproduction. INRA Prod. Anim., 9 (1) : 79-83.
- Bachelier G., 1973.** La vie animale dans les sols, déterminisme de la faune des sols. Ed. Col. Géob. Écol. Amé., 82p.
- Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en Pédologie. Éd. INRA, Paris, 172 p.
- Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. Ed. INRA, Paris, 257 p.
- Baize D., Girard M.C., Hodgson J.M., Eskenazi N.R. et Baize D., 1998.** A Sound Reference Base for Soils: The "Référentiel Pédologique". Ed. INRA, Versailles, France, 324 p.
- Barbara N. et Schembri P.J., 2008.** The status of *Otala punctata* (Müller, 1774), a recently established terrestrial gastropod in Malta. Boll. Malacolo., 44: 101–107.
- Barbault, R., 1974.** Structure et dynamique d'un peuplement de Lézards : les Scincidés de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). La Terre et la Vie, 28 : 352-428.
- Barbault, R., 1981.** Ecologie des populations et despeuplements. Des théories aux faits. Ed. Masson, Paris, 208 p.
- Baker H.B., 1958.** Land snail dispersal. The Nautilus, 71 : 141-148.
- Barker G.M., 2001.** The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB Inter. Oxon. Wallingford, UK, 567 p.

- Barker G.M.,2004.** Natural enemies of terrestrial mollusks. Ed. Wallingford, UK, CABI Publishing,644p.
- Barker G.M. et Mayhill P.C., 1999.** Patterns of diversity and habitat relationships in terrestrial mollusc communities of the Pukeamaru Ecological District, northeastern N. Zealand. J. of Biogeogr, 26:215-238.
- Barker G.M. et Watts C., 2002.** Management of the invasive alien snail *Cantareus aspersus* on conservation land. Ed.DOC Sc. Internal Series 31, Department of Conservation, Wellington, N. Zealand, 30 p.
- Barker G.M., Addison P.J., Robertson L.N. et Willoughby B.E., 1990.** Interactions of seeding rate with pesticide treatments in pasture renovation by direct drilling. N. Zealand J. of Agric. Research, 33: 595–605.
- Beaumont A., 2006.** Biologie et phtisiologie animale. Ed. Dunod, Paris, 573 p.
- Beaumont A., Cassier P., 1998.** Travaux pratiques de biologie animale zoologie embryologie histologie. Ed. Dunod, Paris,502p.
- Beaumont A., Cassier P., 2004.** Biologie animale, des Protozoaires aux Métazoaires Epithélioneuriens. Tomes 1,Ed. Dunod, Paris,464p.
- Bellion M., 1909.** Contribution à l'étude de l'hibernation chez les invertébrés, recherches expérimentales sur l'hibernation de l'escargot (*Helixpomatia* L.). Ed.Lyon-Paris, 203p.
- Bertrand A., 2002.** *Chilostoma desmoulinsii* (Farines 1834) en France. Doc. Malacolo., 3 : 19-20.
- Blondel J., 1975.** Biogéographie et écologie. Ed. Masson,Paris, 73p.
- Bonavita A. et Bonavita D., 1962.**Contribution à l'Etude Ecologique d'*Euparyphapisana* Müller des Rivages Méditerranéens de la Provence, Note Préliminaire. Publ. Staz. Zool.,Napoli: 189-204.
- Bonnemain B., 2005.** Helix and drugs: snails for western health care from antiquity to the present. Evidence-based Complement Altern Med,2:25-28p.
- Bonnet J.D.,Aupinel P. et Vrillon J.,1990.** L'escargot *Helix aspersa* biologie et élevage. Ed. INRA, Paris, 124p.
- Bouaziz-Yahiatene H.,2013.** *Poiretia algira* (Bruguière,1792). <http://www.animalbase>.
- Bouaziz-Yahiatene H. et Medjdoub-Bensaad F., 2016.** Malacofauna diversity in Kabylia region (Algeria). Advances in Environmental Biology, 10(7): 99-106.
- Bouaziz-Yahiatene H., Pfarrer B., Medjdoub-Bensaad F. et Neubert E., 2017.**Revision of *Massylaea Möllendorff*, 1898 (Stylommatophora, Helicidae).ZooKeys,694: 109–133.
- Boué H. et Chaton R., 1971.** Biologie animale-zoologie I, invertébrés. Ed. Doin, Paris, 376p.
- Bourguignat J.R., 1864.** Malacologie de l'Algérie. Histoire naturelle des animaux. Mollusques terrestres et fluviatiles, II. Ed. Librairie, Challamed Bastid, Paris, 372 p.
- Boycott A.E., 1934.**The habitats of land Mollusca in Britain. Journal of Ecology, 22: 1-38.

- Burch J.B., 1962.** How to know the eastern land snails. Ed. William C. Brown Company, Dubuque, 214 p.
- Bursztyka P., 2015.** Etude du rôle des sémiochimiques dans les stratégies d'évitement des prédateurs chez deux gastéropodes terrestres : *Derocerasreticulatum* (Müller, 1774) et *Xeropictaderbentina* (Krynicky, 1836). Thèse Doctorat. Université de Toulouse, 123p.
- Cadart J., 1955.** Les escargots (*Helixaperta*.L. et *Helixaspersa* M.), Biologie-élevage, parcage-histoire, Gastronomie-commerce).Ed. Paul lecavalier. Paris, 420p.
- Cameron, RAD., 1970.** The survival, weight-loss and behaviour of three species of land snail in conditions of low humidity. J. of Zool., 160 : 143-157.
- Cappuccio N., 2011.** L'escargot. Gastropoda. Communication personnelle.
- Caziot E., 1904.** Étude sur les *Helix* du groupe *cespitem*. An.de la Soc. linnéenne de Lyon, 51: 37-57.
- Chevallier H., 1980.** Les escargots du genre *Helix* commercialisés en France. Haliotis, 10 : 11-24.
- Cloutier V., Lefebvre R., Therrien R. et Savard M.M., 2008.** Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydro-geochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system. J. of Hydro. , 353: 294–313.
- Cobbinah J.C., Vink A. et Onwuka B. 2008.** L'élevage d'escargots (Production, transformation et commercialisation). Ed. Fond. Agromisa, Wageningen, 84p.
- 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.
- Codjia J.T.C., Hardouin J., Mensah G.A., Adjibi-Oualiou A.R. et Houben P., 2000.** Observations Préliminaires sur l'Elevage des Céphalophes de Grimm au Benin. Séminaire International sur l'Elevage intensif de Gibier à But Alimentaire en Afrique (Projet : Développement au Gabon de l'Elevage du Gibier), Libreville, 23 et 24 mai 2000.
- Colgan D., McLauchlan A., Wilson G.D.F., Livingston S.P. et Edgecombe G.D., 1998.** Histone H3 and U2 snRNA DNA sequences and arthr. molec. evolution. Australian J. of Zoo., 46: 419–437.
- Colomba, M. S., Gregorini, A., Liberto, F., Reitano, A., Giglio, S. et Sparacio, I., 2011.** monographic revision of the endemic *Helix mazzullii* De Cristofori et Jan, 1832 complex from Sicily and reintroduction of the genus *Ercetella* Monterosato, 1894 (Pulmonata, Stylommatophora, Helicidae). *Zootaxa* 3134: 1–42.
- Colomba M.S. Gregorini A., Liberto F, Reitano A., Giglio S. et Sparacio I., 2015.** The genus *Ercetella* Monterosato, 1894: new molecular evidence (Pulmonata Stylommatophora Helicidae). *Biodiversity Journal*, 6 (1): 401–411.
- Coney C.C., Tarpley W.A., Warden J.C. et Nagel J.W., 1982.** Ecological studies of land snails in the Hiwassee river basin of Tennessee, U. S. A. *Malacolo. Rev.*, 15 (1/2): 69-106.

- Cowie R.H., 1985.** Microhabitat choice and high temperature tolerance in the land snail *Thebapisana* (Mollusca: Gastropoda). *J.of Zoo.*, 207:201-211.
- Cowie R.H. 2001.** Can snails ever be effective and safe biocontrol agents?. *International J. of Pest Manag.*, 47:23–40.
- Cucherat X., 2001.** Inventaire des Mollusques continentaux des propriétés du Département du Nord. Ed. Conseil Général du Nord / Univ.des Sc.et Tech. de Lille, 105 p.
- Cucherat X. et Demuynck S., 2006.** Catalogue annoté des Gastéropodes terrestres (Mollusca-Gastropoda) de la région Nord - Pas-de-Calais, Malaco., 2: 40-91.
- Cucherat X. et Demuynck S., 2008.** Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvement des mollusques continentaux. Malaco., 5 : 244-253.
- Dagnelie P., 2006.** Statistique théorique et appliquée. Tome2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. 3ème édition. Ed. De Boeck et Lacier. Bruxelles. 659p.
- Dajoz R., 1971.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- Dajoz R., 1975.** Précis d'écologie.Ed. Gauthier-Villars, Paris,549p.
- Dajoz R., 1982.** Précis d'écologie. Ed. Bordas, Paris, 495p.
- Dajoz R., 1985.** Précis d'écologie. 5 ème édition, Ed. Dunod, Paris, 505 p.
- Damerdji A., 2008.** Contribution à l'étude écologique de la malacofaune de la zone sud de la région de Tlemcen (Algérie). *Afrique sc. (AS)*, 4(1) : 138-153.
- Damerdji A. et Benyoucef B., 2006.** Impact des déférents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen. *Rev. des Energ. Renouvelables*, 9 (4) :267- 276.
- Damerdji A., Ladjmi L. et Doumandji S., 2005.** Malacofaune associée à *Rosmarinusofficinalis* L. (Labiatae) : inventaire et aperçu bioécologique près de Mansourah (Tlemcen, Algérie). *Sc. et Techn.*, 23: 11-20.
- Däumer C., Greve C., Hutterer R., 2012.**Phylogeography of an invasive land snail: natural range expansion versus anthropogenic dispersal in *Theba pisana*. *Biol Invasions* 14:1665-1682.
- Dayrat B. et Tillier S., 2002.** Evolutionary relationships of euthyneuran gastropods (Mollusca): a cladistic re-evaluation of morphological characters. *Zoo. J. of the Linnean Society* 135(4):404-470.
- De Vaufleury A et Gimbert F., 2007.** Kinetic and comparative study of bioaccumulation of Cd by juvenile and adult land snails. In: 17th annual meeting SETAC Europe: multiple stressors for the environment, 20–24 May, Porto, Portugal.
- De Vaufleury A. et Gimbert A., 2009.**Obtention du cycle de vie complet d'*Helix aspersa* Born de sites tunisiens en conditions contrôlées. Influence de laphotopériode. *Ani. Biol.and patho. C.R. Biologie*, 322-805.

- De Vaufleury A., Gimbert A., Pauget B., Fritsch C., Scheifler R. et Coeurdassier M., 2012.** Les escargots bio-indicateurs de la qualité des sols – Snail watch : analyse en laboratoire ou in situ de la biodisponibilité des contaminants. Ed. HAL archives-ouvertes. Fiche outil, 4 p.
- Delsuc F. et Douzery E.J.P., 2004.** Les méthodes probabilistes en phylogénie moléculaire: (1) Les modèles d'évolution des séquences et le maximum de vraisemblance. Biosystema, Soc. Francaise de Systematique, 22 : 59-74.
- Desire C. et Villeneuve F., 1965.** Zoologie. Ed. Bordas, 323p.
- Douafer L. et 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.
- Dreux P., 1980.** Précis d'écologie. Ed. Presse Uni. France, Paris, 231p.
- Dreyfuss G. et Rondelaud D., 2011.** Les mollusques dans la transmission des helminthoses humaines et vétérinaires. *Bull. Acad. Vét. France*, 13-20.
- Duchaufour P.H., 1997.** Abrégé de pédologie, sol, végétation, environnement. Ed. Masson, 291p.
- Emberton K.C., Pearce T.A. et Randalana R., 1999.** Molluscan diversity in the unconserved Vohimena and the conserved Anosy mountain chains, southeast Madagascar. *Bio.Cons.*, 89: 183-188.
- Falkner G., 1990.** Binnenmollusken. Ed. Steinbachs Natürfurher, 236 p.
- Falkner G., Bank R.A. et 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.
- Faurie C., Ferra C. et Mendori P., 1980.** Ecologie. Ed. Baillièrre J.B., paris, 168p.
- Faurie C. Ferra C. Medori P. Devaux J. et Hemptinne J. L., 2003.** Ecologie, approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, 584p.
- Folmer O., Black M., Hoe W., Lutz R. et Vrijenhoek R., 1994.** DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biology and Biotech.* 3(5): 294–299.
- Gamlin L. et Vines G., 1996.** L'évolution de la vie. Artes Graficas, S.A., Ed. Vicirria, Espagne, 248p.
- Gardenfors U., 1992.** Effects of artificial liming on land snail populations. *J. of Applied Eco.*, 29: 50–54.
- Germain, L., 1930.** Faune de France 21. Mollusques terrestres et fluviatiles. Ed. Off. central de Faunistique, Le chevalier, Paris : 477p.
- Gimbert F., 2006.** Cinétiques de transfert de polluants métalliques du sol à l'escargot. Thèse de doctorat en sciences de la vie, Uni. de Franche-Comté, 172p.

- Gimbert F. et DeVaufleury A., 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.
- Giusti F., 1973.** Notulae Malacologicae XVIII. I Molluschi terrestri salmastridelle Isole Eolie. Lavori. Soc. It. Biogeografia, 3:113-306.
- Giusti F. et Manganelli G., 1984.** Relationships between geological land evolution and present distribution of terrestrial gastropods in the western mediterranean area, in Solem, A. and A. C. Van Bruggen, (Eds), World-Wide Snails. Brill; Backhuys, Leyde, 70-92.
- Giusti F., Manganelli G. et Schembri P., 1995.** The non-marine mollusc of the Maltese Islands. Monografie delle Museo Regionale di Scienze Naturali, XV. Ed. Torino, Museo Reg. di Sci. Nat., 607 p.
- Godan D., 1983.** Pest slugs and snails: Biology and control. Ed. Springer Verlag, New York, 445 p.
- Goodfriend G.A., 1986.** Variation in land-snail shell form and size and its causes. A rev. Syst. Zool., 35 : 204-223.
- Grasse P.P. et Doumenc D., 1995.** Zoologie I. Invertébrés. Ed. Masson, Paris, 263p.
- Grasse P.P. et Doumenc D., 1998.** Zoologie. Invertébrés, Ed. Dunod, Paris, 296p.
- Guinochet M., 1973.** La phytosociologie. Ed. Masson, Paris, 227 p.
- Guyard A., 2009.** Etude de la différenciation de l'ovotestis et des facteurs contrôlant l'orientation sexuelle des gonocytes de l'escargot *Helix aspersa* Müller. Th. Doct. Sci. nat., Univ. Besançon, 156p.
- Hamdi-Ourfella A.N. et Soltani N., 2016.** Biodiversité des Gastéropodes en Algérie. Bioindicateur *Helix aperta*. Éditions Universitaires Européennes, France, 68p.
- Haszprunar G., 1988.** Anatomy and affinities of *Pseudococculinid limpets* (Mollusca, Archeogastropoda). Zoologica Scripta, 17(2): 161-179.
- Herbert D.G., 2010.** The introduced terrestrial Mollusca of South Africa. SANBI Biodiversity Series 15. South African National Biodiversity Institute, Pretoria, 108p.
- Heusser S. et Dupuy H.G., 1998.** Atlas biologie animale 1. Les grands plans d'organisation. Ed. Dunod, Paris, 135p.
- 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*. F. conchylio., 10-26.
- Hines Batts J., 2014.** Anatomy and Life Cycle of the Snail *Rumina Decollata* (Pulmonata: Achatinidae). The Southwestern Naturalist, (2) : 74-82.
- Horsák M., 2005.** Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens. Journal of Biogeography, 33: 98-107.

- Horsák M., 2006.** Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens, *Journal of Biogeography*, 33 :98-107.
- Horsák M., Hájek M., Tichý L. et Juříčková L., 2007.** Plant indicator values as a tool for land mollusc autecology assessment, *Acta Oecologica*, 32: 161-171.
- Huelsenbeck J.P. et Ronquist F., 2001.** MRBAYES: Bayesian inference of phylogeny. *Bioinformatics* 17: 754–755.
- Iglesias J., Santos M. et Castillejo J., 1996.** Annual Activity Cycles of the Land Snail *Helix aspersa* Muller in North-Western Spain. *J. Mollus. Stud.* 62: 495-505.
- Hines Batts J., 2014.** Anatomy and Life Cycle of the Snail *Rumina Decollata* (Pulmonata: Achatinidae). *The Southwestern Naturalist*, 2 (2/3): 74-82.
- Jorda S., 2004.** Le monde vivant. Les mollusques. Communication personnelle.
- Jorda S., 2008.** Le monde vivant. Classification des gastéropodes. *Gastropoda. J. of Arid Environ.* , 68 : 588-598.
- Karamoko M., Memel J.D., Kouassi K.D. et Otchoumou A., 2011.** Influence de la densité animale sur la croissance et la reproduction de l'escargot *Limicolariaf Lammea* (müller) en conditions d'élevage, 27(2) :393-406.
- Karas F., 2009.** Gastéropodes terrestres, invertébrés continentaux des pays de la Loire. Ed. Gretia, 387p.
- Katoh K., Standley D.M., 2013.** MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Mol. Biol. Evol.* 30 (4):772-80.
- Kerney M.P. et Cameron R.A.D., 1979.** A field guide to the land Snails of Britain and North-West Europe. Ed. William Collins Sons and Company- ltd., London, 288 p.
- Kerney M.P. et Cameron R.A.D., 1999.** Guide des escargots et limaces d'Europe. Ed. Delachaux et Niestle, Lausanne-Paris, 370p.
- 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 Niestle, Lausanne-Paris, 386p.
- Kerney M.P., Cameron R.A.D. et Jungbluth J.H., 1983. ).** Die landschnecken Nord-Und mitteleuropas. Ein bestimmungs bush fur Biologen und naturfreunde. Umburg und Berlin. Ed. Paul parey. 384P.
- Kim K.S., Macey D. J., Webb J., Mann S., 1989.** Iron Mineralization in the Radula Teeth of the Chiton *Acanthopleura hirtosa*. *Proc. of the Royal Soc.*, 237(1288): 335-346.
- Ktari M.H., etRezigM., 1976.** La faune malacologique de la Tunisie septentrionale. *Bull. Sci. Nat. Tuinsie*, 11: 31-74.
- Lanfear R., Frandsen P.B., Wright A.M., Senfeld T. et Calcott B., 2012.** PartitionFinder 2: New Methods for Selecting Partitioned Models of Evolution for Molecular and Morphological Phylogenetic Analyses. *Molecular Biology and Evolution*, 34 (3): 772–773.
- Laskowski R. et Hopkin S.P., 1996.** Accumulation of Zn, Cu, Pb, and Cd in the gardensnail *Helix aspersa* : implications for predators. *Environmental pollution*, 91: 289-297.

- Legendre L. et Legendre P., 1979.** Écologie numérique. Tome 2: La structure des données écologiques. Collection d'Écologie no 13. Ed. Masson, Paris, 254 p.
- Legendre L. et Legendre P., 1984.** Écologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. Ed. Masson, Paris, 206 p.
- Legendre P., Legendre L., 2012.** Numerical Ecology. Ed. Elsevier, Paris, 990 p.
- Letourneux A., 1870.** Excursions malacologiques en Kabylie et dans le Tell Oriental. Ed. Annales de Malacologie, Paris, 1: 322p.
- Lévêque C., 2001.** Écologie de l'écosystème à la biosphère. Ed. Dunod. Paris, 502p.
- Magnin F., 2004.** L'invasion de la région méditerranéenne française par l'escargot *Xeropicta derbentina* : mécanismes, conséquences écologiques et agronomiques, perception socio-anthropologique. Mini. de l'aména. du territ. et de l'environnement : 45p.
- Magnin A., Piau J.-M., 1990.** Cone and plate rheometry of yield stress fluids. Study of an aqueous gel, J. Non-Newt. Fluid Mech. 36 :85-108.
- Magnin F. et Martin S., 2012.** Escargots synanthropiques et domestication de la nature itinéraires de coquillages. Techniques et cultures : 59.
- Maissiat J., Baehr J.C. et Picaud J.L., 1998.** Biologie animale des invertébrés, 2<sup>ème</sup> édition. Ed. Dunod, Paris, 239p.
- Maurel J., 2004.** *Otala punctata* (O. F. Müller, 1774) à Toulouse (Haute-Garonne, France). Malaco(2) : 31-32.
- Meglitsch P.A., 1974.** Zoologie des Invertébrés, Tome 2, des vers aux arthropodes (Annélides, Mollusques, Chélicérates). Ed. Doin, Paris, 306p.
- Millar A.J. et Waite S., 2002.** The relationship between snails, soil factors and calcitic earthworm granules in a coppice woodland in Sussex. Journal of Conchology, 7 (5) : 483- 503.
- Moreno-Rueda G., Ruiz-Ruiz A., Collantes-Martín E., Ramón Arrébola J., 2006. Moreno-Rueda, G. (2007).** Refuge selection by two sympatric species of arid-dwelling land snails: Different adaptive strategies to achieve the same objective. Muller des rivages méditerranéens de la Provence. Note préliminaire, publ. State. Zol. Napolie, 32: 189-204.
- Nekola J.C., 1999.** Terrestrial gastropod richness of carbonate cliff and associated habitats in the Great Lakes region of North America. Malacologia, 41: 231-252.
- Nekola J.C. et Smith T.M., 1999.** Terrestrial gastropod richness patterns in Wisconsin carbonate cliff communities. Malaco., 41: 253-269.
- Neubert E., 1998.** Annotated checklist of the terrestrial and freshwater molluscs of the Arabian Peninsula with descriptions of new species. Fauna of Arabia 17: 333–461p.
- Nicholas B. et Schembri P.J., 2008.** The status of *Otala punctata* (Müller, 1774), a recently established terrestrial gastropod in Malta. Boll. Malacol, 44 : 101-107.

- Ourfella A.N., Soltani N., 2012.** Biodiversité des Gastéropodes Hélicidés dans la région Est du pays. Réponses d'*Helix aperta* in situ et suite à une contamination en laboratoire avec un insecticide organophosphoré (Actara) : activité de l'AChE et stress oxydatif. *Thèse Université d'Annaba Mokhtar -Badji* :71p.
- Palm R., 1998.** Les méthodes d'analyse factorielle : principes et application. *Biom.Praxim.*, 34 : 35-80.
- Palumbi S., Martin A., Romano S., McMillan W., Stine O. et Grabowski G., 1991.** The simple fool's guide to PCR version 2.0 Honolulu, University of Hawaii.
- Pepin P., Dower J.F. et 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.
- Pepin D., Van berkorn G., Hau-Pale J., Chauvehe G., St-Arnaud M., Robitaille J.M. et Seguin C., 1973.** Biosphère Tome I, écologie, mécanisme de l'adaptation. *Recherche et Marketing* :179.
- Pfleger V. et Chatfield J., 1988.** A guide to the snails of Britain and Europe. Ed. Hamlyn, London : 216 p.
- Pirame S.L., 2003.** Ecole nationale vétérinaire- Toulouse : Contribution à l'étude de la pathologie estivale de l'escargot petit-gris (*Helix aspersa*) : Reproduction expérimentale. Thèse de Doctorat vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse, 99p.
- Pokryszko B. et 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.
- Pomeroy D.E., 1968.** Dormancy in the land-snail, *Helicella virgata*. *Aust. J. Zool.*, 16 : 857-869p.
- Ponder W. , Lindberg D. R., 1997.** "Towards a phylogeny of gastropod molluscs: an analysis using morphological characters". *Zool.J. of the Linnean Society* 119(2): 83-265p.
- Prévoit V., Jordaens K., Sonet G. et Backeljau T., 2013.** Exploring Species Level Taxonomy and Species Delimitation Methods in the Facultatively Self Fertilizing Land Snail Genus. *PLoS ONE* 8(4) :18p.
- Prévoit V., Jordaens K., Van Houtte N., Sonet G., Janssens K., Castilho R. et Backeljau T., 2014.** Taxonomic and population genetic re-interpretation of two color morphs of the decollate snail, *Ruminadecollata* (Mollusca, Pulmonata) in southern France. *Genetica*, 141 : 281–292.
- Prior D.J., 1985.** Water-regulatory behaviour in terrestrial gastropods. *Biol Rev Camb Philos Soc.*, 60:403-424p.
- Quezel P., Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 565 p.
- Quezel P., Santa S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 604 p.
- Radi N., 2003.** L'Arganier arbre du sud-ouest Marocain, en péril, à protéger. Thèse de doctorat. Université de Nantes, 59p.

- Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Ed. McGraw et Hill, Paris, 576 p.
- Ramade E., 1994.** Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. sci. Inter., Paris, 579p.
- Ramade F., 2003.** Elément d'écologie écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 690 p.
- Riman K., 2010.** Gestion de la fertilité du Sol en Agriculture Biologique. Intervention au CFPPA Carpentras. France, p 15.
- Robitaille J.M., Seguin C., Pepin D., Van Berkomp G., Hau-pale J., Chauvehe G. et St-Arnaud M., 1973.** Biosphère. Tome 1, écologie, mécanisme de l'adaptation. Recherche et marketing, 123-179.
- Ronquist F. et Huelsenbeck J.P., 2003.** MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, 19: 1572–1574.
- Ronsmans J., Van den Neucker T., 2016.** A persistent population of the chocolate-band snail *Eobania vermiculata* (Gastropoda: Helicidae) in Belgium. *Belg. J. Zool.*, 146 (1): 66-68.
- Ronquist F., Teslenko M., Van Der Mark P., Ayres D.L., Darling A., Höhna S., Larget B., Liu L., Suchard M.A., Huelsenbeck J.P., 2012.** Mr Bayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Syst Biol.* 61(3) : 539-542.
- Ronsmans J., Van den Neucker T., 2016.** A persistent population of the chocolate-band snail *Eobania vermiculata* (Gastropoda: Helicidae) in Belgium. *Belg. J. Zool.*, 146 (1): 66-68.
- Ruthensteiner, B., 1997.** Homology of the pallial and pulmonary cavity of gastropods. - *J. Moll. Stud.* 63: 353-371.
- Sabatini P.J., Bachus R.C., Mayne P.W., Schneider J.A. et Zettler T.E., 2002.** Geotechnical Engineering Circular N°5-Evaluation of Soil and Rock Properties, Technical Manual, Geo Syntec Consultants, 386 p.
- Sacchi C.F., 1971.** Ecologie comparée des Gastéropodes Pulmonés des dunes méditerranéennes et atlantiques. *Natura (Milan)* 62: 277-358.
- Sacchi C.F., 1979.** The coastal lagoons of Italy. In: *Ecological processes in coastal environments*. Jefferies R.L. & Davy A.J., Eds. Blackwell Scient. Publ., Oxford: 593-601.
- Salgueiro E. et Reyss A., 2002.** Biologie de la reproduction sexuée. *Coll. Sup.Sci.* Belin., 33 p.
- Scheifler R., 2012.** Utilisation et intérêts des escargots et des micromammifères pour la bioindication de la qualité des sols. *Etude et Gestion des Sols*. 16 : 203-217.
- Seltzer P., 1946.** Climats de l'Algérie. Imprimerie La typo, Litho et Jules carbone. Reunie. Alger, 246p.
- Schilthuisen M., 2004.** Land snail conservation in Borneo: Limestone outcrops act as arks. *Journal of Conchology Special Publication*, 3: 149-154.
- Soltner D., 2005.** La base de la production végétale Tom I. Le sol et son amélioration 24eme Ed. *Coll. Sc. et tech. agric.*, 472 p.

- Staikou A., 1999.** Shell temperature, activity and resistance to desiccation in the polymorphic land snail *Cepaeavindobonensis*. *Journal of Molluscan Studies* 65: 171-184.
- Stamatakis A., 2006.** RAxML-VI-HPC: maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics* 22(21): 2688–2690.
- Stievenart C. et Hardouin J., 1990.** Manuel d'élevage des escargots géants sous les tropiques Ed. Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) : 472p.
- Tafoughalt-Benbellil S., 2010.** Etude de l'influence de la durée de la photopériode et de la température sur la croissance et la reproduction des escargots de l'espèce *Helix aspersa* Born (Gasteropoda, Helicidae). Thèse de Doctorat. Université A. Mirade Bejaia, 131p.
- Tattersfield P., Seddon M.B., Ngereza C., Rowson B., 2006.** Elevational variation in diversity and composition of land-snail faunas in a Tanzanian forest. *Afric.J.of Ecology*, 44: 47– 60.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielborger, M.C. Wichmann, M. Schwager and F. Jeltsch, 2004.** Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J. Biogéography* 31(1) : 79–92p.
- Vernal A. et Leduc J., 2000.** Paléontologie. SCT : 81p.
- Wade C.M. et Mordan P.B., 2000.** Evolution within the gastropod molluscs; using the ribosomal RNA gene-cluster as an indicator of phylogenetic relationships. *J.of Molluscan Studies* 66: 565–570.
- Wade, C.M., Mordan, P.B., Clarke, B.C. 2008.** A phylogeny of the land snails (Pulmonata: 321 Gastropoda). *Proc. R. Soc. Lond. [Biol]*. 268, 413-422.
- Wäreborn I., 1970.** Environmental factors influencing the distribution of land molluscs of an oligotrophic area in southern Sweden. *Oikos*, 21: 285–291.
- White-McLean J.A., 2011.** Terrestrial Mollusc Tool. *USDA-APHIS-PPQ*, Center for Plant Health Science and Technology and the University of Florida. Accessed July 12. <http://idtools.org/id/mollusc>.
- Wolters V et Ekschmitt K., 1997.** *Xeropictader bentina*: mécanismes, conséquences écologiques et agronomiques, perception socio-anthropologique. Ed. Mini.de l'amén. du terri. et de l'environ., 45 p.
- Yildirim M. Z., Kebapçi Ü., 2004.** Slugs (Gastropoda: Pulmonata) of the Lakes Region (Göller Bölgesi) in Turkey. *Turk. J.. of Zool.*, 28: 155-160.
- Yom-Tov Y., 1971.** Body temperature and light reflectance in two desert snails. *Proc.Malacol.Soc.London* 39: 319-326.
- Yves R. et Cranga F., 1997.** Mémoires de la société archéologique du midi de la France ; L'escargot dans le midi de la France, approche iconographique. *Bull. Acad.France*, 197p.
- Zaime A. et Gautier J.Y., 1989.** Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien au Maroc. *Revue Ecologie (Terre et vie)* 44 (3) : 263-278.

# ANNEXES

# Revision of *Massylaea* Möllendorff, 1898 (Stylommatophora, Helicidae)

Houria Bouaziz-Yahiatene<sup>1</sup>, Beat Pfarrer<sup>2</sup>,  
Ferroudja Medjdoub-Bensaad<sup>1</sup>, Eike Neubert<sup>2</sup>

**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. Algérie* **2** *Natural History Museum of the Burgergemeinde Bern, Bernastr. 15, CH-3005 Berne, Switzerland*

Corresponding author: *Eike Neubert* ([eike.neubert@nmbe.ch](mailto:eike.neubert@nmbe.ch))

---

Academic editor: *Ton de Winter* | Received 11 July 2017 | Accepted 8 August 2017 | Published 29 August 2017

<http://zoobank.org/D5786387-3344-4BF1-BF0D-8B12CF666427>

---

**Citation:** Bouaziz-Yahiatene H, Pfarrer B, Medjdoub-Bensaad F, Neubert E (2017) Revision of *Massylaea* Möllendorff, 1898 (Stylommatophora, Helicidae). ZooKeys 694: 109–133. <https://doi.org/10.3897/zookeys.694.15001>

---

## Abstract

In this paper some helicoid species from eastern Algeria are investigated using a morphological and molecular approach. The investigation of the genital organs of *M. massylaea* (Morelet, 1851), the type species of the genus *Massylaea* Möllendorff, 1898, showed the same autapomorphic character states as are considered typical for *Eobania* P. Hesse, 1913. These findings are fully supported by the genetic analysis using two mitochondrial and three nuclear markers. Thus, the latter genus has to be considered a synonym of the former. Currently, three species are known to comprise the genus, viz. *M. massylaea*, *M. constantina* (E. Forbes, 1838), and *M. vermiculata* (O. F. Müller, 1774). Several nominal taxa from northern Africa are synonymised with one of the species mentioned here under *Massylaea*. The generic position of the so-called “*Massylaea*” species from the High Atlas Mountains in southern Morocco remains unresolved.

## Résumé

Dans cet article, certaines espèces d’Helicidae de l’est de l’Algérie sont étudiées par une approche morphologique et moléculaire. L’étude des organes génitaux de *M. massylaea* (Morelet, 1851), espèce de type du genre *Massylaea* Möllendorff, 1898, a montré les mêmes caractères autapomorphiques que ceux considérés comme typiques pour *Eobania* P. Hesse, 1913. Ces résultats sont pleinement soutenus par l’analyse génétique utilisant deux marqueurs mitochondriaux et trois nucléaires. Ainsi, ce dernier genre doit être

considéré comme un synonyme de l'ancien. Actuellement, trois espèces sont connues pour comprendre le genre, à savoir *M. massylaea*, *M. constantina* (E. Forbes, 1838) et *M. vermiculata* (O. F. Müller, 1774). Plusieurs taxons nominaux de l'Afrique du Nord sont synonymes avec l'une des espèces mentionnées ici sous *Massylaea*. La position générique des espèces dites «*Massylaea*» des montagnes du Haut Atlas dans le sud du Maroc reste non résolue.

### Keywords

*Massylaea*, *Eobania*, Algeria, Kabylie, revision

### Mots clé

*Massylaea*, *Eobania*, Algérie, Kabylie, révision systématique

## Introduction

The north-eastern part of Algeria, which is called “La Grand Kabylie”, is an area seldom in the focus of malacological research. After the main active period in the second half of the 19<sup>th</sup> century, which culminated in the monumental work of Bourguignat (1863-1864) on Algeria as a whole, and the very detailed list for the Kabylie published by Letournex (1870). Additional information was then supplied by Péchaud (1880), while the activities of Paul Pallary, who dominated the research on Northafrican molluscs after the death of Bourguignat in 1892 focused mainly on north-west Algeria and Morocco. It is the aim of the senior author of this paper to re-activate the malacological research in the area. Consequently, a combination of freshly collected specimens and a reworking of historical collections were chosen to approach this goal. On the long run, the establishment of a modern checklist for the area summarising and implementing the results of the latest research is planned.

Kobelt (1887) listed his findings of *Massylaea* in Algeria under the generalised genus *Helix* as was the use in these times. Later, Möllendorff (1898) established the genus *Massylaea* including the species *Helix massylaea* Morelet, 1851 and *Helix punica* Morelet, 1851 in this new group. Kobelt (1904: 34, etc.) in his biogeographical analysis used this new name for these two species, but erroneously related them with species from the Greek helicoid genus *Codringtonia* Kobelt, 1898 because of a superficially similar shell morphology. However, he also indicated (1904: 100) that particularly *H. punica* could also be considered as an aberrant form of *Alabastrina* Kobelt, 1904. This statement illustrates the uncertainty of how to define the genus, and which species to allocate there. Hesse (1911: 104) cites Pallary, who suggested to place *Helix bailloni* Kobelt, 1888 [from between Tiut und Mograd (= SW Algeria close to the Moroccan border) also under *Massylaea* and adds that this species was also found close to Constantine, the latter being a confusion with the true *M. massylaea*. Latest in 1915, Pallary started to use the name *Massylaea* also for the large and flat helicoid species living in the High Atlas of Morocco southwest of Marrakesch, like for example *Helix rerayana*

Mousson, 1873, a use that pertains until today. In his anatomical work, Hesse (1915) restricted the use of *Massylaea* to species from east Algeria, but included the Westalgerian *Helix soluta* Terver, 1839 [currently *Alabastrina soluta*], although he found considerable differences even in the outer morphology of the genital organs. In the same work, Hesse also investigated *Eobania*, a generic name he had introduced earlier (1913: 13), and which is based on *Helix vermiculata* O. F. Müller, 1774. Interestingly, he already concluded that *Helix constantina* E. Forbes, 1838 belongs to his genus *Eobania*. However, he never noticed the high morphological similarity between *Massylaea* and *Eobania*. Schileyko (2006) listed *Massylaea* without further comment as a group near *Helix* Linnaeus, 1758, with 2-3 species from Tunisia, Algeria and Morocco.

Based on specimens collected by the first author of this paper and supplemented by museum's specimens, a new try to disentangle the unclear taxonomic situation is taken using traits derived from shell morphology, anatomy of the genital organs as well as the results of an analysis of partial sequences of the genes COI, 16S, H3, 28S and ITS2.

## Material and methods

Living specimens as well as empty shells were collected in the Kabylie (eastern Algeria) during the last two years. For subsequent anatomical and molecular analysis, specimens were preserved and stored in 80% ethanol until dissection and DNA extraction. Specimens used in this study (both shells and preserved animals) are housed in the voucher collection of the first author and in the wet collection of the Natural History Museum of the Burgergemeinde Bern. Some of the sequences used in this study were downloaded from GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

First assessments of the shell morphological characters were done by using simple magnifying glasses. Preserved animals were dissected under LEICA M212 stereo microscope using thin tweezers. The genital organs of the specimens were removed from the body, the situs and further morphological details were investigated. After that, shells, genital situs and later details of the genital organs were photographed with a LEICA DFC 425 camera combined with a LEICA M205 C. The multifocal images were processed by using an imaging software (Imagic Switzerland).

## Molecular study

### 1.1. Sampling

The specimens from Algeria used in this study were all collected by H. Bouaziz. Species from outside Algeria originate from the collections of Hutterer, Jochum, and Neubert. Data on sampling sites, voucher numbers, GenBank accession numbers and the identification of the specimens used are compiled in the Table 1.

Table 1. Species data.

Family	Species	Locality	Longitude	latitude	Voucher	GenBank accession number COI	GenBank accession number 16S	GenBank accession number H3	GenBank accession number 28S	GenBank accession number 5.8S-ITS2-28S
Helicidae	<i>Allognathus (Iberellus) hispanicus hispanicus</i>	Ma 10 km 26 road. Escorca, Mallorca, 31SDE8608			EHUMC-1053	KM592543	KM592633			KM592718
Helicidae	<i>Eobania vermiculata</i>	Makouda, Tizi Ouzou/ Kabylie, DZ	36.7909	4.0659	NMBE 540544	MF564159	MF564112	MF564174	MF564128	MF564144
Helicidae	<i>Eobania vermiculata</i>	Beach between Agia Napa and Capo Greco, CY	34.9728	34.0427	NMBE 549959	MF564160	MF564113	MF564175	MF564129	MF564145
Helicidae	<i>Eobania vermiculata</i>	Kusadasi/ Izmir, TR	37.86	27.26	NMBE 549961	MF564161	MF564114	MF564176	MF564130	MF564146
Helicidae	<i>Helix melanostoma</i>	Kasserine, TN	35.1722	8.8307	NMBE 520822		MF564115	MF564177	MF564131	MF564147
Helicidae	<i>Helix melanostoma</i>	between Rabieux and Saint-Félix-de-Lodez/ Hérault, F	43.6628	3.4409	NMBE 540550	MF564162	MF564116	MF564178	MF564132	MF564148
Helicidae	<i>Helix vladika</i>	Mokro close to Savnik, MNE	42.95	19.08	NMBE 23348	MF564163	MF564117	MF564179	MF564133	MF564149
Helicidae	<i>Hemicycla bidentalis</i>	Anaya, Tenerife, Canary Islands			MVHN-2160	KM592619	KJ458528			KJ458615
Helicidae	<i>Massylaea constantina</i>	Draâ-Ben Khedda/ Tizi Ouzou/ Kabylie, DZ	36.7318	3.9654	NMBE 534211a	MF564164	MF564118	MF564181	MF564134	MF564150
Helicidae	<i>Massylaea constantina</i>	Draâ-Ben Khedda/ Tizi Ouzou/ Kabylie, DZ	36.7318	3.9654	NMBE 534211b	MF564165	MF564119	MF564182	MF564135	MF564151
Helicidae	<i>Massylaea constantina</i>	Azghar d'Ait Bouaddou, Bounoub, Tizi Ouzou, DZ	36.5214	3.9425	NMBE 540542	MF564166	MF564120	MF564183	MF564136	MF564152

Family	Species	Locality	Longitude	latitude	Voucher	GenBank accession number COI	GenBank accession number 16S	GenBank accession number H3	GenBank accession number 28S	GenBank accession number 5.8S-ITS2-28S
Helicidae	<i>Massylaea constantina</i>	Makouda, Tizi Ouzou/ Kabylie, DZ	36.7909	4.0659	NMIBE 540543	MF564167	MF564121	MF564184	MF564137	MF564153
Helicidae	<i>Massylaea constantina</i>	Ighil Bourmi, DZ	36.4872	4.0613	NMIBE 540545	MF564168	MF564122	MF564185	MF564138	MF564154
Helicidae	<i>Massylaea massylaea</i>	Aurès Mountains/ Batna/ Kenchela, DZ			NMIBE 519961	MF564169	MF564123	MF564180	MF564139	
Helicidae	<i>Onala punctata</i>	Tlemcen, DZ			MVHN-2186	KM592621	KJ458545			KJ458628
Helicidae	<i>Onala punctata</i>	Makouda, Tizi Ouzou/ Kabylie, DZ	36.7909	4.0659	NMIBE 534228a	MF564170	MF564124	MF564186	MF564140	MF564155
Helicidae	<i>Onala punctata</i>	Makouda, Tizi Ouzou/ Kabylie, DZ	36.7909	4.0659	NMIBE 534228b	MF564171	MF564125	MF564187	MF564141	MF564156
Helicidae	<i>Theba subdentata subdentata</i>	West of Aoulouz/ Souss-Massa-Draa, MA	30.7094	-8.2683	NMIBE 549949	MF564172	MF564126	MF564188	MF564142	MF564157
Helicidae	<i>Tingitana "decurata"</i>	Montes de Kebdana, Djebel Sebaa Reyal/ Rif, MA	35.0297	-2.6134	NMIBE 549840	MF564173	MF564127	MF564189	MF564143	MF564158

**Table 2.** list of primer pairs used in PCR and sequencing.

Gene	Primer	Sequence	Reference
COI	LCO1490	5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'	Folmer et al. 1994
	HCO2198	5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'	
16S	16sF	5'-CGGCCGCCCTGTTTATCAAAAAACAT-3'	Palumbi et al. 1991
	16sR	5'-GGAGCTCCGGTTTGAAGCTCAGATC-3'	
28S	LSU-2	5'-GGGTTGTTTGGGAATGCAGC-3'	Wade and Mordan 2000
	LSU-4	5'-GTTAGACTCCTTGGTCCGTC-3'	
5.8S-ITS2-28S	LSU-1	5'-CTAGCTGCGAGAATTAATGTGA-3'	Wade and Mordan 2000
	LSU-3	5'-ACTTTCCTCACGGTACTTTG-3'	
5.8S-ITS2-28S	ITS2ModA	5'-GCTTGCGGAGAATTAATGTGAA-3'	This work
	ITS2ModB	5'-GGTACCTTGTTGCTATCGGA-3'	
H3	H3AD	5'-ATGGCTCGTACCAAGCAGACVGC-3'	Colgan et al.2013
	H3BD	5'-ATATCCTTRGGCATRATRGTGAC-3'	

## 1.2 DNA extraction, PCR amplification and sequencing

Total genomic DNA was extracted from the foot muscle tissue using Qiagen Blood and Tissue Kit (Qiagen cat nr. 69506) in combination with an QIAcube extraction robot (Protocol 430, DNeasy Blood Tissue and Rodent tails Standard). For this work we decided to use the following markers: Two mitochondrial gene fragments, Cytochrome c oxidase subunit I (COI) of 710 bp length and the 16S ribosomal RNA subunit (16S rRNA) for an approximately 480 base-pair segment. Three nuclear genes: the RNA (rRNA) cluster 5.8S-ITS2-28S of approx. 900 bp length (5.8S and 28S only partial, complete internal transcribed spacer 2), 28S ribosomal RNA partial sequence and the Histone 3 (H3) fragment. Primer pairs used in the PCR and sequencing are listed in Table 2.

PCR mixtures consisted of 12.5 µl of GoTaq G2 HotStart Green Master Mix (Promega M7423), 6.5 µl nuclease free H<sub>2</sub>O (Sigma-Aldrich, W4502), 1 µl of each primer and 2µl template DNA. The 25µl vol. mixtures passed through following listed reaction conditions. For COI, the cycling protocol begins with 3min at 95°C, followed by 35cycles of 1min at 95°C, 1min at 40°C and 1min at 72°C and finally, 5min at 72°C. For 16S the amplification conditions were 3min at 95°C, followed 35 cycles of 1min at 95°C, 1min at 50°C and 1min at 72°C, and finally, 5min at 72°C. ITS-2 and 28S shared the same cycle conditions: 1min at 96°C, followed 35 cycles of 30sec at 94°C, 30sec at 55°C and 1min at 72°C, and finally, 10min at 72°C. For H3, 3min at 95°C, followed 45 cycles of 45sec at 95°C, 45sec at 50°C and 45sec at 72°C, and finally, 10min at 72°C. The PCR condition for the new primer pair ITS2ModA and ITS2ModB are virtually the same as for the LSU-1/3 and varies only in the annealing temperature of 43°C.

The PCR product purification and sequencing was performed by LGC (LGC Genomics Berlin) and difficult/delicate sequences were sent for single tube sequencing to Microsynth (Microsynth Balgach Switzerland).

### 1.3 Phylogenetic analyses

Geneious Ver.9.1.8 (Biomatters Ltd.) was used for Sequence processing and editing. MAFFT v.7.222 plugin of Geneious (Kato and Standley 2013), was used with the default setting and the automated algorithm search setting. We decided defining the 16S fragment, ITS2 and 28S as single data blocks. The protein coding gene CO1 and H3 fragments were defined each in 2 data blocks: the first two codon positions as one block and the third codon position as a second. Partitionfinder Ver. 2.1 (Lanfear et al. 2012) was implemented to search the optimal evolutionary models for the partitions using the corrected Akaike Information Criterion (AICc). From the resulting evolutionary models, GTR +G was chosen for further Maximum Likelihood (ML) analysis. ML inference was computed with RAxML (Stamatakis, 2006), using Geneious's plugin with the rapid bootstrapping setting, the search for the best scoring ML tree and 1000 bootstrapping replicates.

Bayesian Inference (BI) was performed using Mr Bayes v3.2.2 x64 (Huelsenbeck and Ronquist 2001; Ronquist and Huelsenbeck 2003; Ronquist et al. 2012) calculated through the UBELix (<http://www.id.unibe.ch/hpc>) the HPC cluster at the University of Bern. The nucleotide model was set to 4by4 and a mixed evolution model with G+I rates was chosen, considering this to be the model best suited for the data of the concatenated sequences of 5 different genes (CO1, 16S, H3, ITS2, 28S). The Monte Carlo Markov Chain (MCMC) parameter was set as follow: starting with four chains and four separate runs for 20 × 10<sup>6</sup> generations with a tree sampling frequency of 1000 and a burn in of 25%. Trees were displayed on FigTree v1.4.3 (Rambaut 2012).

Abbreviations of shell measurements: D: shell diameter; H: shell height; PD: peristome diameter; PH: peristome height; W: number of whorls.

### Abbreviations of collections used

<b>EHUMC</b>	Euskal Herriko Unibersitate Malacological Collection
<b>MHNG-MOLL</b>	Muséum d'Histoire Naturelle Genève, collection Bourguignat, Switzerland
<b>MHNL</b>	Musée des Confluences, Lyon, France
<b>MNHN</b>	Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France
<b>MVHN</b>	Museo Valenciano de Historia Natural
<b>NMBE</b>	Natural History Museum of the Burgergemeinde Bern, Switzerland
<b>NMSZ</b>	National Museums of Scotland, Edinburgh
<b>SMF</b>	Senckenberg Research Institut, Frankfurt am Main, Germany

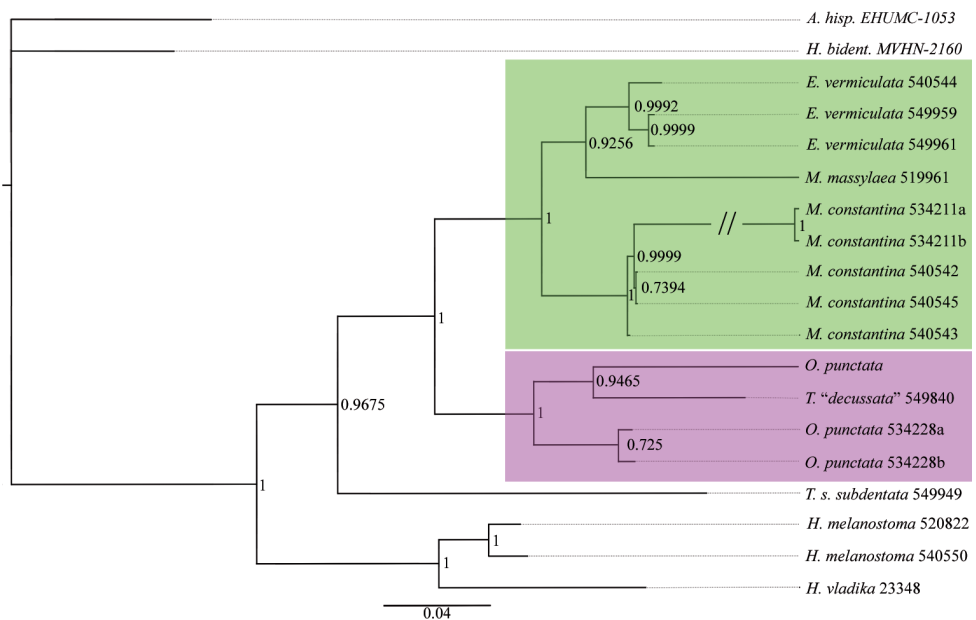
## Results

### Molecular study

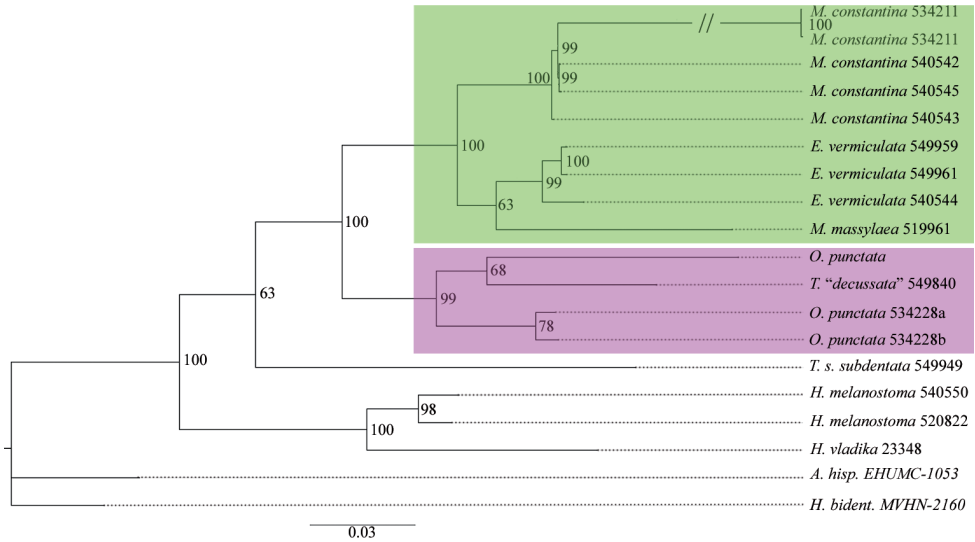
The p-distances of all markers of different *Massylaea* taxa are supplied as electronic supplementary files. The BI and RAxML analyses of the concatenated data set recovered the genus *Massylaea* and separated it from the *Otala*-clade with a maximal statistical support (Figs 1, 2).

Within *Massylaea*, the separation of species was relatively well supported. Although originating from Algeria, Cyprus and northwestern Turkey, the genetic difference between *vermiculata* populations was very low. In the Bayesian analysis (Fig. 1), the *constantina*-clade, however, detected an irregularity: the node that differentiated NMBE 540542 from NMBE 540545 showed only a low support, although both populations are only separated by a distance of 20 km. In the ML tree (Fig. 2), however, the same branching point was highly supported. In both trees, the position of *M. massylaea* within the clade is beyond any doubt.

Similar problems occurred in the *Otala*-clade. The specimens investigated included a species that is here identified as “*Tingitana decussata* Pallary, 1936”, which clustered within a group of *punctata*. In both trees, the two *punctata*-specimens NMBE 534228a and b had a low support, although they originate from the same population in eastern Algeria.



**Figure 1.** Bayesian Inference tree based on concatenated set of sequences (CO1 16S, H3, 28S, ITS2). Number on the nodes refer to posterior probabilities provided by the BI analysis.



**Figure 2.** Maximum Likelihood (RAxML) tree based on the concatenated dataset (COI 16S, H3, 28S, ITS2) Number on the nodes represent bootstrap support values from the ML analysis.

## Taxonomic implications

### Genus *Massylaea* Möllendorff, 1898

*Massylaea* Möllendorff, 1908; *Nachrichtsblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft* 30 (9/10): 120.

*Vermiculatiana* Caziot, 1908; *Mémoires de la Société Zoologique de France* 20 (4): 439. Type species (by monotypy): *Helix vermiculata* O.F. Müller, 1774.

*Eobania* Hesse, 1913; *Nachrichtsblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft* 45(1): 13. Type species (by monotypy): *Helix vermiculata* O.F. Müller, 1774.

**Type species.** *Helix massylaea* Morelet, 1851 by tautonymy.

**Diagnosis.** Large shells, spire flat to considerably raised, with or without a mal-leate surface structure, aperture without or only with a small labial ridge; penial chamber with a solid “false” penial papilla, epiphallus entering the penial chamber through a laterally situated pore, glandulae mucosae with many subdivided tubules, diverticulum very long.

### *Massylaea massylaea* (Morelet, 1851)

Figs 3–8

*Helix massylaea* Morelet, 1851; *Journal de Conchyliologie* 2: 354, pl. 9, fig. 1, 2 [La province de Constantine].

*Helix punica* Morelet, 1851; Journal de Conchyliologie 2: 352, pl. 9, fig. 3, 4 [habite la grande plaine de Temlouk, au sud-est de Constantine].

*Helix massylaea* var. *concolor* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 109, plate 9 fig. 9 [no type locality given].

*Helix massylaea* var. *conoidea* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 109 [Ouled-Sultan (Deshayes)].

*Helix nitifacta* Bourguignat in Péchaud 1883; Excursions malacologiques dans le nord de l'Afrique de La Calle a Alger, d'Alger a Tanger: 99 [l'Aurès oriental à Aïn-Tamagra, au sud de Khenchala].

*Helix massylaea* var. *zenatia* Kobelt, 1887; Iconographie, (2) 3(1): 3 [Wed Zenati].

*Helix punica* var. *speculatorum* Kobelt, 1887; Iconographie, (2) 3(1): 6, Taf. 63, fig. 320–322 [El Kantara].

*Massylaea* (?) *severinae* Pallary, 1918; Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord 9(7): 148 [Aïn el Bey (Constantine) (Philippe Thomas)].

**Type specimens.** *massylaea*: 2 syntypes NHMUK 1893.2.4.43.5-6; *concolor*: syntypes MHNG-MOLL 118330/3 (Constantine on label in coll.); *conoidea*: not found in coll. Bourguignat; *nitifacta*: syntype MHNG-MOLL 118331/1; *zenatia*: not researched; *speculatorum*: not researched; *punica*: 3 syntypes NHMUK 1893.2.4.1240-1242; *severinae*: no type specimens found so far.

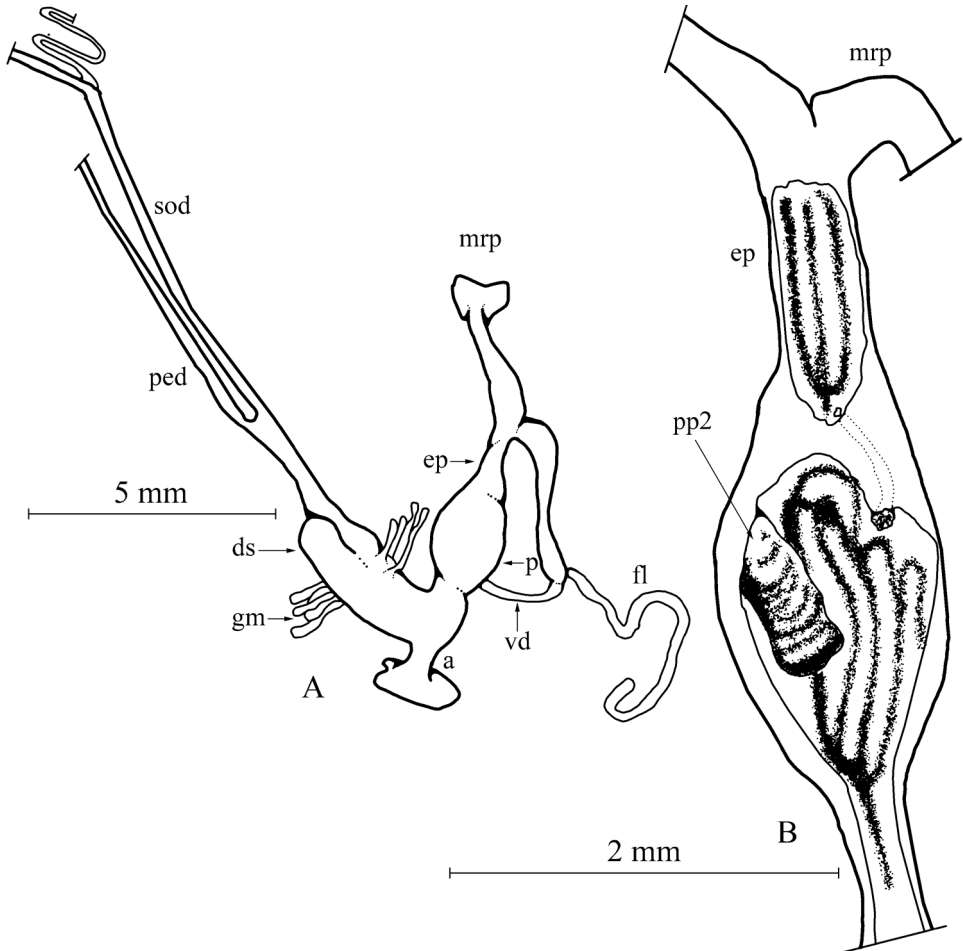
**Other records.** Sigus, 36.1202°N 6.7849°E (Hesse 1920: 41); Tebessa, 35.4142°N 8.1010°E (Hesse 1920: 43, sub *punica*).

**Diagnosis.** large grey-yellowish shells with maximum four brown spiral bands, aperture whitish to reddish brown, strong surface sculpture of longitudinal grooves.

**Description.** Shell large, spire depressed to slightly broad conical, basic colour cream grey-yellowish with brown spiral bands; protoconch large (diameter ca. 5 mm), white; teleoconch whorls regularly increasing, with the last whorl considerably expanding before the aperture, rapidly declining at the aperture; suture deep, surface of teleoconch rough, covered by longitudinal, spirally arranged grooves, sometimes intersected by growth riblets and thus producing a pattern of longitudinal rectangles; spiral bands may be fully developed with maximum four spirals, but all variations including complete fusion of spirals may occur; aperture whitish to reddish brown with a thick lip, columellar part of aperture seldom with a ridge; peristome slightly thickened, umbilicus completely covered by a large reflection of the columellar part of aperture.

Genital organs (only the single subadult specimen (NMBE 519961, sequenced specimen) could be investigated, Fig. 3): Penis short, bulbiform; epiphallus reaching twice the length of penis, with the penis retractor muscle inserting in the distal third of epiphallus; tubiform flagellum reaching the length of penis + epiphallus; penial lumen filled with longitudinal fleshy pilasters; penial chamber with a solid penial papilla (pp2, see also Neubert and Bank 2006); epiphallus opening into the penial chamber via a small pore opposite the “false papilla”.

Female part almost undeveloped, the glandulae mucosae only represented by a few small tubules; all other female structures only weakly developed.



**Figure 3.** *Massylaea massylaea*, morphology of the genital organs; NMBE 519961/1, Aurés Mountains (sequenced specimen). **A** situs of the hermaphroditic genitals **B** penis opened to show internal structure.

Measurements: Syntype *massylaea*: H = 28.4 mm; D = 40.1 mm; PH = 12.6 mm; PD = 20.5 mm; W = 4.75.

**Distribution.** Kobelt (1887) supplied data on the distribution of both, *massylaea* and *punica*, and stated that they may occur in hundreds of specimens in a single locality. Given the fact that we here consider *punica* a synonym of *massylaea*, this taxon turns out to be one of the most widespread helicoid species in the southern part of the Eastalgerian mountain range covering southwestern parts of the province of Constantine, and parts of the provinces of Biskra and Blida westwards to Schott el Hodna.

Remarks: The variation in shell morphology mainly concerns the elevation of the spire, which may be rather flat to considerably raised. The second character state that varies is the formation, number and colour of the spiral bands. These may be reddish- to chestnut-brown, some may miss completely or in parts, or are fused to form



**Figures 4–8.** *Massylaea massylaea* (Morelet, 1851). **4** syntype *Helix massylaea* NHMUK 1893.2.4.43.5, D = 40.1 mm **5** syntype *Helix punica* NHMUK 1893.2.4.1240, D = 36.8 mm **6** syntype *concolor* MHNG-MOLL 118330, D = 36.9 mm **7** syntype *nitefacta* MHNG-MOLL 118331, D = 35.5 mm **8** NMBE 519961, Aurés Mountains, D = 33.65 mm (sequenced specimen). All figures Neubert, natural size.

a cloudy brownish surface. Although Kobelt (1887: 3) states that his specimens usually had spiral bands he separated one form without spiral bands under the name *zenati*, claiming that this form only occurs at this single locality, from which already Bourguignat named his var. *concolor*. According to the specimens known today, spiral banding is quite stable, but there are all variations seen from five bands to completely unicoloured shells.

Hesse (1920: 43, sub *punica*) reports that he received three specimens of this species from Tunisia “Redyef im südlichen Tunis [= Al Rudayyif, Gafsa]. This record has not been reconfirmed by modern collections and is probably based on a confusion with *vermiculata*.

***Massylaea constantina* (E. Forbes, 1838)**

Figs 9–12

*Helix constantina* E. Forbes, 1838; Annals of Natural History, II: 251, pl. XI, fig. 1 [In waste places among nettles at Bougia].

*Helix cirtae* Terver, 1839; Catalogue des Mollusques...: 11, pl. 1, fig. 1 [Bone].

*Helix constantinae* var. *bifasciata* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 114 [La Calle].

*Helix constantinae* var. *conoidea* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 114, plate 10 fig. 7 [Constantine].

*Helix constantinae* var. *depressa* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 114 [Ouled-Sultan].

*Helix constantinae* var. *maxima* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 114 [Constantine].

*Helix constantinae* var. *minima* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 114 [Bone].

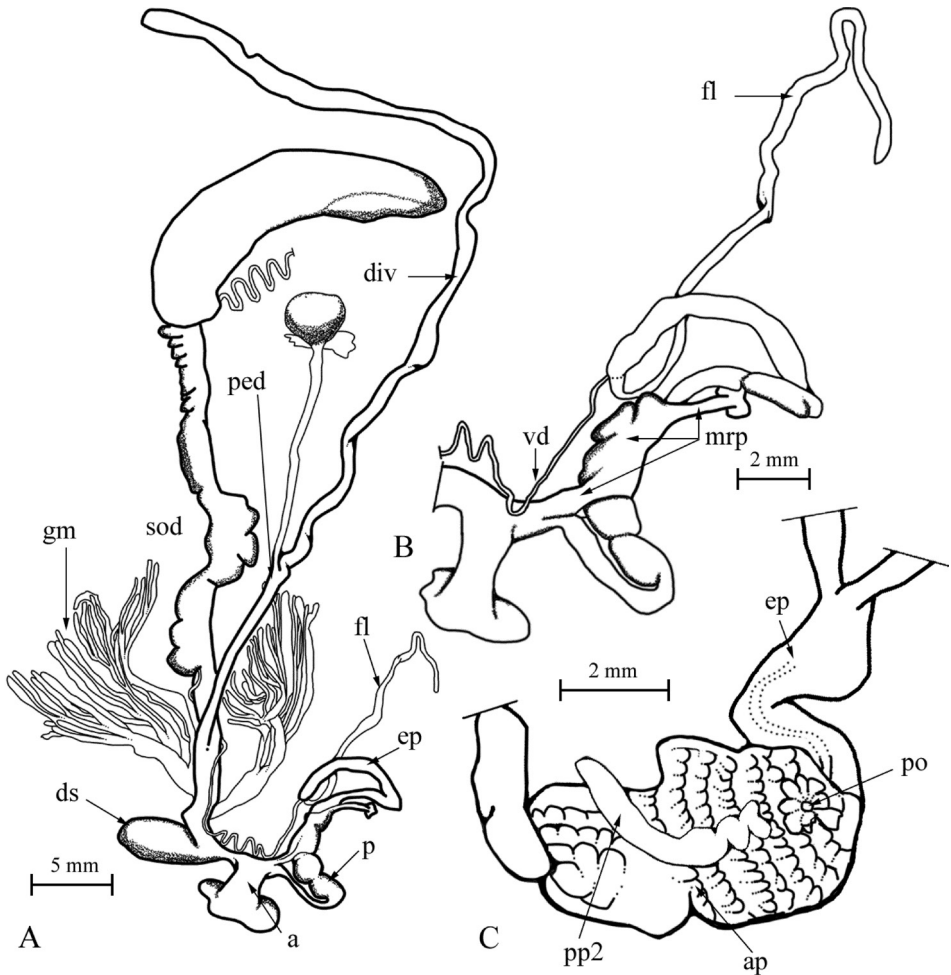
*Helix constantinae* var. *trifasciata* Bourguignat, 1863; Malacologie de l'Algérie I: 114 [La Calle].

**Type specimens.** *constantina*: no type specimens could be identified in the E. Forbes collection in NMSZ; *cirtae*: syntype MHNL 45001107; the type specimens for the varietal names of Bourguignat are not identifiable in his collection.

**Additional specimens.** Ighil Bourmi, 36.4872 4.0613, 1297 m alt., 24.5.2015, Bouaziz, NMBE 540545/1, Makouda, Tizi Ouzou/ Kabylie, 36.7909 4.0659, 440 m alt., 22.3.2015, Bouaziz, NMBE 540543/3, Azaghar, Bounouh, Tizi Ouzou, 36.5214 3.9425, 432 m alt., 26.4.2015, Bouaziz, NMBE 540542/9, Draa Ben Khedaa/ Tizi Ouzou, 36.7318 3.9654, 50 m alt., 6.1.2015, Bouaziz, NMBE 534211/20.

**Diagnosis.** Medium sized shell, teleoconch smooth, and aperture with a raised columellar ridge.

**Description.** Shell medium sized, with a globular or broad conical spire, basic colour white to grey, always with up to five brown spiral bands; protoconch large (diameter ca. 4 mm), white; all teleoconch whorls regularly increasing, with the last whorl rapidly declining at the aperture; suture of moderate depth, surface of teleoconch



**Figure 9.** Genital organs of *M. constantina*; NMBE 540542, Azaghar; **A** situs **B** outer morphology of male organ **C** interior of penis. Abbreviations used: a = atrium; ap = annular pad; div = diverticulum; ds = dart sac; ep = epiphallus; fl = flagellum; gm = glandulae mucosae; mrp = penial retractor muscle; p = penis; ped = pedunculus; po = pore of penial papilla; pp2 = second penial papilla; sod = spermoduct; vd = vas deferens.

smooth; usually with five spiral bands with spiral 2+3 often very close or almost merging; aperture always porcelain white with a thick lip, columellar part of aperture with a raised ridge; peristome slightly thickened, umbilicus completely covered by a large reflection of the columellar part of aperture.

Genital organs (Fig. 9A–C): penis subdivided in three parts, with an elongate distal tube connecting to the atrium, and a bilobed muscular proximal part with the internal boundary marked by an annular pad (Giusti et al. 1995); epiphallus longer than penis, enveloped by a strong penial retractor muscle that connects with a fascicle to the atrium, flagellum a long, simple tube; internally, the proximal penial chamber filled by



**Figures 10–12.** *Massylaea constantina* (E. Forbes, 1838). **10** Original figure of E. Forbes, pl. XI, Figure 1 [1839], size adopted to next figure **11** syntype *cirtae* MHNL 45001107, D = 27.2 mm **12** NMBE 534211, Draa Ben Khedaa, D = 30.25 mm. All figures Neubert/Bochud, natural size.

a solid penial papilla (pp2, see also Neubert & Bank 2006); epiphallus opening into the penial chamber via a small pore.

Dart sac opening laterally into the short vagina; glandulae mucosae with two central stems giving rise to at least three subsequent branches with at least 40 tubules; diverticulum branches off in a central position from the pedunculus reaching a length of at least 30 mm.

Measurements: syntype *cirtae*: H = 21.3 mm; D = 27.2 mm; PH = 8.6 mm; PD = 12.9 mm; W = 4.75.

**Distribution.** This species is known from Tizi Ouzou in the Grand Kabylie towards the northern parts of the province of Constantine. In many places it lives in sympatry with *M. vermiculata*.

**Remarks.** This species proved to be quite stable in terms of conchological traits. The number of five spiral bands is very stable as well as the white and smooth teleoconch. Some colour morphs of *M. vermiculata* look quite similar; however, so far all shells of the latter species could be differentiated by presence of the malleate teleoconch surface. This surface structure may be reduced to a small area above and around the aperture, but it is always clearly discernible. It differs from *M. massylaea* by its considerably smaller shell, the high globular spire, and the smooth teleoconch surface.

***Massylaea vermiculata* (O. F. Müller, 1774)**

Figs 13–16

*Helix vermiculata* O. F. Müller, 1774; Vermium terrestrium et fluviatilium 2: 21 [In Italia sabulosis juxta torrentes].

*Helix bonduelliana* Bourguignat, 1863; Mollusques nouveaux, litigieux ou peu connus, fasc. 1: 9, plate 3 figs 1–4 [Province d’Oran].

*Helix vermiculata* var. *albida* Bourguignat, 1863; Malacologie de l’Algérie I: 112, plate 8 fig. 10 [La Calle].

*Helix vermiculata* var. *aspera* Bourguignat, 1863; Malacologie de l’Algérie I: 112 [Cherchell].

*Helix vermiculata* var. *expallescens* Bourguignat, 1863; Malacologie de l’Algérie I: 112 [Environs d’Alger, Blidah].

*Helix vermiculata* var. *minuta* Bourguignat, 1863; Malacologie de l’Algérie I: 112 [Ile de Galite].

*Helix vermiculata* var. *trizonata* Bourguignat, 1863; Malacologie de l’Algérie I: 112 [Philippeville].

*Helix fleurati* Bourguignat, 1868; Histoire Malacologique de la Régence de Tunis: 12, plate 1 fig. 1–3 [Env. de Tunis (Champs au sud et au sud-est de Tunis, entre un vieux puits espagnol et les collines de Sidi ben Hassen et de la forteresse Bordj el Raïs. Ruines d’Oudena. Ruines d’Utique et de Carthage. non loin de la chapelle Saint-Louis)]

*Helix fleurati* var. *obesa* Bourguignat, 1868; Histoire Malacologique de la Régence de Tunis: 13 [no locality information given].

*Helix fleurati* var. *subcarinata* Bourguignat, 1868; Histoire Malacologique de la Régence de Tunis: 13, plate 1 fig. 4 [no locality information given].

*Helix (Macularia) vermiculata* var. *conoidea* Issel, 1880; Annali del Mus. Civ. di St. Nat. di Genova, Vol. XV: 263 [Sahel, fra Susa e Bir el Buita e fra Susa ed El Gem].

*Helix (Macularia) vermiculata* var. *depressa* Issel, 1880; Annali del Mus. Civ. di St. Nat. di Genova, Vol. XV: 263 [Cartagine].

*Helix (Macularia) vermiculata* var. *minuta* Issel, 1880; Annali del Mus. Civ. di St. Nat. di Genova, Vol. XV: 264 [Is. Galita, Galitone, Aguglia, Gallina (Violante, 1877). Cartagine (Bellucci, 1875)].

*Helix toukriana* Bourguignat in Péchaud, 1883; Excursions malacologiques dans le nord de l’Afrique de La Calle a Alger, d’Alger a Tanger: 37 [hauts plateaux du Sersou, entre Aïn-Toukria et le Nahr-Ouassel, dans la direction de Sebäin-Aïoun].

*Helix aecouria* Letourneux et Bourguignat, 1887; Prodrome de la malacologie terrestre et fluviatile de la Tunisie: 7 [Environs d’Houmt-Souk dans l’île de Djerba].

*Helix vermiculata* var. *saharica* Kobelt, 1887; Iconographie, (2) 3(1): 9, Taf. 6, fig. 343–345 [Biskra].

**Type specimens.** *bonduelliana*: 1 syntype MHNG-MOLL 118415; *aecouria*: 3 syntypes MHNG-MOLL 118413; *fleurati*: syntypes MHNG-MOLL 118440/7 (Env. de Tunis); *toukriana*: syntype MHNG-MOLL 118487; *saharica*: not researched.

**Diagnosis.** Medium sized shell, teleoconch with a malleate surface sculpture, and aperture with a slightly raised columellar ridge.

**Description.** shell medium sized, with a globular to depressed conical spire, basic colour white to grey, up to five brown spiral bands may be present or completely missing; protoconch large (diameter ca. 4 mm), corneous to white; whorls regularly increasing, the last whorl declining at the aperture; teleoconch suture of moderate depth, surface of teleoconch with a characteristic malleate sculpture (sometimes only present close to the aperture!); spiral bands 2+3 often merging, and bands may fuse to a large brown area on the last whorl before the aperture; aperture usually porcelain white with a thick lip, columellar part of aperture with a raised ridge; peristome slightly thickened, umbilicus completely covered by a large reflection of the columellar part of aperture.

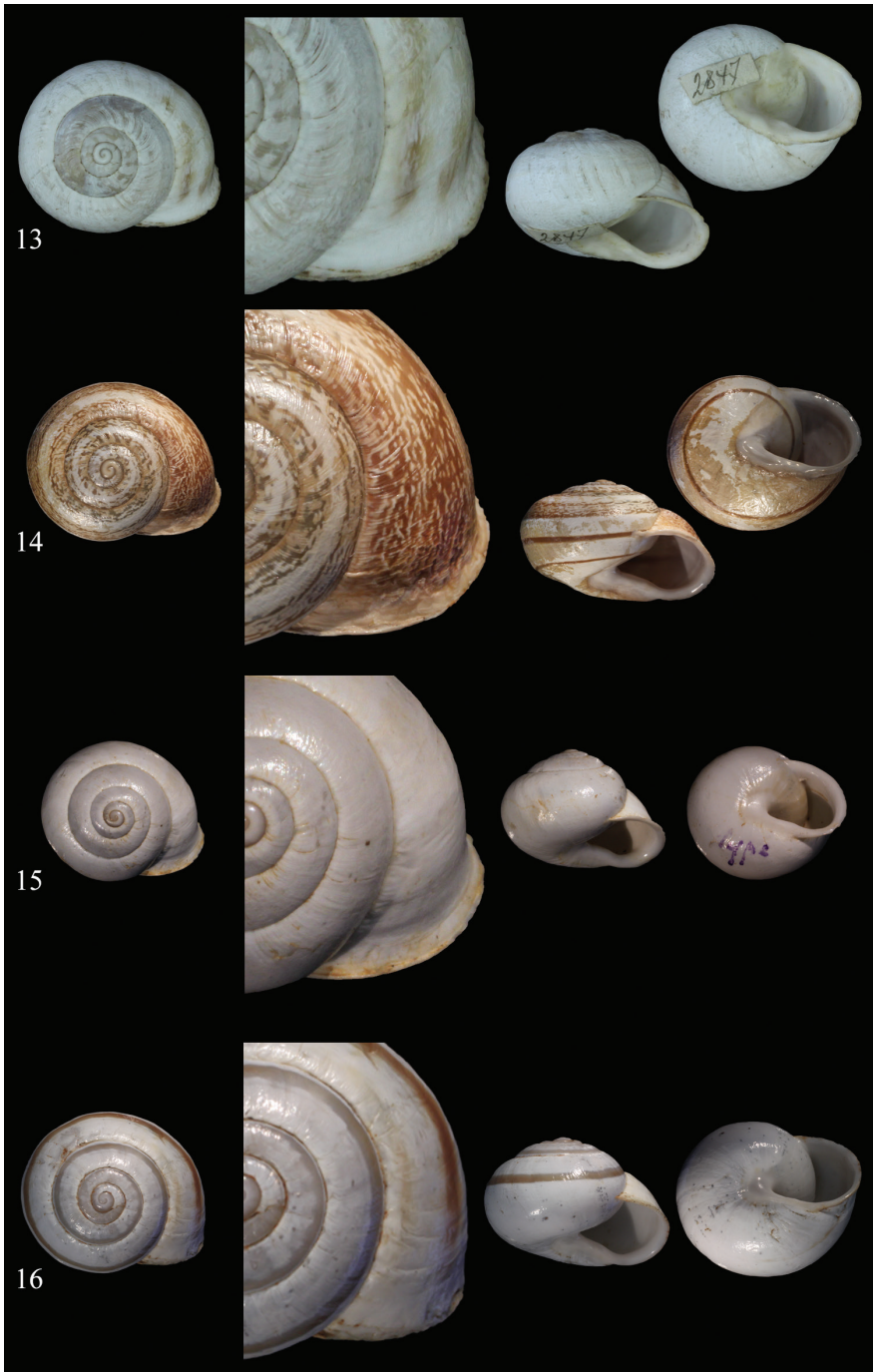
Genital organs (after Giusti et al. 1995; Neubert and Bank 2006; Holyoak and Holyoak 2017): penis clubshaped, bipartite; the bilobed muscular proximal part not visible in outer morphology; epiphallus longer than penis; penial retractor muscle simple, attaching at the boundary of penis and epiphallus; internally, the proximal penial chamber filled by a solid penial papilla, epiphallus opening into the penial chamber via a small pore or on top of a flat papilla.

Dart sac opening laterally into the short vagina; glandulae mucosae with two central stems giving rise to at least three subsequent branches with at least 40 tubules; diverticulum branches off in a central position from the pedunculus surpassing the bursa copulatrix enormously.

**Distribution.** This species is widely recorded throughout Tunisia and eastern Algeria.

**Remarks.** The synonymy list and illustrations only cover synonyms of *M. vermiculata* important for the area from east Algeria and Tunisia. Here, this species inhabits Mediterranean shrublands as well as the wooded hinterland. It also tolerates coastal dunes with salty spray, and semiarid steppes. Holyoak and Holyoak (2017) justify the synonymisation of *constantina* with *vermiculata* with the similar morphology of the genital organs and the wide overlap in shell size and banding pattern. However, in many land-snails, closely related species cannot be differentiated by the morphology of their genital organs. More attention should be paid to the construction of the penis (bilobed muscular proximal part visible from outside or not) and the variability of attaching system of the retractor muscle, which is much larger (and also connects to the atrium) in the specimen of *constantina* than in any *vermiculata* seen so far. The most important character state that separates the species is the absence of any malleation on the shell surface in *constantina*. Additionally, the phenotypic plasticity of the shells of *vermiculata* is markedly contrasted by the congeneric *M. constantina*, which is extremely stable in respect of the spiral banding pattern.

One species mentioned by Kobelt (1887) as a closely related species to his *vermiculata-constantina*-complex is *Helix bonduelliana* Bourguignat, 1863, with the type locality “Province d’Oran” in western Algeria. Kobelt doubts the correctness of this locality, and speculates that it might originate from Tunisia. According to his personal experience in Algeria, *M. vermiculata* reaches the Isser, but does not expand much to the west of this river. The only exception he found was Cherrhell west of Algiers,



**Figures 13–16.** *Massylaea vermiculata* (O. F. Müller, 1774). **13** syntype *Helix toukriana* MHNG-MOLL 118487, D = 29.7 mm **14** syntype *Helix aecouria* syntype MHNG-MOLL 118413, D = 28.4 mm **15** syntype *Helix fleurati* MHNG-MOLL 118440, D = 23.9 mm **16** *Helix bonduelliana* Bourguignat, 1863 syntype MHNG-MOLL 118415, D = 27.0 mm. — All figures Neubert/Bochud, natural size.

where the species occurred in large numbers, but restricted to and around the harbour, so it can be considered being introduced there. It is not clear how the situation is today along the central and western Algerian coast, but Kobelt's lines can be seen as an information on the natural range of this species in northern Africa. In the same year, Bourguignat (1887: 8) records *H. bonduelliana* from Ghardimaou (Tunisia) (= MHNG-BBT 118417/3). Bourguignat's collection has another record from "environs de Tunis" under MHNG-MOLL 18416/1. Later, Pallary (1898) mentions his and Debeaux's unsuccessful attempts to recollect the species in Oran. Summarising it can be said that the type locality of *H. bonduelliana* is apparently wrong, and the specimens are very probably of Tunisian offspring. This nominal taxon fully falls into the colour variation of *M. vermiculata*, which can reach from completely white shells as exemplified by *H. fleurati* (Fig. 15) to the typical morph as seen in *H. aecouria* (Fig. 14). The shell shape, however, is quite stable in most of these forms, and typical for *M. vermiculata*. The synonymisation of *saharica* Kobelt, 1887 needs reconfirmation by study of the type specimens.

## Discussion

The results of our study strongly support the monophyly of the genus *Massylaea*. This is evidenced by traits of the genital organs as well as by the genetic analysis, which is based on two mitochondrial and three nuclear markers.

Although only a subadult specimen of *M. massylaea* was available for investigation, the autapomorphic character states of presence of a "blind" penial papilla in combination with a separate epiphallial pore could clearly be detected (Fig. 3). This type of internal penial construction is also seen in *M. constantina* (Fig. 9) and in *M. vermiculata* (Neubert and Bank 2006). It differs profoundly from other helicoid genera like for example the syntopic *Otala punctata* (O. F. Müller, 1774), which shows the plesiomorphic type of a bipartite penis with two subsequent penial papillae (De Mattia and Mascia 2011).

In the genetic analysis, the *Massylaea*-clade is supported by high bootstrap values (Figs 1, 2). Within the clade, a separation of *M. constantina* from a combined cluster *vermiculata-massylaea* can be seen. The *constantina* population NMBE 534211 shows an enormous number of base-pair substitutions if compared to the other three congeners. The distance matrixes show that the generated 5.8S-ITS2-28S sequence is responsible for the caused deviation. In an ITS2 alignment, the NMBE 534211 population showed a higher variation, often up to 84bp, in the complete second Internal Transcriber Spacer region, in comparison to the congeners. NMBE 534211 from Draâ-Ben Khedda seems to be constituted by a faster evolving population, indicated by the much longer branch reflecting the higher base pair substitutions. We could hypothesize that we probably are witnessing the beginning of a speciation process, but we have to collect more specimen from the complete distribution area to be more conclusive about the existing species boundaries.



**Figure 17.** *Helix boghariensis* Debeaux, 1857 [Rochers en face le village arabe Ksar-el-Boghari]; syntype MNHN IM-2000-31714, D = 34.0 mm. Figure 17 by courtesy of MNHN, Paris, natural size.

The generic name *Massylaea* Möllendorff, 1898 has been widely used for a number of species and thus cannot be treated as a nomen oblitum. It has precedence over *Eobania* Hesse, 1913, and the widespread species *Helix vermiculata* O. F. Müller, 1774, has to be classified under this generic name. Currently, the use of *Massylaea* should be restricted to the three species treated here; the so-called “*Massylaea*” species from the High Atlas Mountains in southern Morocco are widely unknown, and probably form a separate generic entity. At least 12 nominal taxa can be affiliated to this radiation, but species delimitation poses a major problem at the moment.

Already Kobelt (1887) remarked the similarity of *Helix boghariensis* Debeaux, 1857 (syntype Fig. 17), with the *constantina-vermiculata*-group. In fact the shell of this species is close to *M. constantina*, and lacks the teleoconch sculpture of *M. vermiculata*. Kobelt remarked that the type locality Boghar is far from the range of *M. constantina*, which was true at his time. Due to the collections of the senior author we now know that *M. constantina* also inhabits the area of Tizi Ouzou. The distance (as the crow flies) between these localities is about 150 km. From a shell morphological point of view there is no evidence for any major difference between *constantina* and *boghariensis* supporting the separation of the latter as a species in its own rights. This question can only be sorted out by an investigation of animals from Boghar. Holyoak and Holyoak (2017) synonymise this taxon with *E. vermiculata* without further comments.

The enormous radiation of Helicid species and genera in northern Africa is poorly understood and still in a chaotic state, and often complained about like recently in Holyoak and Holyoak (2017). Although not in the centre of the helicoid radiation in northern Africa, our results may contribute to some clarifications like for example in the “*Otala*-clade”. By chance, a specimen of *T. “decussata”* (nomen nudum) could be included in our study. This taxon is conchologically similar to *Archelix minettei* Pallary, 1917 from “Tarzout-du-Guigou”, which is the type species of *Tingitana* Pallary, 1918, a genus used to accommodate a number of helicoid species from all over Morocco. The position of *T. “decussata”* in our concatenated trees (see Figs 1, 2) indicates that *Tingitana* is close to or even identical with *Otala*. This result coincides with Razkin et al. (2015), who found that *T. orientalis* Pallary, 1918 from Berkane clusters within the *Otala* clade. However, it is not clear whether this species is a *Tingitana* in its original sense, or rather a classical *Otala*. Although we have a more clear evidence for a synonymisation of *Tingitana* with *Otala* we still consider this synonymy as premature as

long as evidence through study of anatomical and genetic data of the type species of the genera is supplied. It should be mentioned that the form “*decussata*” lives in the summit area of the Kebdana (leg. R. Hutterer); the population consists exclusively of strongly keeled specimens.

Holyoak and Holyoak (2017) revisited the problems within *Otala* and *Eobania* in northern Africa adding valuable distribution data. However, some details are astonishing. The authors cover the complete distribution area of the genus *Massylaea* and collect (and synonymise) a reasonable number of available species-level names, but completely omit *Helix massylaea* Morelet, 1851! The only reference to the genus is restricted to a note, where it is mentioned as a host of *Helix soluta* Michaud, 1833, perpetuating the erroneous ideas of Kobelt (see introduction). A concept for *Massylaea* is completely missing, and all taxa are lumped under *Eobania vermiculata*. Puzzlingly, the only exception is *Helix punica* (from south of Constantine), which is affiliated by the authors to *Loxana* Pallary, 1899. This genus is based on *Helix beaumieri* Mousson, 1873, which lives in the High Atlas south of Marrakech. It is currently considered to constitute a subgenus of *Alabastrina* Kobelt, 1904; the new concept of *Loxana* is not explained, delimited or justified. Under the same generic name *Loxana*, the enigmatic *Helix rerayana* Mousson, 1873 is treated, a species which originates from the same larger area as *H. beaumieri*, but differs enormously in shell shape, so a congeneric position for these two taxa will require good arguments (which are not supplied in this paper). All names allocated by us to the three accepted taxa under *Massylaea* (and scrutinized by checking and presenting the type specimens), are lumped by Holyoak and Holyoak (2017) under *E. vermiculata*, a concept, which does not comply with our genetic data.

Concluding it can be said that still, the chaos is not fully disentangled, and that the rigorous lumping of taxa is probably not fully supported. We agree with Holyoak and Holyoak (2017: 420) that “it has been taken as axiomatic that the species recognised should be identifiable from morphological characters, of shells, genital anatomy, or both”. But then, prior to any decision taken, the initial point should be the study and presentation of type specimens. This is a major service to other students of the fauna and greatly facilitates the understanding of subsequent decisions made. It could help to clarify the identity of species-level taxa used in genetic studies, and thus constitute a major contribution towards stabilisation of taxonomy and nomenclature.

## Acknowledgements

We are very grateful to Estée Bochud, NMBE, for preparing several of the photos used in this paper. We are very grateful to Jean Mariaux and Emanuel Tardy, MHNG Genève, for providing access to the Bourguignat collection. This contribution could only be realised by support through GBIF.CH (Neuchâtel, Switzerland). Eike Neubert would like to thank R. Janssen for years of access to the collection of SMF, which greatly helped to understand the malacological diversity in Northern Africa. We are very grateful to P. Bouchet, and V. Héros, MNH, Paris, for the permission to use a pic-

ture from the database of MNHN, to Vincent Prié for a specimen of *H. melanostoma* from southern France, to S. Pye for searching for type specimens of *H. constantina* in the collection of the National Museums of Scotland, Edinburgh, and C. Audibert from the Musée des Confluences, Lyon for his interest and valuable support of H. Bouaziz-Yahiatene.

## References

- Bourguignat J-R (1863–1864) 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. — 1: fasc. 1: 1–80, pls I–VIII [May 1863]; fasc. 2: 81–192, pl. IX, X, XIII–XVIII [June 1863]; fasc. 3: 193–294 pls XI, XII, XIX–XXXII [Nov. 1863]; [described species extracted] 2: fasc. 4: 1–144, pl. I–V, VII [Jan. 1864]; fasc. 5: 145–232, pl. VI, VII, IX–XI, XV, XVI, XVIII–XXVI [Apr. 1864]; fasc. 6: I–XII [to be bound prior to fasc. 1] [with replacement pages 9–32 in fasc. 1] 233–380, pls. XII–XIV, XVII [Dec. 1864]. Paris (Challamel aîné).
- Bourguignat J-R (1863–1870) Mollusques nouveaux, litigieux ou peu connus. — Vol. 1 (Première Centurie): Tit. + 324 pp., pls 1–45 (1863–1868); Vol. 2 (inachevée): 1–55, pls 1–4 (1870). Paris (F. Savy, Bouchard-Huzard). Vol. 1: 1<sup>re</sup> décade, 1<sup>er</sup> mars 1863: pp. 1–22, pl. 1–4 [= Revue et Magasin de Zoologie, (2) 15 (3): 100–111, (4): pl. 5–8]; 2<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> mai 1863: pp. 23–49, pl. 5–7 [= Revue et Magasin de Zoologie, (2) 15 (5): 179–187, pl. 18–19, (7): 252–261; pl. 7 est supplémentaire dans le livre]; 3<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> décembre 1863: pp. 51–82, pl. 8–11; 4<sup>e</sup> décade, mai 1864: pp. 83–130, pl. 12–19; [= Revue et Magasin de Zoologie, (2) 16 (6): 161–179, pl. 11–13, (7): 193–212, pl. 14, (8): pl. 15–16, (9): pl. 17, (11): pl. 18]; 5<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> novembre 1865: pp. 131–170, pl. 20–28; [= Revue et Magasin de Zoologie, (2) 17 (11): 337–347, pl. 16–21, (12): pl. 22–24 (1865), 18: (1): 6–23 (1866); l'ordre de quelques planches a été changé: pl. 24 = pl. 23, pl. 25 = pl. 21, pl. 26 = pl. 22, pl. 27 = pl. 20, pl. 28 = pl. 24]; 6<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> janvier 1866: pp. 171–198, pl. 29–31; 7<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> février 1866: pp. 199–221, pl. 32–34; 8<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> décembre 1867: pp. 223–257, pl. 31 [réimpression], pl. 35–38; 9<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> septembre 1868: pp. 259–294, pl. 39–41; 10<sup>e</sup> décade, 1<sup>er</sup> décembre 1868: [3] pp. + pp. 295–324 [319–324: Table alphabétique], pl. 42–45. — Vol. 2: 11<sup>e</sup> décade 1<sup>er</sup> janvier 1870: 1–27, pl. 1–2 [= Revue et Magasin de Zoologie, (2) 22 (1): 14–30, pl. 14–15]; 12<sup>e</sup> décade 1<sup>er</sup> février 1870: 29–55, pl. 3–4 [= Revue et Magasin de Zoologie, (2) 22 (3): 87–97, (5): 166–171, pl. 16–17.] [Du vol. 2 a paru seulement une livraison de la 11<sup>e</sup> et 12<sup>e</sup> décade ensemble]
- Bourguignat J-R (1868) Souvenirs d'une exploration scientifique dans le nord de l'Afrique, III. Histoire malacologique de la Régence de Tunis. 36 pp, 1 pl., 2 cartes. Paris (Challamel aîné).
- Caziot E (1908) Compte rendu d'une excursion malacologique dans la partie supérieure de la Vallée de la Roya, et dans le voisinage de la mer, sur la rive droite du Var, près Nice. Mémoires de la Société Zoologique de France 20(4) [1907]: 435–469. [6 June]
- Colgan D, McLauchlan A, Wilson GDF, Livingston SP, Edgecombe GD, et al. (1998) Histone H3 and U2 snRNA DNA sequences and arthropod molecular evolution. Australian Jour-

- nal of Zoology 46: 419–437. <https://doi.org/10.1071/ZO98048> <https://doi.org/10.1071/ZO98048>
- De Mattia W, Mascia F (2011) *Otala punctata* (O. F. Müller, 1774) in Italy. *Iberus* 29(1): 39–46.
- Debeaux O (1857) Catalogue des mollusques vivants observés aux environs de Boghar (Algérie). *Recueil trav. Societe d'agriculture d'Agen* 8: 317–329.
- Folmer O, Black M, Hoe W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3(5): 294–299.
- Forbes E (1838) On the land and freshwater mollusca of Algiers and Bougia. *Annals of Natural History* II: 250–255, pl. XI, XII [plates published in Feb. 1839] <https://doi.org/10.1080/00222933809496670>
- Giusti F, Manganello G, Schembri, PJ (1995) The non-marine molluscs of the Maltese Islands. Torino, 607 pp.
- Hesse P (1908–1911) In: Rossmässler E A, *Iconographie der Land- & Süßwasser-Mollusken mit vorzüglicher Berücksichtigung der europäischen noch nicht abgebildeten Arten*, Taf. 421–450 [1909–1911]; Wiesbaden (Kreidel), (2) 14 (5/6): 129–172, Taf. 381–390 [1908]; (2) 16 (1/6): 1–119.
- Hesse P (1913) Neue Funde aus der Umgebung von Philipoppel. *Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft* 45(1): 12–16.
- Hesse P (1915–1920) In: Rossmässler EA *Iconographie der Land- und Süßwasser-Mollusken, mit vorzüglicher Berücksichtigung der europäischen noch nicht abgebildeten Arten*. C.W. KREIDEL's Verlag, Berlin & Wiesbaden, (2) 23 (1/2): 1–72, pl. 631–640 [1915]; (2) 23 (3/4): 73–152, pl. 641–650 [1919]; (2) 23 (5/6): 153–262, pl. 651–660 [1920].
- Holyoak DT, Holyoak GA (2017) A revision of the land-snail genera *Otala* and *Eobania* (Gastropoda, Helicidae) in Morocco and Algeria. *Journal of Conchology* 40(6): 419–490.
- Huelsenbeck JP, Ronquist F (2001) MRBAYES: Bayesian inference of phylogeny. *Bioinformatics* 17: 754–755. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/17.8.754>
- Issel A (1880) Molluschi terrestri et d'aqua dolce viventi e fossili. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* 15: 259–282.
- Kearse M, Moir R, Wilson A, Stones-Havas S, Cheung M, Sturrock S, Buxton S, Cooper A, Markowitz S, Duran C, Thierer T, Ashton B, Mentjies P, Drummond A (2012) Geneious Basic: an integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics* 28:1647–1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- Kobelt W (1887–1888) In: Rossmässler EA: *Iconographie der Land- & Süßwasser-Mollusken mit vorzüglicher Berücksichtigung der europäischen noch nicht abgebildeten Arten*. Kreidel, Wiesbaden, (2) 3 (1/2): 1–12, Taf. 61–70 [1887]; (2) 3 (3/4): 13–36, Taf. 71–80 [1887]; (2) 3 (5/6): 37–60, Taf. 81–90 [1888].
- Kobelt W (1904) Register. In: Rossmässler EA: *Iconographie der Land- & Süßwasser-Mollusken mit vorzüglicher Berücksichtigung der europäischen noch nicht abgebildeten Arten*, Karten, (2) 11: I–XII., 1–342, 6.
- Lanfear R, Frandsen PB, Wright AM, Senfeld T, Calcott B (2016) PartitionFinder 2: new methods for selecting partitioned models of evolution for molecular and morphological

- phylogenetic analyses. Molecular biology and evolution. <https://doi.org/10.1093/molbev/msw260>
- Letourneux A, Bourguignat J-R (1887) Prodrôme de la malacologie terrestre et fluviatile de la Tunisie. Imprimerie nationale, Paris, 1–166. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.132280>
- Letourneux A (1870) Excursions malacologiques en Kabylie et dans le Tell Oriental. Paris, Annales de Malacologie 1: 258–322. [pl. 6]
- Katoh, Misawa, Kuma, Miyata (2002) MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. Nucleic Acids Res. 30: 3059–3066.
- Möllendorff Ov (1898) Studien zur Zoogeographie von Dr. W. Kobelt. II. Band. Die Fauna der Meridionalen Sub-Region. C. W. Kreidel, Wiesbaden 898, gr. 8°, 368 pp. Nachrichtenblatt der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft 30(9/10): 112–121.
- Morelet A (1851) Appendice à la conchyliologie de l'Algérie; description d'espèces nouvelles. Paris, Journal de Conchyliologie 2: 351–361.
- Mousson A (1873) Diagnosen neuer Mollusken aus West-Marokko, von Dr. von Fritsch und Dr. Rein gesammelt. Malakozoologische Blätter 21: 149–157.
- Müller OF (1774) Vermium terrestrium et fluviatilium, Havniae et Lipsiae, 2, 214 pp + X; .
- Neubert E, Bank RA (2006) Notes on the species of *Caucasotachea* C. Boettger 1909 and *Lindholmia* P. Hesse 1919, with annotations to the Helicidae (Gastropoda: Stylommatophora: Helicidae). Archiv für Molluskenkunde, Frankfurt am Main, 135(1): 101–132; .
- Pallary P (1899) Deuxième contribution à l'étude de la faune malacologique du Nord-Ouest de l'Afrique. Supplement à «La faune malacologique du Maroc» de A. Morelet. Journal de Conchyliologie, Paris 46 (2) [1898]: 49–170, pl. 5–9. [9 February]
- Pallary P (1915) Description de quelques mollusques nouveaux du Grand Atlas. Bulletin du Muséum Nationale d'Histoire naturelle, Paris, 21(1): 21–28.
- Pallary P (1917) Hélicidées nouvelles du Maroc. Journal de Conchyliologie 63(2): 126–141, pl. 5. Paris. [31 August].
- Pallary P (1918) Diagnoses d'une cinquantaine de mollusques terrestres nouveaux du Nord de l'Afrique. Le Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord 9(7): 137–152. Alger. [15 July]
- Palumbi S, Martin A, Romano S, McMillan W, Stine O, Grabowski G (1991) The simple fool's guide to PCR version 2.0 Honolulu, University of Hawaii.
- Péchaud J (1883) Excursions malacologiques dans le nord de l'Afrique de la Calle a Alger, d'Alger a Tanger. I, 112 pp.
- Rambaut A (2012) FigTree v1. 4. Molecular evolution, phylogenetics and epidemiology. Edinburgh, University of Edinburgh, Institute of Evolutionary Biology.
- Razkin O, Gómez-Moliner BJ, Prieto CE, Martínez-Ortí A, Arrébola JR, Muñoz B, Chueca LJ, Madeira MJ (2015) Molecular phylogeny of the western Palaearctic Helicoidea (Gastropoda, Stylommatophora). Molecular Phylogenetics and Evolution 83: 99–117. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2014.11.014>
- Ronquist F, Huelsenbeck JP (2003) MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. Bioinformatics 19: 1572–1574. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btg180>

- Ronquist F, Teslenko M, Van Der Mark P, Ayres DL, Darling A, Höhna S, Larget B, Liu L, Suchard MA, Huelsenbeck JP (2012) MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic biology* 61(3): 539–542. <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>
- Schileyko AA (2006) Treatise on recent terrestrial pulmonate molluscs. *Ruthenica Supplement, Moscow*, 2 13: 1765–1906.
- Stamatakis A (2006) RAxML-VI-HPC: maximum likelihood-based phylogenetic analyses with thousands of taxa and mixed models. *Bioinformatics* 22(21): 2688–2690. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl446>
- Terver A-P (1839) Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles observés dans les possessions françaises au nord de l’Afrique. Lyon, 40 pp. [4 pl.]
- Wade CM, Mordan PB (2000) Evolution within the gastropod molluscs; using the ribosomal RNA gene-cluster as an indicator of phylogenetic relationships. *Journal of Molluscan Studies* 66: 565–570. <https://doi.org/10.1093/mollus/66.4.565>

**Table 7:** Monthly variations of Shannon-Weaver Index of studied stations

Shannon Weaver Index												
Months	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station1	2,77	2,69	3,12	3,20	3,02	2,92	2,26	2,28	3,17	2,98	3,19	3,29
Station2	2,86	3,08	3,38	3,53	3,57	1,89	2,54	2,48	3,25	3,28	3,36	3,55
Station3	2,86	3,50	3,55	3,31	3,38	3,32	3,48	2,80	3,40	2,97	3,35	3,55
Station4	2,49	2,32	2,63	2,56	2,19	2,29	1,99	0,99	1,87	2,55	2,49	1,97

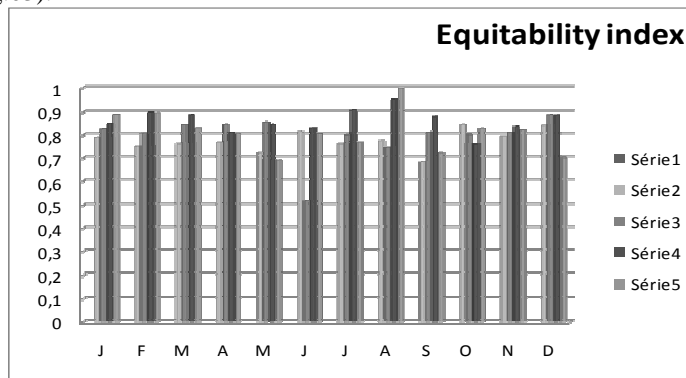
**Table 8:** Seasonal variations of Shannon-Weaver Index of studied stations

Shannon Weaver Index				
	Summer	Autumn	Winter	Spring
Station 1	2,49	3,12	2,92	3,11
Station 2	2,30	3,29	3,16	3,49
Station 3	3,20	3,24	3,30	3,42
Station 4	1,76	2,30	2,26	2,46

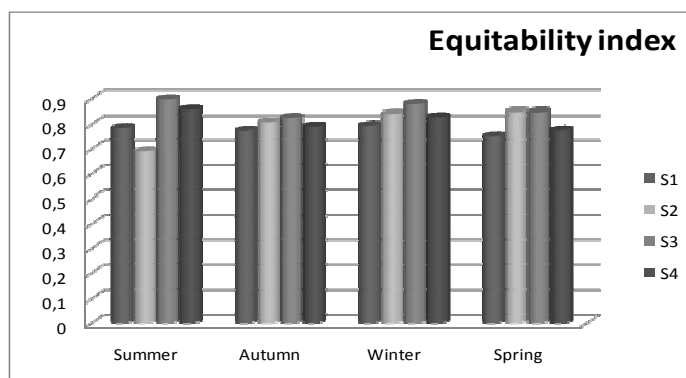
Shannon-Weaver index is important during every month of the year for all stations. Its greatest values are recorded at stations 2, 3 and 4 during March, April and May with a maximum value of 3.57 in the second station; while the most important index for the first station is registered in December with a value of 3, 29. The Shannon index  $H'$  allows to evaluate the wealth of biodiversity, the lowest values were noted during the summer period (June, July and August) for all stations, with values ranging between 0.99 and 2.80. We hold that the index of Shannon-Weaver is variable both between seasons and stations. The highest values at all stations are registered in spring and autumn. The least important values are registered in summer and winter.

*Equitability index Variations:*

Equitability index was used to evaluate the malacological populated state stand on its monthly and seasonal variations (Fig.02 and Fig.03).



**Fig. 2:** Monthly variations of equitability index of the studied stations



**Fig. 3:** Seasonal variations of equitability index of the studied stations.

Figures 02 and 03 show that equitability index is important for most of the year for the 4 stations and does not present any significant monthly and seasonal variations. Values vary mostly within a narrow range of 0.67 and 0.99; it marks a sharp increase where it approaches a value of 1 (0.93 and 0.99) in August for the stations 3 and 4, respectively. However, equitability index is low in June at station 2 recording a value of 0.53.

### Discussion and Conclusion:

After prospecting four stations along an altitudinal gradient, 17125 snails harvested for total species richness of 26 species belonging to 10 families. A total of 2730 individuals are collected at the station Tizirt for species richness of 18 species, eight dominate the stand: *Theba pisana*, *Xerosecta cespitum*, *Cerņuella virgata*, *Trochoidea pyramidata*, *Mastus pupa*, *Tudorella sulcata* and *Oxychylus sp.* Makouda station account 3775 snails including 19 species identified, of which 12 are dominant: *Cornu aspersa maxima*, *Cornu aspersa aspersa*, *Cantareus apertus*, *Otala punctata*, *Eobania vermiculata*, *Xerosecta cespitum*, *Cerņuella virgata*, *Cerņuella sp2.*, *Ganula roseotincta*, *Rumina decollata*, *Rumina paivae* and *Sphincterochyla sp.* A number of 5681 individuals were sampled at the Tizi-Ouzou station for total species richness of 19 species, of which 12 dominate the stand: *Cornu aspersa maxima*, *Cornu aspersa aspersa*, *Cantareus apertus*, *Eobania sp.*, *Xerosecta cespitum*, *Xerosecta calida*, *Cerņuella virgata*, *Cerņuella sp1.*, *Cerņuella sp2.*, *Trochylus flavus*, *Rumina decollata* and *Sphincterochyla sp.* Redjaoua station enregistred 4939 individuals divided into 9 species of which 7 are dominant, *Cornu aspersa maxima*, *Cornu aspersa aspersa*, *Theba pisana*, *Xerosecta calida*, *Rumina decollata* and *Oxychylus sp.* According to [13], the complexity of the habitat structure plays an important role. The ecological preferences of the species are often very different and the existence of many microhabitats which contributes to significantly increase the rich fauna. Thus this malacological study allowed us to retain a richness enough important in number of individuals and number of species at the four sites explored. The Helicidae, Hygromiidae and Subulinidae families exist in the 4 stations. Despite their high sensitivity to climate change, gastropods could conquer all terrestrial environment by various forms of morphological (Color and size of the shell) or physiological (epiphragm) or behavioral (microhabitats and adapted activity rhythms) adaptation. According to [14] study realized in 1976, the Helicidae are strongly represented in the northeast of the Maghreb. This corroborate with the results obtained in the different studied stations, having set values abundance *Cornu aspersa maxima* (*Helix aspersa maxima*) *Cornu aspersa aspersa* (*Helix aspersa aspersa*) and *Cantareus apertus* (*Helix aperta*). [16] argue that *Helix aspersa aspersa* is a Mediterranean snail native to North Africa, results comforted by the high frequency of this species after sampling field. Hygromiidae family is represented by 9 species, of which 7 inventoried at three stations, whereas the species *Xerosecta cespitum* and *Cerņuella virgata* are harvested at the four stations. By [9], *Xerosecta cespitum* is a strictly Mediterranean species. [12] attest that *Cerņuella virgata* is an endemic snail of the Mediterranean. The Subulinidae observed during such exploration are essentially *Rumina decollata* and *Rumina paivae*, which according to [18] are two species of land snails from predatory Helicidae, however they are typically Mediterranean. At the Redjaoua station and with 30.97% of frequency of occurrence, *Rumina decollata* is the most abundant species recording a density of 127.5 per 100 m<sup>2</sup>. [4] reports that this omnivorous species has been used as a biological control agent against *Helix aspersa*, this may explain the proliferation of this family at this station. Cochlicellidae family is represented by only two species *Cochlicella barbara* and *Cochlicella acuta* and Spiraxidae represented by the only *Poiretia algira*. These three species are encountered at Tizi-Ouzou station at 146m of altitude. The Oxychilidae family inventoried at two stations Tizi-Ouzou and Redjaoua is only represented by a single species *Oxychylus sp.* The Enidae family represented by the species *Mastus pupa* and pomatiidae represented by *Tudorella sulcata*. Those species are encountered only at two stations (Tizirt and Makouda). Many studies have shown the close relationship between the distribution and diversity of terrestrial molluscs and large-scale factors such as climate, geology and habitat type. Some of these factors determine the distribution and abundance of many regions malacofauna [19, 20]. [11] argues that preferences or ecological requirements of the terrestrial gastropods are very different from one species to another. [7] add that the terrestrial pulmonate gastropods occupy a variety of habitats. Depending on the species, there is often considerable variation according to the variety of altitudes, seasons, climate and ecological tolerance. The Sphincterochilidae family represented by a single species *Sphincterochyla sp.* is not met at Makouda and Tizi-Ouzou stations, where it is abundant with an estimate of 13.64% and a density of 64.58 to 100 m<sup>2</sup>. This confirms the results of [6] announcing that in the dry and hot stations there is a concentration of individuals with a white shell. At Tizirt station, *Tudorella sulcata* is the most abundant species with 25.49% and a density of 58 per 100 m<sup>2</sup>, indeed [10] certify that this species is present in the Western Mediterranean coastline. Furthermore at the Makouda station, the most abundant species is *Otala punctata* with a rate of 22.22% and a relative density of 69.91 per 100 m<sup>2</sup>. [8] report that this species is often found in agricultural areas in the coastal plains. In North Africa, *Otala punctata* occurs from west to north-western Algeria. The highest values of Shannon-Weaver index are recorded in spring and autumn in the four stations. This malacofauna wealth recorded during these seasons coincides with the breeding period of Helicidae and Hygromiidae. The least important values of the Shannon-Weaver index are registered for all stations in summer. This low wealth during the months of June, July and August can be explained by estivation of snails for the purpose of protect themselves from desiccation due to high temperatures and intense sunshine during that season. The index values are low in winter, this is probably due to the behavior of snails towards the cold, this is probably due to the behavior towards the cold snails, which grow in the take shelter and go into hibernation. [3] stating that an active life is possible for Mediterranean molluscs in a fairly narrow range of environmental variables which in natural conditions typically correspond to those of Autumn,

of part of the Spring and winter and Summer few nights. The abundance of several species in the different stations did not induce disequilibrium on terrestrial gastropods stands, since the index of equirepartition tends to 1 at the four stations of study. Indeed, according to [2] it tends toward 1 when all species have the same abundance. [15] affirm than equirepartition can appreciate the imbalances that the index of diversity could not detect. More its value tends to move closer to 1, it reflects a more balanced stand. Sampling of snails made throughout the year, revealed a constant presence of malacofauna due to the geographical locations of the stations grouping factors conducive to the proliferation of terrestrial molluscs, such as, humidity, ambient temperature and the diverse vegetation.

#### REFERENCES

- [1] Audibert, C., and F. Boyer, 2007. Catalogue du matériel de Michaud G et de Terver A au Muséum de Lyon pour les Taxa de mollusques continentaux décrits d'Algérie en 1833 et 1839. Département du Rhône-Musée de confluences, Lyon, 13: 129-147.
- [2] Barbault, R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Ed. Masson, Paris: 208.
- [3] Bonovita, A., and D. Bonovita, 1962. Contribution à l'étude écologique de *Euparipha pisana* Muller des rivages méditerranéens de la Provence. Note préliminaire, publ. State. Zol. Napolie, 32: 189-204.
- [4] Cowie, H.R., 2011. Can Snails ever effective and safe biocontrol agents? International journal of pest management, 47: 23-40.
- [5] Cucherat, X., K. Demuyn, 2008. Les plans d'échantillonnage et les techniques de prélèvement des mollusques continentaux. Malaco, 5: 244-253.
- [6] Damerdji, A., L. Ladjmi and S. Doumandji, 2005. Malacofaune associée à *Rosmarinus officinalis* L. (Labiatae): inventaire et aperçu bioécologique près de Mansourah (Tlemcen, Algérie). Sciences et Technologie, 23: 11-20.
- [7] De Vaufléury, A., and F. Gimbert, 2009. Obtention du cycle de vie complet d'*Helix aperta* Born de sites tunisiens en conditions contrôlées. Influence de la photopériode. Animal biology and pathology. C.R. Biologie, pp: 322-805.
- [8] Falkner, G., 1990. Binnenmollusken. Steinbachs Natürfurher, 10: 236.
- [9] Germain, L., 1930. Faune de France 21. Mollusques terrestres et fluviatiles. Office central de Faunistique, Lechevalier, Paris, p: 477.
- [10] Giusti, F., and G. Manganelli, 1984. Relationships between geological land evolution and present distribution of terrestrial gastropods in the western mediterranean area, in Solem, A. and A. C. Van Bruggen, (Eds), World-Wide Snails. Brill; Backhuys, Leyde, pp: 70-92.
- [11] Karas, F., 2009. Gastéropodes terrestres, invertébrés continentaux des pays de la Loire. Gretia, pp: 379-387.
- [12] Kerney, M.P. and R.A.D. Cameron, 1979. A field guide to the land Snails of Britain and North-West Europe. William Collins Sons and Compagny- Ltd., London, p: 288.
- [13] Kerney, M.P. and R.A.D. Cameron, 2006. Guide des escargots et limaces d'Europe, Delachaux et Niestlé. Les guides du naturaliste, Paris, p: 386.
- [14] Ktari, M.H. and M. Rezig, 1976. La faune malacologique de la Tunisie septentrionale. Bull.sci.nat.tuinsie, 11: 31-74.
- [15] Legendre, L. and P. Legendre, 1984. Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2ème Ed. Masson, Paris, p: 206.
- [16] Magnin, F., and S. Martin, 2012. Escargots synanthropiques et domestication de la nature itinéraires de coquillages. Techniques et cultures: 59.
- [17] Nicholas, B., and P.J. Schembri, 2008. The status of *Otala punctata* (Müller, 1774), a recently established terrestrial gastropod in Malta. Boll. Malacol, 44(5-8): 101-107.
- [18] Prévot, V., K. Jordaens, G. Sonet and T. Backeljau, 2013. Exploring Species Level Taxonomy and Species Delimitation Methods in the Facultatively Self Fertilizing Land Snail Genus *Rumina* (Gastropoda: Pulmonata). PLoS ONE 8(4): 18.
- [19] Robitaille, J.M., C. Seguin, D. Pepin, G. Van Berkomp, J. Hau-pale, G. Chauvehe and M. St-Arnaud, 1973. Biosphère. Tome 1, écologie, mécanisme de l'adaptation. Recherche et marketing, pp: 123-179.
- [20] Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielborger, M.C. Wichmann, M. Schwager and F. Jeltsch, 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. J Biogeogr, 31: 79-92.

## Résumé

La malacologie en Kabylie présente un large champ d'exploitation, raison pour laquelle un inventaire qualitatif et quantitatif des escargots est établi en fonction d'un transect de la mer vers la montagne afin de caractériser la richesse spécifique des gastéropodes terrestres de la région de Tizi-Ouzou suivant les différentes caractéristiques topographiques, édaphiques, climatiques. Trois méthodes d'échantillonnage sont adoptées, la chasse à vue dans les biotopes favorables et de préférence par temps doux et humide pour les escargots terrestres de grande taille, alors que les plus petits sont recherchés par tamisage de la litière et aussi par l'installation de pièges. L'échantillonnage est effectué au niveau de vingt et une stations, à raison de deux fois par mois pour chaque station, durant toute la période d'étude allant de 2011 à 2015. Les résultats obtenus au niveau des vingt et une stations a permis la récolte de 60645 individus répartis en 28 espèces et 10 familles qui sont les Helicidae, Hygromiidae, Subulinidae, Cochlicellidae, Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, pomatiidae, Ferussaciidae et Sphincterochilidae. La famille des Helicidae est représentée par 8 espèces et *Cornu aspersum* l'espèce la plus représentative. Pour la famille des Hygromiidae, 10 espèces sont comptabilisées dont *Cerņuella virgata* avec 7333 individus est l'espèce la plus abondante. Il est à noter deux espèces pour les familles des subulinidae et des Cochlicellidae alors que, les autres familles sont représentées uniquement par une seule espèce chacune. L'étude des organes génitaux de *M. massylaea* (Morelet, 1851), espèce de type du genre *Massylaea* Möllendorff, 1898, a montré les mêmes caractères autapomorphiques que ceux considérés comme typiques pour *Eobania* P. Hesse, 1913. Ces résultats sont pleinement soutenus par l'analyse génétique utilisant deux marqueurs mitochondriaux et trois nucléaires. Ainsi, ce dernier genre doit être considéré comme un synonyme de l'ancien. Actuellement, trois espèces sont connues pour comprendre le genre, à savoir *M. massylaea*, *M. constantina* (E. Forbes, 1838) et *M. vermiculata* (O. F. Müller, 1774). Les préférences ou exigences écologiques des gastéropodes terrestres sont très différentes d'une espèce à l'autre. Ces derniers occupent une grande diversité d'habitat. Des variations considérables sont enregistrées suivant la diversité des altitudes, les saisons, le climat et la tolérance écologique. Le gradient altitudinal est un important facteur pour la distribution des espèces d'escargots terrestres. Les facteurs édaphiques (le pH, le calcaire et la matière organique) ont montré une influence considérable sur la répartition, l'abondance et la densité des escargots dans les sites explorés.

**Mots clés :** Escargots terrestres, Kabylie, Diversité, Habitat, Climat.

## Abstract

The malacology in Kabylie presents a large field of exploitation, why a qualitative and quantitative snail inventory is based to a transect from the sea to the mountain for characterize the specific richness of the terrestrial gastropods of the Tizi-Ouzou region according to the different topographical, edaphic and climatic characteristics. Three sampling methods are adopted, hunting at sight in the favorable biotopes and rather by soft in wet and humid weather for large land snails, while the smallest are looked for by sieving of the litter and also by the installation of traps. Sampling is carried out at twenty-one stations, twice a month for each station, throughout the study period from 2011 to 2015. The results obtained at the twenty-one stations allowed the harvest of 60645 individuals divided into 28 species and 10 families which are Helicidae, Hygromiidae, Subulinidae, Cochlicellidae, Oxychilidae, Enidae, Oleacinidae, pomatiidae, Ferussaciidae and Sphincterochilidae. The Helicidae family is represented by 8 species and *Cornu aspersum* is the most representative species. For the family Hygromiidae, we counted 10 species of which *Cerņuella virgata* is the most abundant species with 7333 individuals. However, there are two species for the families of subulinidae and Cochlicellidae, whereas the other families are represented by only one species each. The study of the genital organs of *M. massylaea* (Morelet, 1851), species of the genus *Massylaea* Möllendorff, 1898, showed the same autapomorphic characters as those considered typical for *Eobania* P. Hesse, 1913. These results are fully supported by genetic analysis using two mitochondrial and three nuclear markers. Thus, the latter kind must be considered as a synonym for the old. Currently, three species are known to understand the genus, namely *M. massylaea*, *M. constantina* (E. Forbes, 1838) and *M. vermiculata* (O. F. Müller, 1774). The ecological preferences or requirements of terrestrial gastropods are very different from one species to another. These occupy a great diversity of habitat. Considerable variations are recorded according to the diversity of altitudes, seasons, climate and ecological tolerance. The altitudinal gradient is an important factor for the distribution of terrestrial snail species. Edaphic factors (pH, limestone and organic matter) showed considerable influence on the distribution, abundance and density of snails in the explored sites.

**Keywords:** Land snails, Kabylia, Diversity, Habitat, and Climate.