

République Algérienne Démocratique et Populaire.
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.



UNIVERSITE de TLEMCEEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Laboratoire de physiologie, physiopathologie et biochimie de la nutrition (PpBioNut)

Département : Biologie

MEMOIRE

Présenté par

Ibtissam BOUCHIBA

Rafaa METAHRI

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER Académique.

Spécialité : Génétique.

Thème:

**Caractérisation morphométrique et phénotypique
des escargots terrestres en Algérie**

Soutenu le 20/09/2020, devant le jury composé de :

Qualité	Nom	Grade	Université
Président	GAOUAR S.B.S	Professeur	Abou Bekr-Belkaid .Tlemcen
Encadreur	AMEUR AMEUR. A	M.C.A	Abou Bekr-Belkaid .Tlemcen
Examineur	AZZI.N	MAA	Abou Bekr-Belkaid .Tlemcen

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

Ce travail est l'aboutissement d'un dur labeur et de beaucoup de sacrifices; nos remerciements vont d'abord au Créateur de l'univers qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien cette année d'étude.

Nous tenons à remercier notre responsable de la spécialité « Génétique » **Pr. GAOUAR Semir Bachir Suheil** pour tous les efforts qu'il a fourni durant notre parcours universitaire et pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter nos réflexions, pour tout ce qu'il a pu nous apprendre ; qu'il trouve ici l'expression de notre profonde et sincère reconnaissance.

Je désire aussi remercier notre encadreur **Dr. AMEUR AMEUR Abdelkader**, professeur à l'université Abou Bekr Belkaid de nous avoir encadré, orienté, aidé et conseillé et pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche son exigence nous a grandement stimulé.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs intervenant et tous les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions.

A **Dr. AZZI Noureddine** professeur dans le département d'Agronomie à l'Université de Tlemcen pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner notre travail pour sa gentillesse, sa disponibilité et ses multiples services.

A Madame **Damerdji. Amina** qui nous a beaucoup appris sur l'identification, elle a partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu tout en nous accordant sa confiance.

A **Mr. Labbaci Madani** notre co-encadreur pour son aide et son soutien inconditionnel et son encouragement.

Au ministre de l'Agriculture **Cherif OMARI** pour l'opportunité qu'il nous a donnée pour réaliser notre projet et mettre en valeur notre étude.

A **Mustafa ROBAINÉ** le président de l'organisation nationale des entreprises et de l'artisanat pour sa grande générosité et ses efforts lors de notre travail au niveau de la wilaya d'Alger.

A madame **METAHRI Ibtissem** présidente de l'organisation nationale des entreprises et de l'artisanat au niveau de Tlemcen pour les aides et les services qu'elle a fait pour nous voir réussir.

A toute l'équipe de **l'ADSA** au niveau de la wilaya d'Alger qu'ils nous ont tellement aidé en nous accompagnant lors de nos sorties sur le terrain.

A notre ami **Younes SOUALEM** pour ses multiples services et son aide précieuse.

A notre frère ***Cherif BOUCHIBA*** pour son aide dans la collecte des échantillons en nous accompagnons lors de nos sorties sur terrain.

A notre collègue ***Hamza BOURI*** qui a contribué à la réussite de notre travail en nous mettant en contact avec des éleveurs tu es plus qu'un collègue tu es un frère.

A Mr ***Abd Elkrim REBBAHI*** pour son aide, ses informations et sa générosité.

A Mr ***El Hadi*** pour ses multiples aides et efforts à Naama.

Ainsi nous remercions notre ami ***Hadi Yousouf HADDAM*** pour sa disponibilité, ses conseils et ses remarques nous n'oublierons jamais votre soutien.

A madame ***Wahiba BOUCHIBA*** notre sœur qui nous a tenu accompagnée tout au long de notre travail, les efforts qu'elle a fait pour nous resterons à jamais gravés dans notre mémoire.

Ainsi nous remercions tous nos amies ; ***Leila BERREZOUG*** et ***Nour El Houda HEDEILI*** qu'elles nous ont soutenus, supporté et aidé pendant la réalisation de notre thèse, merci pour tout.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A nos chers parents ; **Mohammed**METAHRI,**Bachir**BOUCHIBA,**Rabia** BENGRINE et **Fatiha** BELAIDOUNI pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études.

A nos chères sœurs**Sonia**, **Ibtissem**, **Ghizlen**,**Bahidja** , **Nabila** , **Fatiha** , **Aicha** ,**Wahib**pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A nos chers frères,**Cherif**,**Samir**, **Tarik** et **Djawed**pour leur appui et leur encouragement.

A nos chères nièces,**Wafaa**, **Ines**, **Rawnak**, **Nihed**, **Shahinez**, **Arwa** ,**Riheb** , **Ritej** et **Riheb** .

A nos chers neveux, **Mohammed**, **Cherif**,**Bachir**,**Chakib**,**Mouad**,**Chokri**, **Louai**,**Abdellah**,**Sofiane**, **Assoumi** ,**Djassim** et **Wail**.

A mon frère **Sofiane**, décédé trop tôt, aqui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une sœur qui a toujours priée pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A nos chères grandes mères ; **Aicha** et **Amaria** qui nous a quittés récemment, vous n'êtes plus présentes parmi nous aujourd'hui mais vous resterez à jamais vivante dans nos cœurs.

A mon cher oncle **Tayeb**, tes bonnes paroles et tes invocations ont illuminés mon chemin, dommage que tu n'es plus avec nous.

A toutes nos familles pour leurs soutiens tout au long de notre parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour nous.

Sommaire

Introduction	13
Générale	13
Chapitre I.....	18
Généralité sur les escargots	18
1.1 Evolution des recherches sur l'escargot <i>Helixaspersa</i> au cours de la période 1980-1990 ..	20
1.2 Les espèces les plus connus dans le monde	20
<i>Helix aspersa</i> est un escargot très répandu sur la façade méditerranéenne algérienne, son aire de répartition éco biogéographique s'étend a toute l'Afrique du nord et en Europe ; l'espèce a été décrite par le zoologue Danois Otto Friedrich Müller en 1774.....	20
1.3 Distribution géographique	20
1.4 Répartition	22
1.5 Position systématique des escargots	22
1.6 Principales espèces commercialisées.....	23
Chapitre II	24
Description de l'escargot	24
2. Anatomie	25
2.1 La coquille.....	26
2.2 Reproduction	27
Les pulmonés sont hermaphrodites, males et femelle pour un même individu. 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.	27
3. Aspect zootechnique de la production.....	28
3.1 Système d'élevage des escargots.....	28
3.1.1 À l'extérieur	29
3.1.2 À l'intérieur	29
3.1.3 À l'intérieur et à l'extérieur.....	29
3.2 Facteurs environnementaux.....	30
3.2.1 Humidité.....	30
3.2.2 Température.....	30
3.2.3 Lumière	31
La lumière influence le comportement des escargots en conjonction avec les saisons de l'année, donc C'est un facteur important qui doit également être contrôlé. De nombreuses années d'observation et de recherche par d'éminents professeurs et zoologistes ont déterminé les régimes de lumière ainsi que les niveaux de température et d'humidité pour les processus de reproduction. Ce tableau représente une formule éprouvée pour les conditions atmosphériques optimales utilisées dans la reproduction.(Murphy ,2001).....	31
3.2.4 Régulation de l'humidité dans l'environnement reproducteur.....	31
3.2.5 Régulation de la température dans l'environnement reproducteur	31

3.2.6 Contrôle de l'éclairage dans l'environnement reproductif.....	32
4.Production	32
4.1La ponte.....	32
4.2 Incubation, éclosion	32
4.3Consommation	33
5.Contraintes zootechniques.....	33
5.1 Problème de production	33
5.2 Prédateur.....	34
5.3Les maladies.....	34
5.4 Mortalité chez les escargots	36
6. Economique et commercial	38
6.1 Circuit de la production et commercialisation d'escargot.....	38
6.1.1 Marché international.....	38
6.1.2 Marché national.....	38
7.Exportation.....	42
7.1Cuillette et purge des escargots pour le marché.....	42
Chapitre III.....	44
Les ressources génétiques d'escargot	44
8. Caryotype	45
Trois espèces des familles <i>Viviparidae</i> et <i>Pleuroceridae</i> , premier hôte intermédiaire de la paragonimie, de la métagonimie et de l'échinotomie ont été étudiées cytologiquement. Le nombre de chromosomes diploïdes observé était le suivant : <i>Semisulcospira libertina</i> 36, <i>S. dolichostoma</i> 34, et <i>Viviparusrivularis</i> 64. Le complément chromosomique mitotique de <i>S. libertina</i> a neuf paires métacentriques et neuf paires submétacentriques, et <i>S. dolichostoma</i> a trois paires métacentriques et 14 paires submétacentriques de chromosomes. <i>Viviparusrivularis</i> a montré deux paires métacentriques et 30 paires submétacentriques de chromosomes.....	
8.1.Génétique de la couleur de la peau de l'escargot	45
8.2Génétique et spéciation des escargots	46
8.3Migration	47
8.4L'hermaphrodisme	48
8.5Amplitude et déterminants de la dispersion :	50
8.6 Controverse des escargots	51
8.7.1 Quelques méthodes de Caractérisation des animaux d'élevage.....	53
8.7.2Quelques méthodes moléculaires pour la caractérisation.....	54
8.8 Variation interspécifique de la coquille	59
Chapitre IV : Les ressources zoo génétiqueset valorisation d'espèce escargot	60
9.Dans le monde.....	61
9.1Importance d'identification des mollusques.....	61
9.1.1 Conservation des espèces menacées.....	61
9.1.2 Le rôle de l'Association nationale des producteurs d'escargots en Italie	61
9.1.3Potentiel de « production de pâturages » d'escargots comestibles en Italie	62

10.En Algérie	62
10.1Héliciculture en Algérie	62
10.1.1Quelques exemples d'héliculteurs en Algérie	63
10.2 Caractéristique de l'élevage et état socio-économique de l'éleveur	64
10.2.1Choix du site et structure du sol	64
10.2.2Préparation du site.....	65
10.2.3Plantes adaptées à la croissance des escargots	65
10.3Intérêt thérapeutique pour l'escargot	66
10.4 Intérêt éco toxicologique de l'escargot :	67
Matériel et méthodes	68
1. Zone d'étude.....	69
1.1 Présentation de la zone d'étude.....	69
1.2. Présentation des wilayas étudiées.....	70
1.3 Etude climatique des régions étudiées.....	71
1.4 Variables étudiées.....	74
2. Extraction d'ADN mitochondrial.....	76
2.1 Préparation des échantillons.....	76
3. Matériel utilisé.....	77
4. Identification	78
Résultat et Discussion.....	80
I.Résultats	81
1.Mensurations corporelles	81
1.1. Analyse descriptive	81
1.2 Variationdes variables selon l'espèce.....	81
1.4 Variation des individus.....	86
2.Caractères phénotypiques.....	90
2.1 Analyse descriptive	90
II. Interprétation.....	95
II.1 Identification.....	95
II.2 Interprétation des résultats quantitatifs.....	102
II.3 Interprétation des résultats Qualitatifs	103
Conclusion et perspectives.....	105
Références bibliographiques	106
Annexes1	109
Annexes2	110

Liste des figures

Figure 1 : timbre d'escargot (Poste DZ, 2003).....	19
Figure 2: répartition de pomatias elegans en Europe(Kerney et Cameron ,2006)	21
Figure 3 : Anatomie de l'escargot (site3,2018).....	25
Figure 4 : Anatomie de l'escargot <i>Crypomphalus aspersus</i> ,(Kerneyet Cameron ,2006).....	25
Figure 5 : Nomenclature le da coquille (<i>helix aspersa</i>)(Murphy ,2001).....	27
Figure 6: Le riccadoella de l'escargot (site3,2007).....	35
Figure 7 : l'hypo aspis miles (site3,2007).....	35
Figure 8: ponte avec développement de mycoses(site3)	35
Figure 9 : ponte desséchée (les œufs se rétractent) (site3,2007)	35
Figure 10 : une ponte normale (site3,2007)	36
Figure 11 : Des œufs d'escargot transparents (à jeter)(site3 2007)	36
Figure 12 : La maladie des 90 jours (site3.2007)	36
Figure 13 : Marché d'oran .(site4, 2020).....	39
Figure 14 : Gravure tirée de la fable de Marcus Gheeraerts intitulée « Pridecomesbefore a fall »(Edmund ;2006).....	48
Figure 15 : Accouplement de deux escargots des haies (<i>Cepaea nemoralis</i>) .(Kimura,1983) .	51
Figure 16 : Enclume à grives. .(Kimura,1983).....	52
Figure 17 : Carte géographique des wilayas visitées	69
Figure 18 : Maghnia (originale,2020)	72
Figure 19 : El Fhoul (originale,2020	72
Figure 20 : Ain Youcef(originale,2020).....	72
Figure 21 : Bouchaoui(originale,2020)	72
Figure 22 : Annaba(originale,2020)	73
Figure 23 : El Kasdir(originale,2020)	73

Figure 24 : Naama(originale,2020).....	73
Figure 25 : Djebel El Ouahch(originale,2020).....	73
Figure 26 : Marché de Remchi(originale,2020).....	74
Figure 27 : Marché de Maghnia(originale,2020).....	74
Figure 28 : Marché de Ain Youcef (originale, 2020).....	74
Figure 29: Marché de Tlemcen(originale,2020).....	74
Figure 30 : Mesure de poids(originale,2020).....	75
Figure 31 : Mesure de longueur et largeur de la coquille (originale,2020).....	75
Figure 32 : Mesure de la hauteur de la coquille (originale,2020).....	75
Figure 33 : Trousse de dissection (originale,2020).....	76
Figure 34 : Extraction de la chair (originale,2020).....	76
Figure 35 : Coupure de tissu musculaire (originale,2020).....	77
Figure 36 : Suspension de l'éthanol(originale,2020).....	77
Figure 37 : Disposition de l'éthanol dans les Ependofes (originale,2020).....	77
Figure 38 : Balance électronique (originale, 2020).....	78
Figure 39 : présentation des mensurations corporelles par ACP chez la population d'escargot	87
Figure 40 : Arbre hiérarchique en utilisant la distance moyenne (entre classes) chez la population d'escargot terrestre.	88
Figure 41 : présentation des individus de la population d'escargot par ACP	89
Figure 42: Diagramme de la couleur de la chair dans les wilayas visitées	90
Figure 43 : Diagramme de la couleur de la coquille dans les wilayas visitées	91
Figure 44: diagramme des espèces selon les régions étudiées	93
Figure 45: <i>Otala punctata</i> (originale,2020)	95
Figure 46: <i>Helix aspersa</i> (originale,2020)	96

Figure 47: <i>Helix aperta</i> (originale,2020)	96
Figure 48: <i>Helix pomatia</i> (originale,2020).....	96
Figure 49: <i>Gllandia annularis</i> (originale,2020).....	97
Figure 50 : <i>Pseudotachea splendida</i> (originale,2020)	97
Figure 51 : <i>Helicella itala</i> (originale,2020).....	97
Figure 52 : <i>Cepea sylvatica</i> (originale,2020)	98
Figure 53: <i>Eobania vermiculata</i> (originale,2020).....	98
Figure 54: <i>sphincterochila boissieri</i> (originale,2020).....	98
Figure 55: <i>Cepea nemoralis</i> (originale,2020).....	98
Figure 56: <i>Theba pisana</i> (originale,2020).....	98
Figure 57: <i>Cryptomphalus aspersus</i> (originale,2020).....	99
Figure 58: <i>Arianta arbustorum</i> (originale,2020).....	99
Figure 59: <i>Cepea hortensis</i> (originale,2020).....	100
Figure 60: Plat d'escargot à Tlemcen (originale ,2020).....	100

Liste des tableaux

Tableau 1: les conditions atmosphériques optimales utilisées dans la reproduction (Murphy ;2001)	31
Tableau 2 : L'Est Algérien (Wilaya avec communes)	70
Tableau 5 : Températures et pluviosités annuelles des wilayas étudiées	71
Tableau 6 : Variation de la hauteur de coquille selon l'espèce	82
Tableau 7 : Variation de longueur de la coquille selon l'espèce	82
Tableau 8 : variation de la largeur de la coquille selon l'espèce.....	83
Tableau 9 : variation du poids selon l'espèce.....	83
Tableau 10 : Variation de la hauteur de la coquille selon la région	84
Tableau 11 : variation de la longueur de la coquille selon la région.....	84
Tableau 12 : variation de la largeur de la coquille selon la région.....	85
Tableau 13 : variation de poids selon la région.....	85
Tableau 14 : valeur propre de l'ACP.....	86
Tableau 15 : classification des escargots par ACP.....	89
Tableau 16: Test d'indépendance entre région et CC	91
Tableau 17 : Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Région / (CCH)).....	92
Tableau 18: Indice de Shanon et Weaver	94

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

ACP :Analyse en Correspondances Principales.

ACM :Analyse des Composantes Multiples.

ADN :Acide Désoxyribonucléique.

ARN : Acide ribonucléique.

AT :Adénine Thymine.

C° : Celsius

CC : Couleur de la coquille.

CCH : Couleur de la chair.

CCI : Chambre de commerce et d'industrie.

DHPLC: Denaturing high-performance liquid chromatography.

DP : Distance parcourue.

DSA : Direction des services agricoles.

DTP : Distance totale.

ES : Erreur standard.

EST : Etiquette séquentielles d'expressions.

FAO :Food and Agriculture Organization.

GENIES : Genomic evolution in ecological speciation.

HC :Hauteur de la coquille.

HET :Hétérozygotie.

HWE : Equilibre de Hardy weinberg.

Kb : kilo-base.

LC : Longueur de la coquille.

LGC : Largeur de la coquille.

Max : Maximale.

Min : Minimale.

NADH : Dicotinamide adénine dinucléotide.

Pb :Paire de bases.

PCR :Polymerase Chain Reaction.

RAPD : Random Amplified Polymorphic DNA.

SNP : Single-Nucleotide Polymorphism.

SSCP : Single-Started coformational polymorphism.

UICN :Union internationale pour la conservation de la nature.

UE :Union Européen.

Introduction Générale

Introduction générale

La biodiversité est nécessaire pour produire de façon durable suffisamment d'aliments nutritifs malgré les obstacles comme le changement climatique et l'accroissement démographique joint à des habitudes alimentaires en évolution. La production doit non seulement fournir la quantité de nourriture ou de calories requise, mais également riche en nutriments (vitamines, minéraux et autres micronutriments). Dans les écosystèmes, le maintien de la diversité biologique est important non seulement pour la production alimentaire, mais également pour préserver les fondements écologiques nécessaires pour assurer la vie et les moyens d'existence en milieu rural. **(FAO,2016)**

Certains services éco systémiques sont plus faciles à apprécier que d'autres. Ce que nous consommons directement comme les aliments et les matières premières sont valorisées sur les marchés d'autres comme le control biologique , la pollinisation et le cycle de nutriments jouent des rôles de suivi essentiel mais ne sont pas aussi faciles à valoriser ce manque d'appréciation menace le maintien de ces services notre capacité de bénéficier des services écosystémique dans l'avenir dépend essentiellement de notre compréhension, appréciation et gestion de ces services.**(FAO, 2016).**

Pour l'homme, l'escargot est un animal ambivalent, à la fois répulsif et familier, dont l'animalité même peut être mise en question. C'est aussi un organisme paradoxal qui compense fréquemment sa lenteur proverbiale par une dispersion passive redoutable. Les comportements réciproques de l'homme et des escargots sont à l'origine des processus de dispersion les plus efficaces, localement et au niveau planétaire. Depuis le Néolithique, dans le Midi de la France comme dans l'ensemble du Bassin méditerranéen, ces espèces transportées par l'homme, par ses animaux domestiques ou avec ses marchandises, l'accompagnent ensuite dans ses activités agro-pastorales et domestiques. Une fois introduites, les différentes espèces connaissent des fortunes diverses, entre rareté et foisonnement, entre colonisation éphémère et établissement durable. La dynamique des espèces est parfois liée à celle des populations humaines, à leurs pratiques et aux modifications du paysage qui en résultent. Souvent manipulées par l'homme, elles participent d'une façon ou d'une autre de sa culture (littéraire, artistique, culinaire, symbolique, folklorique...), avec des représentations variées. Elles peuvent passer inaperçues (espèces de très petite taille), être totalement intégrées au point de faire oublier leurs origines (espèces édules ou de compagnie), se faire remarquer par leur invasion (pestes) ou, au contraire, alarmer par leur rareté (espèces patrimoniales). Selon les lieux, les époques, les usagers de

l'environnement concernés, les espèces synanthropiques introduites laissent indifférent ou bien suscitent des intentions — voire des actions — d'éradication, de conservation, ou même de réintroduction. **(Frédéric et Sophie,2011).**

Les escargots ont été mangés par les humains depuis des milliers d'années. Aujourd'hui, ils sont consommés par des millions de personnes dans le monde entier. Les escargots comme source de nourriture sont actuellement utilisés en Australie.

Il est dévoré à travers le monde et de nombreux pays ont de grands marchés internes et beaucoup d'entre eux exportent ce produit à ceux qui ne produisent pas d'escargots pour leurs propres marchés intérieurs. La France, l'Italie et de nombreux pays européens produisent et exportent des escargots en quantités mesurées par tonne. La Chine et d'autres pays asiatiques cultivent et produisent également des escargots en grand nombre et exportent leurs produits partout dans le monde, y compris en Australie. L'Amérique du Nord et l'Amérique du Sud ont maintenant établi des fermes commerciales haut de gamme restaurant prêt escargot pour leurs propres marchés domestiques. L'industrie étend également sa rentabilité du marché en offrant des informations techniques sur la façon de cultiver, de produire et de commercialiser les escargots. Ils fournissent également l'équipement et les matériaux nécessaires à l'établissement d'une ferme commerciale d'escargots, y compris les escargots nécessaires pour démarrer le nouvel agriculteur d'escargots sur son chemin vers l'indépendance financière. Les avantages économiques obtenus par ces pays leur ont donné la capacité de générer des revenus calculés en millions de dollars.

Depuis des milliers d'années, les escargots comestibles ont une place au menu dans différents pays européens, mais c'est en France que l'on pense quand quelqu'un mentionne Escargot, où les escargots sont consommés en grande quantité. Cependant la culture de l'escargot n'est pas originaire du pays mentionné ci-dessus, pour Pline l'ancien nous dit qu'un certain Fulvius Hirpinus a d'abord institué escargots conserves à Tarquinium, une ville toscane non loin de Rome à environ 50 avant JC. L'introduction de l'escargot comme source de nourriture en France s'est faite de manière plutôt aléatoire. Les négociants français qui se rendaient chaque année en Bourgogne pour acheter des voyages devaient les auberges locales où ils étaient fréquemment servis escargots qui avaient été vignobles environnants, C'était pour eux un plat inhabituel mais savoureux et a été commenté par les marchands quand ils sont retournés chez eux à Paris. Vers 1850 le commerce en Bourgogne des escargots a été considérablement augmenté avec l'avènement du chemin de fer car ils pouvaient maintenant

être transportés de plus grandes distances alors qu'encore frais. De nouveaux marchés se sont ainsi développés en France, en Italie et en Espagne. Il existe aujourd'hui des élevages d'escargots dans presque tous les pays du monde (**Murphy ;2001**)

Actuellement, les recherches se poursuivent, tant au laboratoire de Zoologie et d'Ecophysiologie de l'Université de Rennes qu'au Domaine INRA du Magneraud. Elles concernent tout particulièrement la nutrition, l'hibernation, l'œuf et le développement embryonnaire, la génétique et le matériel d'élevage. En 1990, la France a produit environ 300 tonnes d'escargots. Des héliciculteurs vivent actuellement de leur élevage. L'héliculture n'est plus une utopie, mais une réalité. Cette réussite est due avant tout à la collaboration étroite entre les chercheurs de divers organismes (Universités, INRA), les responsables des Instituts Techniques, les diverses administrations et les professionnels. Enfin, si l'on considère la conchyliculture dans son ensemble, on peut affirmer que, si l'élevage des mollusques bivalves (ostréculture, mytiliculture, vénériculture) domine largement ce secteur, dans un avenir proche la production des gastéropodes, réduite actuellement à celle des ormeaux, va se développer rapidement avec l'héliculture. Cette nouvelle production nécessite encore beaucoup de recherches, tant sur la connaissance de l'animal que sur l'aménagement des structures d'élevage. De nombreux pays s'intéressent de très près à cette activité. (**Jean et al, 1990**).

L'héliculture est donc une activité qui favorise les circuits courts avec des ventes du producteur au consommateur, et qui permet de développer une économie rurale et locale. L'élevage est également une activité qui préserve les ressources naturelles et les espèces locales, en voie d'extinction., et une solution qui permet de préserver le milieu naturel et les espèces sauvages(**site1**). La bave d'escargot est considérée comme une véritable merveille de la nature aujourd'hui elle révolutionne le milieu des produits cosmétiques et soins pour la peau ; conséquence directe le prix de bave est en hausse sur le marché tout comme les produits qui en contiennent autant de raisons et sa qui nous amènent explorer ce secteur (**site2**).

L'objectif principale de ce travail est l'identification et la caractérisation des populations locales des escargots dans l'Algérie, par une étude morpho métrique et zootechnique des escargots, ceci par :

1. Développement de la situation de l'Algérie envers l'héliciculture en mettant à la disposition des héliculteurs l'intérêt des escargots dans les marchés et la bénéfice financière qu'il peuvent avoir à partir de ses chairs et ses œufs.
2. Evaluer le circuit de la commercialisation nationale des escargots.
3. Exploration dans la bave pour la production des produits cosmétiques en raison de son prix dans le marché.

Chapitre I

Généralité sur les escargots

Les limaces et escargots terrestres constituent une petite partie du grand phylum animal que constituent les mollusques avec environ 80 000 espèces il est, numériquement, le second du règne animal après les arthropodes qui incluent les insectes, les arachnides et les crustacés. La taille et la morphologie des mollusques varient considérablement, mais ils possèdent en commun quelques caractères qui permettent de les reconnaître aisément des autres invertébrés : pied constitué de muscles, manteau recouvrant les organes internes et généralement mais pas toujours. Une coquille recouvrant tout ou partie du corps.

Les limaces et escargots appartiennent tous à la classe des gastéropodes, avec un pied bien développé et, primitivement, une seule coquille enroulée dans laquelle l'animal peut se rétracter. Les autres mollusques appartiennent à plusieurs autres classes incluant les bivalves (Moules, Huitres, ect.). Les Céphalopodes (Poulpes, Seiches, Calamars), les Scaphopodes (Dentales) et les Amphineures (chitons). Tous sont complètement aquatiques, à l'exception des Gastéropodes, dont la grande majorité sont marins.

Originellement, tous les gastéropodes possèdent une coquille et des branchies et sont aquatiques. Au cours de leur évolution, des espèces ont perdu tout ou partie de ces caractères (Kerney et Cameron, 2006)



Figure 1: timbre d'escargot (Poste DZ, 2003)

1.1 Evolution des recherches sur l'escargot *Helixaspersa* au cours de la période 1980-1990

En 1980, les connaissances sur l'escargot petit -gris (*Helixaspersa* Muller) étaient très rudimentaires. Des études avaient été réalisées sur son anatomie, la structure et le fonctionnement de la gonade et du tractus génital, le fonctionnement du rein et , enfin , les physiologies nerveuses et cardiaque .Par contre , peu de recherches avaient été effectuées dans le domaine de l'écologie et de l'écophysiologie de cette espèce.(**Site1,Jean et al, 1990**).

1.2 Les espèces les plus connus dans le monde

Hélix aspersa est un escargot très répandu sur la façade méditerranéenne algérienne, son aire de répartition éco biogéographique s'étend a toute l'Afrique du nord et en Europe ; l'espèce a été décrite par le zoologue Danois Otto Friedrich Müller en 1774.

- **Rumina decollata** : C'est un escargot brun des jardins, originaire d'Afrique du Nord. Certains lui donnent une origine asiatique, d'autres africaine et d'autres encore occidentale.Le plus gros spécimen ayant été ramassé dans la région de Touggourt. (Poste.DZ,2003)

1.3 Distribution géographique

Grace à ses pouvoirs adaptatifs aux variations climatiques, *Helixaspersa* est très commun ; se trouve dans ses zones habituelles de répartition : jardins, buissons, haies, champ, rochers, et vignobles, généralement, il est très commun au niveau de la région méditerranéenne, dans le monde, il se distribue selon l'Université de Flauride(2009) comme suit :

Afrique : le nord d'Afrique (Algérie) et Afrique du sud. Asie : Turquie, rives de la mer noir.
Pacifique : Australie (Queens land, Tasmanie), nouvelle Zélande. Europe : Grande-Bretagne (principalement les régions du sud et côtières), Belgique, France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Portugal, Espagne. Îles : les Canaries, Haïti. Amérique du nord : Mexique, Etats-Unis. Amérique du sud : Argentine, Chili.(**ABDALKADER,2019**).

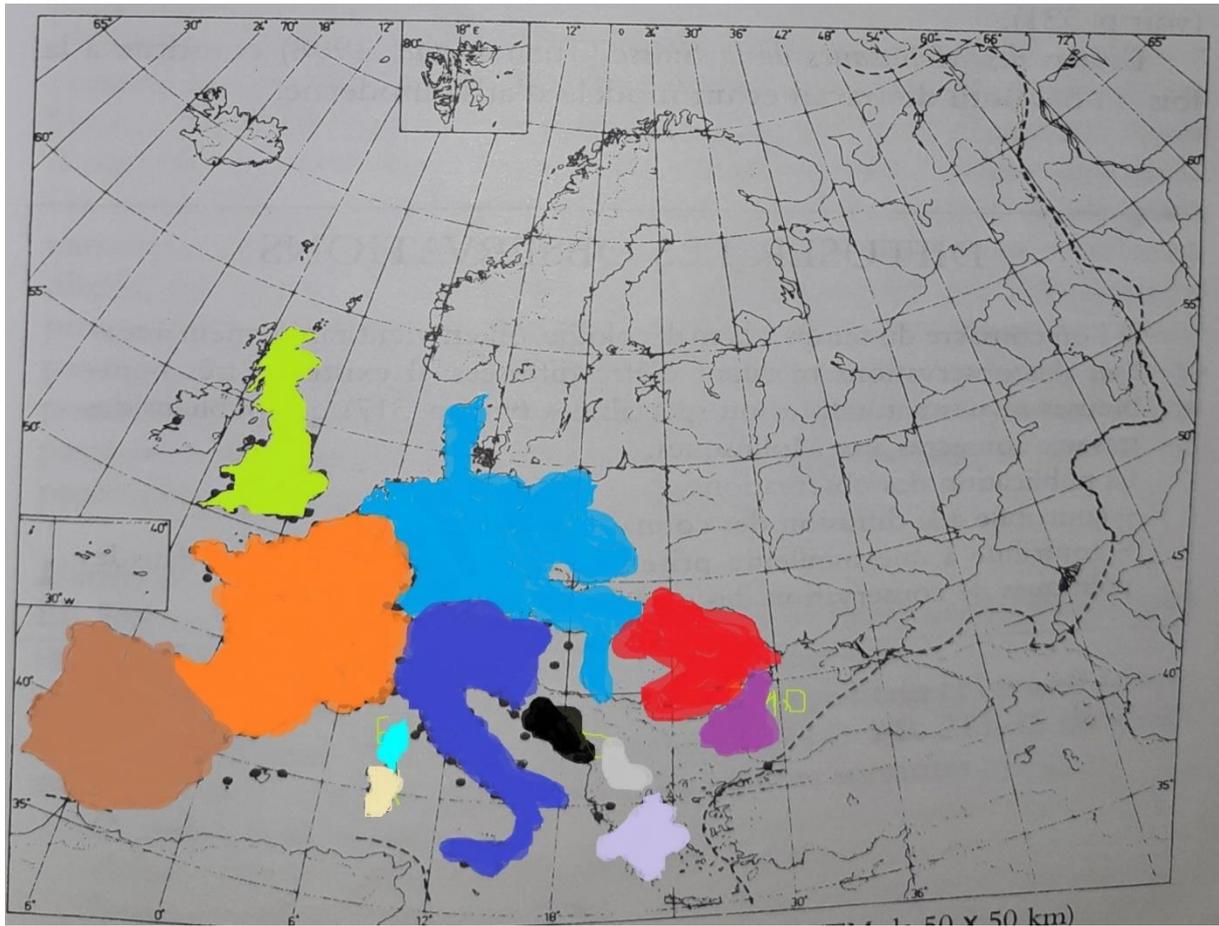


Figure 2: répartition de pomatias elegans en Europe(Kerney et Cameron ,2006)

- | | |
|--|--|
|  <i>ROYAUME UNI</i> |  <i>Croatie, Bosnie</i> |
|  <i>Allemagne</i> |  <i>ROUMANIE</i> |
|  <i>France</i> |  <i>UKRAINE</i> |
|  <i>Espagne</i> |  <i>Grèce</i> |
|  <i>Italie</i> |  <i>Serbie</i> |
|  <i>Corse</i> | |
|  <i>Sardaigne</i> | |

1.4 Répartition

De nos jours, le petit-gris est présent à travers le monde, majoritairement sous des climats méditerranéens et tempérés (océanique et semi-continentale), mais également subtropicaux. Cette répartition très large cache en fait une histoire complexe, fondée sur de nombreuses introductions. L'origine nord-africaine du petit-gris est aujourd'hui acquise. Les populations de l'ouest du Maghreb sont très différenciées génétiquement des populations plus orientales, une séparation probablement due à une succession d'évènements géomorphologiques et climatiques dans la région. La quasi-totalité des populations hors d'Afrique du Nord descendent de la lignée dite « occidentale » de *Cornu aspersum*, qui a colonisé l'Europe depuis cette zone après le dernier maximum glaciaire. Dans le reste du monde, l'espèce a été introduite à partir du 17^{ème} siècle, souvent volontairement comme source de nourriture, parfois involontairement avec d'autres marchandises. Guiller et al. (2012) ont montré que l'introduction en Californie a joué un rôle de « tête de pont » pour de multiples introductions dans les Amériques et au-delà, et que certaines populations invasives, comme en Nouvelle-Zélande, étaient issues de plusieurs évènements d'introduction successifs. Dans de nombreuses régions où le petit gris a été introduit et s'est répandu, il est considéré comme une espèce invasive et un redoutable ravageur de cultures. C'est le cas en Californie, où il colonise les vergers d'agrumes, ainsi qu'en Afrique du Sud, Australie et Nouvelle-Zélande, où il prolifère aux dépens des vignes locales (Maxime, 2015).

1.5 Position systématique des escargots

- Embranchement : Mollusques
- Classe : Gastéropodes Animaux présentant une torsion de la masse viscérale par rapport au céphalopodium.
- Cette torsion de 180° engendre une asymétrie plus ou moins prononcées de l'organisation, et ses effets, inégaux selon les groupes ou les espèces, confèrent à la classe une individualité remarquable.
- Sous-classe : Pulmonés Animaux dont le système nerveux n'est pas croisé en 8, et qui possèdent une respiration pulmonaire. Ordre : Stylomatophores.
- Super-famille : Helicacea.
- Famille : Helicidae.
- Sous-famille : Helicinae.

- Genre : *Helix* (MICHEL, 1979).

1.6 Principales espèces commercialisées

2. *Helix pomatia* Linné, appelé communément :
3. Escargot de Bourgogne, *Helix vigneronne*, Gros blanc.
4. *Helix aspersa* Müller, appelé communément : Escargot Petit gris, escargot chagriné, cagouille.
5. *Helix aspersa maxima* Taylor : Escargot Petit-gris géant, escargot Gros-gris.
6. *Helix lucorum* Linné : Escargot Turc.
7. *Helix adanensis* Kobelt : Escargot d'Adana.
8. *Helix cincta* Müller : Escargot de Vénétie. (MICHEL, 1979).

Chapitre II

Description de l'escargot

2. Anatomie

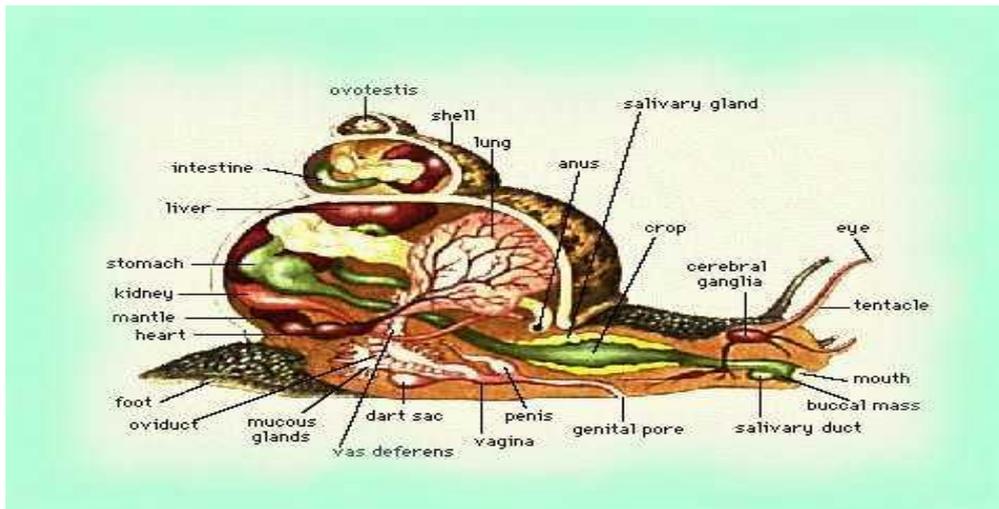


Figure 3 : Anatomie de l'escargot (site3,2018)

Les escargots terrestres sont hermaphrodites ; leur corps, asymétrique, est recouvert de mucus. La cavité pulmonaire, vascularisée, est l'organe respiratoire, et comporte une ouverture sur le côté droit du corps (pneumotome). La masse viscérale est souvent enfermée dans une coquille hélicoïdale dure. La tête, bien développée, porte 2 paires de tentacules rétractiles, 2 courts et 2 longs, ces derniers se renfermant par un œil simple. Le pied, qui est musculueux, large et aplati, sert d'organe de propulsion, l'animal glissant sur un tapis de mucus (David, 1994).

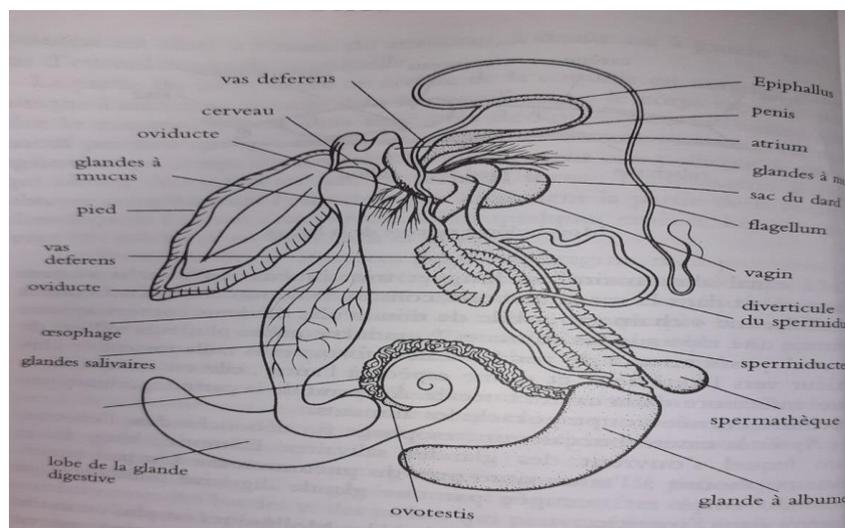


Figure 4 : Anatomie de l'escargot *Crypomphalus aspersus*, (Kerneyet Cameron ,2006)

2.1 La coquille

La coquille est un cône concave calcaire enroulé dans le sens horaire en trois ou quatre verticilles. La coquille est recouverte d'un mince revêtement appelé cuticule ou périostracum qui lui donne sa couleur. La coquille est sécrétée par des glandes situées le long du bord du manteau, le tégument, qui recouvre la masse viscérale. Elle est composée de trois couches principales, le mince périostracum extérieur qui se compose d'un composé organique connu sous le nom de conchiolin, la deuxième couche beaucoup plus épaisse est composée de trois couches d'un carbonate de calcium cristallin basé sur une matrice organique. La couche la plus interne appelée nacre est la couleur nacre que l'on voit surtout en mollusques marins. La structure de la coquille est une toile protéique de 1-2 mm d'épaisseur qui est imprégnée de calcium carbonate (98-99%). Il a une ouverture, dont le bord est appelé le péristome, qui n'est pas si bien formé ni calcifié jusqu'à ce que l'escargot devienne un adulte. À l'âge adulte, cela forme un bord ou une lèvre. La coquille représente environ le tiers du poids total de l'escargot.

L'ouverture de la coque est parfois recouverte d'une membrane appelée opercule. Cette membrane peut être observée lorsque l'escargot est en période d'avestation (au repos) ou d'hibernation. Sa croissance n'est pas régulière ou même. La formation de la coquille elle-même est influencée par un nombre de facteurs.

Ces facteurs comprennent le type et la disponibilité des aliments, la température et l'environnement relatif, les hormones de croissance et la couleur(s) et la conception de base sont déterminées génétiquement. Des variations peuvent apparaître et seront influencées par l'apport alimentaire et la température, ainsi que la prédisposition génétique que l'éleveur d'escargots est capable de manipuler.

Les gros escargots accouplés avec d'autres gros escargots produiront des escargots encore plus gros. La coquille aussi indique l'âge de l'escargot et la maturité de l'animal lorsque l'escargot forme la lèvre ou le bord distinctif à l'avant de la coquille comme précédemment mentionné qu'il aura atteint une taille qui devient le maximum pour toute sa vie. Une fois cette lèvre observée, les escargots (coquille) ne grandiront plus (**Murphy, 2001**).

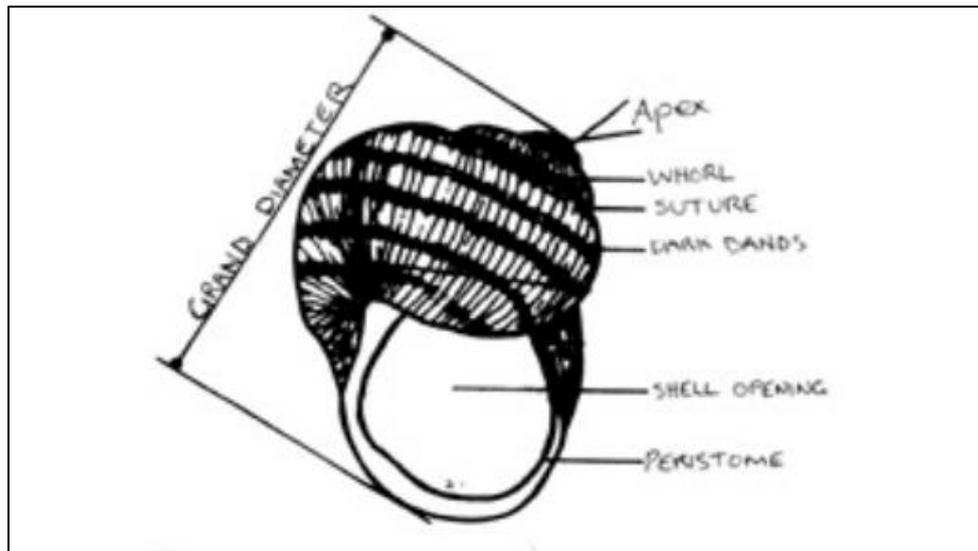


Figure 5 : Nomenclature le da coquille (*helix aspersa*)(Murphy ,2001).

Whorl : spirale ; Shell opening : ouverture de la coquille ; Grand diameter : grand diamètre

2.2 Reproduction

Les pulmonés sont hermaphrodites, mâles et femelle pour un même individu. 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.

Le système reproducteur commence par l'ovotestis (partie proximale) qui produit les œufs et le sperme. Ceux-ci traversent un canal commun vers la glande à albumen qui sécrète l'albumen des œufs, lequel servira d'aliment aux embryons. Ensuite, les œufs et le sperme utilisent des voies différentes ; les œufs par un oviducte large et lobé, le sperme par un canal séminal (vas déférents) qui est plus étroit que l'oviducte et situé contre lui. Les organes situés à partir de ce point et en aval jusqu'à l'orifice externe constituent la partie distale du système génital ; ce sont ces organes qui peuvent contribuer à l'identification des espèces.

Dans la partie mâle, le vas déférents devient libre sur une certaine longueur et débouche sur l'épi phallus est situé le pénis épais, musculeux et évaginable ; il débouche dans l'atrium, dernier organe du système. Le pénis est évaginé par la pression sanguine, mais est rétracté par un fort muscle rétracteur.

Dans la partie femelle, l'oviducte est prolongé dans le vagin qui débouche dans l'atrium. Au vagin sont reliées les glandes muqueuses, le sac du dard et la spermathèque. Le sac du dard, grand et musculueux, abrite le dard utilisé lors de l'accouplement.

L'accouplement est précédé d'une parade, durant laquelle les partenaires tournent l'un autour de l'autre, se touchant fréquemment et déposant du mucus en abondance. Durant l'accouplement, qui peut durer plusieurs heures, les animaux se positionnent de manière que les orifices génitaux soient contigus ; les pénis sont évaginés et introduits dans le vagin du partenaire. Le sperme est transféré à l'intérieur d'un spermatophore long et étroit, qui est élaboré dans le flagellum. Le spermatophore intact passe dans le diverticule de la spermathèque, ou il est cassé.

Le sperme libéré est conservé dans la spermathèques jusqu'à son utilisation. Pour la fécondation, le sperme migre dans l'oviducte ; la fécondation. Pour la fécondation, le sperme migre dans l'oviducte ; la fécondation des œufs se produit dans la région de la glande à albumen. Le sperme peut être conservé plus d'un an, mais la ponte des œufs intervient, habituellement, une quinzaine de jours après l'accouplement.

Les modalités de l'accouplement et l'anatomie décrite ci-dessus pour *Cryptomphalus asperus* sont très similaires pour les autres espèces, avec des variations en général faibles. Beaucoup d'espèces ne possèdent pas certaines ou la totalité des glandes accessoires (dard, sac du dard, glandes à mucus, diverticules, flagellum). quelques espèces ont plus d'un sac du dard et la forme, la taille des différents organes varient d'une espèce à l'autre ; aucune de nos limaces n'a de dard ou de sac, mais plusieurs espèces possèdent d'autres organes jouant le même rôle de stimulation. (Kerney et Cameron, 2006)

3. Aspect zootechnique de la production

3.1 Système d'élevage des escargots

Les producteurs d'escargots du monde entier ont expérimenté différents types de production pour un bon nombre d'années. La recherche du système qui intègre réduire au minimum la main-d'œuvre et accroître le rendement économique du montant des dépenses constamment à l'étude par les personnes directement impliquées dans l'élevage quotidien des escargots aux membres hautement qualifiés de la communauté scientifique. Trois systèmes sont actuellement utilisés :

3.1.1 À l'extérieur

Ce type d'élevage d'escargots est mené complètement à l'extérieur dans des parcs ouverts, les escargots sont placés dans des zones entourées de clôtures à l'épreuve des escargots. Les enceintes sont la végétation choisie pour son aptitude à l'alimentation des escargots. Les escargots sont laissés à se reproduire, à se reproduire et à croître presque sans surveillance jusqu'à la récolte. Ce système a été adopté par les Italiens et presque tous les escargots produits pour le marché sont ainsi élevés. Les exploitations italiennes d'escargots couvrent de très grandes superficies (2,5 hectares ou plus). La quantité de main-d'œuvre et de matériel est réduite au minimum et avantages par rapport aux autres types d'élevage d'escargots décrits ci-dessous. Malheureusement les escargots ne sont récoltés que pendant les quelques mois de la saison de croissance et la quantité de produit disponible sur le marché est limité. (Murphy, 2001)

3.1.2 À l'intérieur

Ce système intègre des bâtiments climatisés dans lesquels les escargots passent leur temps sous paramètres définis pour faciliter l'environnement optimal pour la reproduction des escargots et croissance. Les escargots sont nourris d'un mélange formulé préparé par les producteurs commerciaux d'aliments du bétail qui comprend : tous les besoins nutritionnels nécessaires à chaque étape du développement des escargots. L'élevage des escargots. À ce niveau nécessite un investissement en capital élevé au départ et les escargots et leur environnement. Besoin d'être surveillé en permanence en exigeant la présence de supervision humaine sept jours à semaine. La méthode de l'intérieur fait l'objet de nombreuses recherches en France depuis une vingtaine d'années. Ce type d'élevage d'escargots est né parce que les hivers dans l'hémisphère nord peuvent être tout à fait grave et la production d'escargots a cessé à ce moment. La culture des escargots à l'intérieur a permis à l'agriculteur de produire des escargots toute l'année et donc approvisionner les marchés avec le produit frais à la demande. (Murphy, 2001).

3.1.3 À l'intérieur et à l'extérieur

Comme son nom l'indique, ce système intègre certaines des pratiques de gestion des deux types d'élevage d'escargots mentionnés ci-dessus. La reproduction et l'environnement de la pépinière utilisent la méthode à l'intérieur, tandis que la phase de croissance est menée à

l'extérieur. Ce système permet à l'éleveur d'escargots de cultiver et de produire des escargots toute l'année et a donc le produit disponible pour le marché en tout temps. Ce type d'élevage de l'escargot est aujourd'hui largement répandu en France et est pratiqué depuis un certain temps. La méthode Indoor/Outdoor a été adoptée par cette étude car elle semble être celle qui en Australie un système éprouvé sur lequel construire un système rentable et entreprise durable. La méthode Indoor/Outdoor est adaptée pour l'Australie car le climat le long du sud extrémité de la côte est assez doux et les températures extrêmes ne sont pas une grande préoccupation car ils sont en Europe. La serre de reproduction permet aux producteurs d'escargots de contrôler l'environnement à un point tel que la température de l'air extérieur n'interfère pas avec le programme de reproduction. Il en va de même pour la serre de pépinière où les jeunes escargots peuvent se nourrir et se développer sans que les conditions météorologiques défavorables n'interrompent le taux de croissance souhaité. La zone de culture est entièrement recouverte d'une toile d'ombrage qui protège les escargots du soleil, du vent et de la grêle. La méthode d'élevage et de gestion des escargots à l'intérieur et à l'extérieur donne au producteur australien le meilleur des deux systèmes développés et éprouvés à l'étranger depuis de nombreuses années. (Murphy, 2001)

3.2 Facteurs environnementaux

Le contrôle de l'humidité et de la température ainsi que l'éclairage doivent être constamment régulés. Ces facteurs et le bon environnement sont cruciaux pour le processus de reproduction de l'escargot. Ils jouent également un rôle très important dans l'éclosion des œufs d'escargots.

3.2.1 Humidité

L'escargot doit maintenir un équilibre constant entre l'eau dans ses tissus et humidité relative de l'environnement pour des activités de reproduction optimales ainsi que croissance. L'escargot est capable d'absorber ou d'excréter l'eau par les pores de son peau, ce comportement est déterminé par son environnement immédiat. L'échec ou le succès dans l'élevage des escargots dépend de ce facteur et doit être régulé en conséquence. (Murphy, 2001)

3.2.2 Température

Le contrôle de la température est également un facteur critique qui déterminera l'activité de l'escargot. *Helix aspersa* préfère et fonctionne très bien vers 20 °C, au-dessus d'une

température de 30°C, l'escargot « s'arrête » en sécrétant du mucus pour sceller sa coquille avec une couverture temporaire appelée opercule. Ce comportement se produit également lorsque les températures tombent en dessous de 6 degrés Celsius et à 0 degré Celsius, l'escargot cesse de fonctionner et meurt.(Murphy ,2001)

3.2.3 Lumière

La lumière influence le comportement des escargots en conjonction avec les saisons de l'année, donc C'est un facteur important qui doit également être contrôlé.De nombreuses années d'observation et de recherche par d'éminents professeurs et zoologistes ont déterminé les régimes de lumière ainsi que les niveaux de température et d'humidité pour les processus de reproduction. Ce tableau représente une formule éprouvée pour les conditions atmosphériques optimales utilisées dans la reproduction.(Murphy ,2001)

Tableau 1: les conditions atmosphériques optimales utilisées dans la reproduction (Murphy ;2001)

	JOUR	NUIT
Durée de la lumière	18 heures	6 heures
Température	20C	17C
Humidité	75%	90 %

3.2.4 Régulation de l'humidité dans l'environnement reproducteur

Comme l'humidité joue un rôle essentiel dans le cycle de vie de l'escargot un système qui fournit le bon niveau est crucial. Un système de gicleurs aériens conçu pour avoir une sortie qui fournira la capacité de brumisation recommandée de gouttelettes de 130 microns dans l'environnement est requise.Un hydromètre doit être installé avec le système de gicleurs pour surveiller l'humidité relative avec un dispositif automatisé de contrôle de la distribution d'eau pour assurer le niveau requis d'humidification. Il existe un certain nombre de ces systèmes disponibles sur le marché et les coûts approximatifs sont inclus dans la section intitulée Analyse économique.(Murphy ,2001)

3.2.5 Régulation de la température dans l'environnement reproducteur

Comme mentionné précédemment, le contrôle de la température est d'une grande importance pour déterminer l'activité de l'escargot. Le contrôle de la température peut être réalisé par

diverses méthodes. Le chauffage des serres au gaz est la méthode préférée pour atteindre la température désirée. La superficie de la serre déterminera bien sûr la taille et le type de chauffage au gaz à installer. (Murphy, 2001)

3.2.6 Contrôle de l'éclairage dans l'environnement reproductif

Fournir la bonne quantité de lumière dont l'escargot aura besoin à des fins de reproduction peut être naturel ou artificiel. L'élevage intensif d'escargots nécessite lumière artificielle pour inciter les escargots dans leur cycle de reproduction naturel. Les habitudes d'accouplement des escargots dépendent de la quantité d'heures de jour, la température et le niveau d'humidité. Un système éprouvé est celui qui utilise des tubes fluorescents étanches qui ont une capacité Puissance de sortie de 40 watts et espacée à des distances qui obtiendront une diffusion homogène de la lumière dans l'environnement reproductif. Pour contrôler la quantité de lumière nécessaire un dispositif de synchronisation simple qui peut être réglé pour le désiré les délais devront être intégrés aux systèmes de contrôle environnemental. (Murphy, 2001)

4. Production

4.1 La ponte

L'intervalle entre l'accouplement et la ponte est variable, en conditions de température et d'hygrométrie (20°C et 85%) les durées moyennes sont de 10 à 15 jours, *Helix aspersa* peut pondre jusqu'à trois fois entre Mars et Octobre. Pour pondre, l'escargot creuse dans la terre un nid de ponte, de 4 à 5 cm de profondeur et pond 80 à 130 œufs par ponte dure 12 à 48 heures, la basse température et un faible degré d'humidité réduisent la fréquence de l'ovipositeur (Dafem et al, 2008)

4.2 Incubation, éclosion

Après la ponte, dès les premiers jours d'incubation, l'embryon élabore une coquille protéique qui se calcifie au cours de son développement. En conditions naturelles l'incubation varie de 15 à 30 jours, il se libère (l'éclosion) par rupture de la membrane externe de l'œuf qu'il consomme. Le nouveau-né à une petite coquille transparente, il attend qu'elle jaunisse et solidifié dans le nid de ponte de 6 à 10 jours (Bertrand, 2004) ; puis il remonte jusqu'à la surface du sol. Il pèse alors de 10 à 40mg, mesure 2 à 4mm de diamètre ; il est apte à se nourrir de la végétation qu'il trouve. Le taux de maturation étant déterminé par la

concentration de calcaire dans le milieu. Cette espèce peut survivre à -10°C et devient active entre 4.5°C et 21.5°C. Donc on peut souligner l'importance de la lumière, l'hygrométrie et la température dans le déterminisme de la reproduction ainsi que la nécessité d'une hibernation suffisante préalable. (Dafem et al, 2008).

4.3 Consommation

La viande de l'escargot a été consommée par les hommes à travers le monde depuis la période préhistorique. Elle reste aujourd'hui une viande très prisée par les populations européennes, Ouest africaines et américaines. L'escargot géant est très apprécié dans la zone forestière africaine et y constitue la principale source de protéines animales et de revenus pour de nombreux ménages. Il est apprécié pour la saveur et la qualité de sa viande. Sa chair possède une excellente valeur nutritive. Sa teneur en protéines est supérieure à 40% avec presque tous les acides aminés dont a besoin l'homme. Elle constitue une bonne source de macroéléments (fer, calcium, phosphore, magnésium...). Ces caractéristiques font de l'escargot un animal de choix en Afrique subsaharienne où 20 millions de personnes parmi lesquelles un tiers d'enfants d'âge préscolaire souffrent de malnutrition. Cependant, la principale source d'approvisionnement d'escargots en Afrique reste le ramassage. L'engouement croissant des populations pour cette viande se heurte à la réduction sensible des stocks naturels très menacés en raison de la forte pression de ramassage, de la destruction de leur habitat et de l'utilisation des produits phytosanitaires. Dans certaines régions du Cameroun comme la zone soudano-guinéenne d'altitude l'escargot géant est pratiquement en voie de disparition et représenté presque exclusivement par des espèces du genre *Achatina*. (Performances de reproduction de l'escargot géant africain (*Archachatina marginata*) en captivité au Cameroun (Dafem et al, 2008).

5. Contraintes zootechniques

5.1 Problème de production

Les causes de défaillance sont souvent dues aux mêmes problèmes que ceux que l'on constate continuellement dans les systèmes de production en Italie. Il s'agit notamment: Mauvaise gestion, problèmes de reproduction dus à la biologie complexe de l'escargot, finances insuffisantes, mauvaise préparation du sol, mauvais choix des cultures, rotation insuffisante des cultures, surpeuplement et prédateurs (Sonya, 2003)

5.2 Prédateur

Il y a beaucoup de prédateurs qui peuvent causer des problèmes au producteur d'escargots en Italie. Il s'agit notamment de coléoptères carnivores tels que carabidés, calosomidi, lampiridi et en particulier les stafilinides qui attaquent et tuent les petits escargots. Les scarabées vivent dans le sol et jouissent du même environnement humide que les escargots. Les stafilinides sont la pire menace pour les escargots. Pendant la préparation du site, la désinfestation chimique est principalement utilisée pour éradiquer ces ravageurs. Les oiseaux comme les corbeaux et les pies Les lézards, les serpents et les crapauds profitent d'une alimentation d'escargots, en particulier les juvéniles, de sorte que l'extérieur la clôture doit être enfouie dans le sol pour empêcher l'entrée de ces prédateurs. Les rats mangent des escargots, surtout en hiver lorsque leur source de nourriture est faible. Lapins, lièvres et taupes sont également un problème en Italie. (Sonya, 2003)

5.3 Les maladies

Il existe certaines maladies bactériologiques et parasithéliques qui peuvent affecter les escargots et mènent à sa mort, elles infectent aussi les œufs et les endommagent. L'une des opérations de préventions les plus importantes est le nettoyage et la surveillance continue pour éliminer les insectes et les animaux nuisibles nettoyer tout l'environnement du projet et appliquer le soi-disant vide sanitaire. La désinfection est faite par l'eau de javel à l'endroit où les escargots sont collés et aussi à tout l'équipement utilisé il est nécessaire de vaporiser les murs avec le chaux chaque saison avant le début de la reproduction et éviter d'utiliser les insecticides en présence des escargots (site3)

a. Les parasites

Le *riccardoella*: Le riccardoella (limacum) (figure 6) est un acarien de l'escargot, blanc et visible à l'œil nu, il suce le sang de ses hôtes les rendant sensibles à d'autres parasites.



Figure 6: Le riccardoella de l'escargot (site3,2007)



Figure 7 : l'hypo aspis miles (site3,2007)

Particulièrement craint des héliciculteurs il est traité par pulvérisation de pyréthre lorsque les parcs sont en vide sanitaire. Il existe également la lutte biologique: l'hypo aspis miles. Ce dernier est un prédateur d'acariens (dont le riccardoella), larves de mouches, mille-pattes, pucerons, etc . Possibilité de traiter avec les escargots dans les parcs (figure 7).

b. Les maladies

La mycose des pontes (figure 8 et 9) : La mycose des pontes apparaît lors d'un excès d'humidité ou à une mauvaise qualité de terreau. Les œufs de couleur anormale (rose, clair, jaune ou gris) se dessèchent ou pourrissent. Il faut les retirer avant qu'ils contaminent tout le lot. (Site3). Pour comparer par des cas normaux, Figure 10, une ponte normale



Figure 8: ponte avec développement de mycoses (site3)



Figure 9 : ponte desséchée (les œufs se rétractent) (site3,2007)



Figure 10 : une ponte normale (site3,2007)

Ci-dessus: des œufs d'escargot transparents (à jeter)

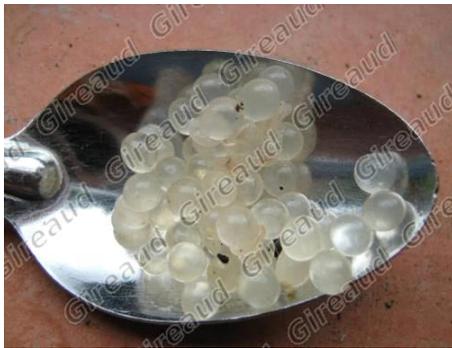


Figure 11 : Des œufs d'escargot transparents (à jeter)(site3 2007)



Figure 12 : La maladie des 90 jours (site3.2007)

La maladie des 90 jours : Cette maladie est très peu connue à ce jour. Les escargots se laissent mourir et un liquide bleu clair envahit la coquille. Cela "viendrait" des aliments spéciaux pour la nourriture des escargots qui contiennent des traces de cuivre qui au fil des ans se concentrent et génèrent " la mortalité des 90 jours ". On dit 90 jours car la mortalité intervient le plus souvent à cette période. (Site3 2007) **figure 11 et 12**

5.4 Mortalité chez les escargots

Les risques environnementaux et la mortalité chez les escargots et les limaces proviennent de diverses causes. Certains facteurs environnementaux comprennent la sécheresse, la noyade, l'incendie et les blessures mécaniques. Les coquillages sont souvent trouvés avec des corps séchés d'escargots à l'intérieur. De temps en temps, un escargot terrestre se retrouvera noyé au fond d'une piscine ou d'un étang trop large ou trop profond pour qu'il

puisse s'échapper. Les incendies, en particulier les brûlures contrôlées, tuent des milliers d'escargots, parfois en une seule brûlure. Les brûlures d'élimination des barres obliques peuvent être si dévastatrices pour les gastropodes parce que les débris ligneux accumulés fournissent un excellent habitat pour eux. Pendant les feux de forêt naturels, il semble qu'au moins certains des escargots survivent, peut-être parce qu'ils sont sous terre au moment de la brûlure, tandis que les brûlures de diffusion prescrites sont généralement faites pendant les périodes humides lorsque les escargots sont vulnérables, sur ou près de la surface du sol. Les blessures mécaniques sont causées par des véhicules, de l'équipement, des outils ou des pieds d'humains ou d'animaux. L'empoisonnement chimique fait également des ravages. L'utilisation d'appâts de limaces et d'escargots est généralement limitée aux zones proches de l'habitation humaine, mais l'utilisation d'autres pesticides et engrais, dont les effets sur les gastropodes sont incertains, est plus répandue. D'autres modifications environnementales qui devraient avoir des effets néfastes sur les gastropodes et leurs habitats comprennent les pluies acides, le salage routier, la gestion des forêts et des aires de répartition, l'agriculture, l'urbanisation et d'autres aménagements, **(Thomas,2013)**

6. Economique et commercial

6.1 Circuit de la production et commercialisation d'escargot

6.1.1 Marché international

C'est durant la seconde moitié du XIX^e siècle que la consommation d'escargots connaît un développement important, en France. Pascal Dibie rapporte qu'en «1900, une pétition signée par 500 marchands d'escargots fut présentée au conseil municipal de Paris, à l'effet d'obtenir un plus grand emplacement aux Halles centrales où ils en vendaient plus de 1 200 000 kilogrammes par an. Dijon était un des principaux centres d'expédition (une seule maison en vendait à elle seule trois millions par an). La Franche-Comté suivait de très près la Bourgogne dans cette spécialité ». Entre les années 1910 et 1952, la consommation d'escargots⁶ à l'échelle de la France a été multipliée par dix⁷. Pour faire face à cette demande sans précédent, un véritable réseau de commercialisation se met en place. Des expéditeurs assurent la collecte des limaçons vivants, soit directement auprès des ramasseurs, soit auprès des dépositaires, avant de les répartir entre les principaux acheteurs: conserveurs, préparateurs, poissonniers, etc. L'accroissement de la demande exige, désormais, de faire appel à des professionnels; les ramasseurs occasionnels ne parvenant plus à fournir les quantités nécessaires. Les professionnels « sont en général des chômeurs momentanés: à la campagne tous ceux qui, au printemps, ne sont pas encore occupés aux travaux des champs, culture de la betterave en particulier; en Bretagne, l'hiver, les ouvriers agricoles de St-Pol-de-Léon, dans le Cavaillon, les gitans. À ces différentes catégories s'ajoutent les bûcherons, les ferrailleurs, tous ceux qui peuvent, si le gain les y encourage, abandonner leurs travaux habituels pour se consacrer momentanément au ramassage des escargots » (Fortier. 1999)

6.1.2 Marché national

ORAN- La capitale de l'Ouest Algérien s'est transformée avec le temps en véritable pôle de commercialisation de l'escargot, localement appelé "bebbouche" par les habitants de la région et provenant des quatre coins du pays.



Figure 13 : Marché d'Oran .(site4, 2020)

Par la force des choses, ce "caviar rampant" inonde les marchés populaires et de proximité à Oran et constitue le centre d'intérêt des tables oranaises. La culture de consommation des escargots chez les Oranais encourage son commerce, qui n'est plus l'apanage des vendeurs ambulants qui sillonnaient autrefois les quartiers populaires. La vente de ce gastéropode a conquis tous les marchés couverts et ouverts d'Oran et même les grandes surfaces, a-t-on constaté. Tous les types d'escargots ramassés dans les montagnes, les forêts et les champs des wilayas de Relizane, Saïda, Alger, Sig (Mascara), Tlemcen et Médéa sont disponibles dans les marchés oranais à des prix presque à la portée de tous, a indiqué à l'APS un commerçant, spécialisé dans la vente d'escargots à haï "Oussama" (ex-Boulangier). Un promeneur dans ces espaces commerciaux sera étonné de voir la quantité d'escargots proposée à la vente et leurs différentes variétés, allant des plus petits aux plus grands, du bariolé au blanc, du marron foncé au châtain, avec ou sans lignes jaunes, ainsi que le gris considéré comme le meilleur et le plus cher, a affirmé Kheddouma Hocine, qui fournit, quotidiennement, les escargots aux commerçants ambulants disséminés dans les marchés. (site4, 2020)

a. Des fermes pilotes à Oran pour promouvoir l'agriculture de précision

Au sujet de la quantité d'escargots qu'il reçoit, ce fournisseur a indiqué que "cela dépend des régions, en l'occurrence selon le climat de chaque région, soulignant que "tous les escargots exposés dans les marchés sont sauvages, c'est-à-dire qu'ils sont de grande qualité et propres, ce qui les rend, après cuisson, meilleurs que les escargots d'élevage," explique-t-il en fin connaisseur.

Le marché des escargots à Oran fournissait, auparavant, un seul type de ce gastéropode, le fin, mais aujourd'hui, le consommateur oranais a plusieurs choix et peut y trouver plusieurs espèces aux noms tout aussi différents comme "Beyad", "Naïdja" et "Boukrar" connu par son grand volume et sa couleur grise que les vendeurs appellent le "caviar algérien" ou "caviar rampant", selon Kaddour, un vendeur en provenance de Tafraoui, qui a une longue expérience dans le ramassage et la vente d'escargots. La disponibilité de ce produit à longueur d'année a encouragé un investisseur oranais à exporter les escargots vers l'Espagne et l'Italie, mais cette initiative, qui a débuté en 2006, n'a pas duré très longtemps pour des raisons non déterminées, selon des informations recueillies à la Chambre de commerce et de l'industrie de l'Oranie (CCIO)(site4,2020)

b. La vente D'escargots, un commerce fructueux

L'escargot, très prisé par les consommateurs oranais, est devenu une source de revenu pour de nombreuses familles. Des jeunes et des vieux, en compagnie de leurs épouses, se dirigent aux premières heures de la matinée vers les zones montagneuses pour ramasser les escargots, a indiqué le président de l'association "Chafiallah" d'Oran, spécialisée dans l'élevage d'oiseaux et d'animaux et dans la protection de l'environnement.

« Les zones montagneuses de la région dont Djebel K'har (ex Montagne des lions), la "forêt de M'sila" et "Granine", à l'est et à l'ouest d'Oran, sont les zones privilégiées où l'escargot est extrêmement abondant, notamment avec la chute de pluies, qui encourage ces gastéropodes à sortir de leurs cachettes, facilitant le ramassage, ajouté MaamarChafiallah. »

Quant aux prix, ceux-ci varient entre 200 et 300 dinars le kilo en hiver et passent à 400 DA durant la saison sèche où les ventes stagnent, indique un vendeur au marché de hai "Medina Jdida" d'Oran, signalant qu'il s'approvisionne auprès du fournisseur principal à un prix de référence ne dépassant pas 250 DA le kilogramme.

Le prix peut atteindre 560 DA le kilo en été en raison de la forte demande, notamment par la communauté algérienne établie à l'étranger en visite à Oran dont les membres achètent de grandes quantités d'escargots: "Boukrar" ou "Beyad", les plus demandés en raison de leur qualité, mais plus rares dans les marchés en comparaison avec les autres variétés.

La cherté des escargots est due, selon un vendeur de la région de Sig (Mascara), proposant sa marchandise au marché de haiMahieddine (ex Eckhmül), à la chaleur où il devient difficile de

trouver les escargots dans les zones montagneuses, ainsi qu'à certains oiseaux qui s'en nourrissent, ce qui nécessite de grands efforts dans le ramassage du "bebbouche" qui reste caché parmi les roches et qui est appelé le "jeuneur".(Site4, 2020)

L'escargot soupe et autres bienfaits

Les Oranais étant connus pour leur penchant pour les escargots s'ingénient à préparer des plats succulents, notamment la "soupe d'escargots" dont la préparation nécessite de nombreuses herbes médicinales et aromatiques et d'épices et qui est préparée en hiver pour traiter les affections dues au froid.

Les escargots sont laissés, une nuit entière, dans la semoule afin qu'ils se débarrassent de tous leurs déchets. Ils sont, ensuite, lavés à l'eau vinaigrée, jusqu'à ce qu'ils se débarrassent de tous leurs sécrétions et sont alors placés dans une marmite pour la cuisson après lecture de la sourate de la Fatiha et le "Tekbir", selon Mme Nacéra, qui est en train d'élaborer un livret de recettes sur les différentes façons de cuire les escargots, qui font partie de l'art culinaire populaire algérien, ainsi que sur ses bienfaits sur la santé.

Ce plat traditionnel n'est pas seulement préparé par les familles oranaises, mais a pu s'introduire dans les restaurants, voire dans les grands restaurants des établissements hôteliers et occupe même une place de choix dans les menus proposés aux clients, ce qui nécessite le classement de la "soupe d'escargots" patrimoine national, selon Mme Nacéra.

Ce qui a rendu les escargots très prisés par les Oranais c'est incontestablement leur valeur nutritive et leurs bienfaits sur la santé, sachant que ces gastéropodes ne se nourrissent que d'herbes de la nature, selon la même source, soulignant que le mucus des escargots était utilisé par nos grands-mères pour leur vertu anti vieillissement, sachant que de nombreux laboratoires de cosmétiques dans le monde l'utilisent dans la production de préparations aux caractéristiques naturelles pour la forme et la beauté et pour traiter les rides du visage.

La consommation des plats de "bebbouche" va de pair avec les contes populaires et possède une symbolique particulière dans les œuvres littéraires mondiales dont "L'escargot entêté" de Rachid Boudjedra, ainsi que sa grande présence dans les proverbes populaires du monde entier due à sa lenteur. (Site4, 2020)

7. Exportation

La cueillette de l'escargot et son exportation vers la rive sud méditerranéenne (France et Italie), en plus du Qatar, génèrent des recettes en devises inestimables. La Sarl Souyadi Export basée à Zeghaïa, 10 kms à l'ouest de Mila, est une entreprise qui carbure à plein régime si l'on tient compte de ses performances commerciales. Ses substantiels revenus en devises proviennent en grande partie de l'escargot. Grâce à ce mollusque gastéropode (toutes espèces), 122.000 euros pour un total exporté de 560 quintaux ont été engrangés à titre de l'année dernière.

Parmi les espèces les plus en vogue, l'on retrouve *l'hélix aperta*, lequel est écoulé dans les deux pays européens ci-haut mentionnés entre 10 et 15 euros, *l'hélix aspersa* grand gris (GG) et petit gris (PG) récoltés dans les massifs montagneux et *l'esbaniavermuculata* qui croit principalement dans les vergers. En outre, des quantités importantes d'escargot en provenance des wilayas de Constantine, Souk Ahras, Annaba et El Tarf, sont écoulées dans les souks locaux. « Le volume des achats de ces mollusques comestibles fluctue entre les 3 et 4 millions de dinars/j. Des cargaisons importantes de cette espèce animale sont ramassées par une armada de personnes et commercialisées dans les lieux publics (le marché national) (site5,2015)

Les entreprises affiliées à la chambre de commerce et d'industrie, CCI-Beni Haroun, de la wilaya de Mila ont exporté pour plus de 528.400 d'euros de produits naturels et manufacturés au cours du premier semestre 2019, a-t-on appris samedi du directeur de la CCI, Abdelwaheb Taïba., (site6, 2019).

Les exportations de la wilaya de Mila durant le premier trimestre, d'une valeur de 70.954.636 de dinars sont constituées d'huile d'olive, d'oignon sauvage, d'escargots, de biscuits et de fibres de polyester, a indiqué ce responsable. Il a ainsi fait état de l'exportation de 30 250 kg d'escargots et 470 000 kg d'oignon sauvage vers l'Italie.

7.1 Cueillette et purge des escargots pour le marché

En Italie, les escargots sont récoltés dès leur maturité. Lorsque le bord de la lèvre de l'escargot devient dur, les escargots sont ramassés chaque semaine ou lorsque cela convient à l'agriculteur, habituellement en automne et au printemps et transféré à la purge des cages pendant sept jours pour débarrasser leur système digestif de tout solou de gravier. En Italie, les

escargots sont laissés pendant une semaine dans des cages ouvertes dans une zone fraîche sans nourriture ni eau.

Les cages de purge sont souvent faites de filet ou de fil et sont construites sur le sol. Pendant cette période de purge, ils perdent 20% de leur poids corporel et se rétractent dans la coquille, mais sont en mesure de rester en vie dans cet état pendant deux mois s'ils sont maintenus dans un environnement frais d'environ 4-6 C.

Quand il est temps de vendre les escargots purgés, ils sont emballés vivants dans des sacs en filet (comme des sacs d'oignons), des cartons cirés ou du boisboîtes pour un grand nombre d'escargots. Les escargots sont vendus sur les marchés alimentaires généraux et sont achetés par épiciers verts ou restaurants. Des festivals de la cuisine traditionnelle sont organisés régulièrement dans toute l'Italie (**Sonya, 2003**).

Chapitre III

Les ressources génétiques d'escargot

Les escargots terrestres africains des genres *Archachatina* et *Achatina* sont les escargots comestibles les plus récoltés dans les zones forestières ouest-africaines (Ajayi et al. 1978; Ogunsanmi et al. 2003).

Les escargots sont de bons modèles pour étudier les processus génétiques des populations, comme la connectivité chez les espèces dont la dispersion est limitée

Les résultats observés pour *Ac. fulica* correspondent à ceux rapportés par Fontanilla et al. (2014). Historiquement, le modèle du flux génétique des escargots comestibles des forêts du Sud-ouest du Cameroun était très probablement basé sur un modèle de distribution plus ou moins continue, avec isolement à distance seulement, suivant le modèle décrit par Wright (1943) (Ivo et al, 2017)

8. Caryotype

Trois espèces des familles *Viviparidae* et *Pleuroceridae*, premier hôte intermédiaire de la paragonimie, de la métagonimie et de l'échinocytose ont été étudiées cytologiquement. Le nombre de chromosomes diploïdes observé était le suivant : *Semisulcospira libertina* 36, *S. dolichostoma* 34, et *Viviparus rivularis* 64. Le complément chromosomique mitotique de *S. libertina* a neuf paires métacentriques et neuf paires submétacentriques, et *S. dolichostoma* a trois paires métacentriques et 14 paires submétacentriques de chromosomes. *Viviparus rivularis* a montré deux paires métacentriques et 30 paires submétacentriques de chromosomes.

La taxonomie des escargots viviparidés et pleurocerides qui servent d'hôtes intermédiaires à plusieurs types de trématodes est dans un état chaotique depuis de nombreuses années (Burch, 1975). La systématique des catégories taxonomiques inférieures demeure encore une énigme, tant du point de vue pratique de l'identification des spécimens que de la compréhension des mécanismes de la spéciation et de l'évolution (Burch, 1968)

8.1. Génétique de la couleur de la peau de l'escargot

On distingue environ 6 couleurs : noir, chocolat, cannelle, et bleu, lilas, faon. Or, en fait, au niveau moléculaire, il s'agit d'un seul et même pigment, la mélanine brune. Plusieurs phénomènes permettent de voir 6 couleurs là où il n'y a "que du noir". Les mélanismes,

ces 'sacs de pigment' sont repartis de manière plus ou moins homogène dans la peau. Le gène D de dilution engendre la formation d'amas qui modifient la diffraction de la lumière et donnent une teinte pastelle. Le gène B, lui, agit sur la taille et la forme des granules ainsi que leur « concentration » en mélanine, ce qui influe notre perception de la couleur. **(Abdelkader,2019).**

Chez les mollusques, les littératures sur l'analyse du caryotype ne sont pas abondantes en raison des difficultés d'obtention de champs mitotiques d'une qualité suffisante pour réaliser des études chromosomiques. **(Goldstein, et Schlötterer,1999)**

8.2 Génétique et spéciation des escargots

Une équipe de l'UE a étudié la génétique de la spéciation des escargots terrestres. La diversité actuelle des différentes formes de coquille est le résultat d'épisodes de changement environnemental antérieurs qui ont favorisé les différentes morphologies maintenant conservées dans le génome.

Même si le célèbre livre de Charles Darwin s'appelait « L'origine des espèces », il ne discute jamais de l'origine réelle des espèces. Les générations successives de chercheurs ont permis de combler cette lacune, révélant que le processus impliquait différents types de partition génétique des populations.

Le projet GENIES (Genomic evolution in ecological speciation), financé par l'UE, a examiné ce processus de spéciation de manière exhaustive. L'équipe a étudié le cas de *Murellamuralis*, un escargot terrestre. Les escargots sont généralement d'excellents sujets pour cette thématique car leurs populations sont bien répandues mais les individus se déplacent rarement très loin, ce qui permet de contrôler leur migration. *M. muralis* présente une forte diversité morphologique et une encore plus grande diversité génétique.

En s'appuyant sur les dernières techniques de séquençage génétique, les partenaires du projet ont analysé comment les gènes des espèces changeaient au cours de la spéciation. Les chercheurs ont également associé la variation morphologique avec le profil d'expression de certains gènes. Ils ont ainsi pu identifier les gènes les plus importants pour la spéciation et comment ceux-ci pouvaient être influencés par les facteurs environnementaux.

Ces travaux montrent que les changements environnementaux agissent à différents niveaux du génome. De tels changements favorisent et freinent la différenciation de manière simultanée.

Les chercheurs ont conclu que la diversité de la forme des coquilles d'escargots provenait d'une adaptation à des environnements très contrastés. Les changements environnementaux antérieurs ont ainsi contribué aux nombreuses formes de coquilles et lignées génétiques distinctes. Des données diverses ont révélé la répétition des séparations et des regroupements de populations, favorisant ainsi la divergence et la dynamique active du patrimoine génétique.

L'équipe a en outre pu montrer que certaines régions indépendantes du génome présentaient une sélection distincte du reste du génome. Une telle sélection divergente peut entraîner des effets à l'échelle du génome, même pendant les premières étapes de la spéciation. Les sources de variabilité génétique peuvent faciliter l'apparition d'un isolement reproducteur à l'échelle du génome, suivi d'un rayonnement adaptatif. Par conséquent, la spéciation par flux génique est plus probable étant donné la transition des effets de la sélection de différents gènes à de plus larges portions du génome.

L'analyse révèle que les différences de morphologie de la coquille au niveau de la population contribuent au degré de différenciation génomique. Les organismes géographiquement isolés montrent parfois un profil d'isolement par adaptation dans lequel la sélection divergente des traits freine le flux génique.

Le projet GENIES a ainsi démontré le potentiel de la diversité génétique des espèces à des fins de survie en cas de modification de leur environnement. Ces recherches auront des répercussions importantes sur les projets de « sauvetage évolutionniste », qui cherchent à minimiser l'impact des changements environnementaux ([site7,2017](#)).

8.3 Migration

Darwin était fasciné par le transport des escargots terrestres à travers de grandes étendues d'océan par les oiseaux - il a même immergé les escargots dans l'eau de mer pour voir combien de temps ils survivraient.

Une photo allégorique² du XVII^e siècle montre un oiseau portant un escargot (Figure 13), mais ce n'est qu'en 1921 que la possibilité de dispersion de l'escargot par les oiseaux a été discutée pour Balea³. Il a été suggéré que l'habitude exceptionnellement tenace et arborescente de

Baleaperversa, un hermaphrodite ovovivipares, pourrait aider la dispersion passive par les oiseaux³. Comme les escargots terrestres sont présents même sur les îles les plus éloignées, il doit s'agir d'un événement fréquent, malgré le nombre limité de cas bien documenté.



Figure 14 : Gravure tirée de la fable de Marcus Gheeraerts intitulée « Pridecomesbefore a fall »(Edmund ;2006).

Un aigle est représenté ici, mais il est peu probable que ce soit l'oiseau qui a transporté Balea (voir informations supplémentaires). Les limicoles ou autres oiseaux migrateurs, qui sont des vagabonds réguliers sur les îles du centre de l'Atlantique, sont plus susceptibles d'être des vecteurs. En 1824, John Gray assigna deux nouvelles espèces d'escargots terrestres des îles Tristan da Cunha à Balea, un genre de Clausiliidae que l'on croyait limité à la région de Paléarctique, qui comprend l'Afrique du Nord et l'Eurasie au nord de l'Himalayas⁵. L'archipel de Tristan se compose de trois îles principales situées à mi-chemin entre l'Afrique du Sud et l'Amérique du Sud à environ 37° S, l'île de Gough se trouvant à environ 350 km au sud-sud-est. Il se trouve à 9.000 km et 8.500 km des Açores et de l'Europe continentale.(Edmund ;2006)

8.4L'hermaphrodisme

Les animaux hermaphrodites constituent pourtant une part non négligeable des espèces animales (5–6%, autour d'un tiers si l'on met de côté les Arthropodes ; Jarne&Auld 2006). L'allocation dans les fonctions mâle et femelle est souvent flexible chez les hermaphrodites, dépendant des conditions environnementales et de la présence de partenaires potentiels ou de compétiteurs (Lorenzi, Schleicherová& Sella 2006; Brauer, Schärer& Michiels 2007; Baeza

2007; Vizoso&Schärer 2007; Hart, Svoboda & Cortez 2011). Comprendre comment les pressions de sélection, les compromis et contraintes évolutives présentés plus haut sont résolus chez des animaux hermaphrodites pourrait nous aider à mieux comprendre les relations entre stratégies de dispersion et stratégies de reproduction, mais aussi les mécanismes sous-tendant l'évolution de stratégies de reproduction complexes. En effet, chez les animaux comme chez les plantes, l'évolution de l'hermaphrodisme et son maintien semblent liés aux capacités de locomotion et/ou de dispersion : les hermaphrodites peuvent se reproduire avec n'importe quel conspécifique, alors que les animaux gonochoriques (ou les gamètes chez les plantes) doivent trouver un membre du sexe opposé. Ce trait avantage théoriquement l'hermaphrodisme chez les espèces sessiles ou celles pour lequel le mouvement est inefficace ou très coûteux.(Kokko 2010)

Les Mollusques Gastéropodes Stylommatophores (« escargots » et « limaces ») forment un groupe d'animaux terrestres très diversifié, avec plus de 30000 espèces occupant une grande variété d'habitats et de climats, de la zone équatoriale aux régions subpolaires, en passant par certains déserts (Barker 2001a). De nombreuses espèces sont des ravageurs de cultures (Barker 2002), classées comme espèces invasives (Cowie 2011b), ou sont au contraire menacées d'extinction (Hall, Baker &Hadfield 2010) ; comprendre comment ces espèces se déplacent dans les paysages est donc vital pour pouvoir mener des politiques de gestion et de contrôle adaptées (Aubry et al. 2006; Hall et al. 2010; Honek&Martinkova 2011). La dispersion à longue distance des Gastéropodes terrestres est un processus essentiellement passif, principalement assuré par le vent, l'eau et les mouvements humains (Dörge et al. 1999). Cependant, colonisations et flux de gènes à des échelles plus locales, plus pertinentes en termes de dynamique des populations, se font de façon active (Aubry et al. 2006). La dispersion active a été très peu étudiée, surtout lorsque l'on prend en compte le nombre d'espèces et le nombre de chercheurs s'étant intéressés à ce groupe. Pourtant, étudier ce taxon peut permettre d'accéder à une meilleure compréhension de l'écologie et de l'évolution de la dispersion en général, pour des raisons à la fois techniques et scientifiques. Vu les courtes distances et les faibles vitesses impliquées chez les Gastéropodes terrestres, la totalité du processus de dispersion peut être suivie et étudiée dans des systèmes de taille réduite. On peut donc facilement connaître le devenir d'un individu donné tout au long de la dispersion, ce qui est indispensable pour comprendre comment les disperser intègrent les étapes écoulées dans leur prise de décision à une étape du mouvement (Clobert et al. 2009). Ensuite, ces animaux

présentent des traits particuliers, susceptibles de conduire à l'évolution de stratégies de dispersion méconnues.

Comme nous l'avons vu plus haut, les coûts de la dispersion jouent un rôle important dans l'évolution de ce comportement (Bonte et al. 2012). Le coût énergétique du mouvement est, chez les Gastéropodes terrestres, l'un des plus élevés du règne animal (Denny 1980). A cela s'ajoutent d'importantes pertes en eau pendant le mouvement : le mucus, indispensable à la locomotion, contient plus de 90% d'eau. (Luchtel, 2001)

8.5 Amplitude et déterminants de la dispersion :

Un état des lieux des connaissances En utilisant la base de données ISI Web of Science, nous avons été en mesure de retrouver 40 références publiées contenant des données exploitables sur la dispersion active de Gastéropodes terrestres (auxquelles s'ajoutent un nombre inconnu d'études dans des thèses et autres rapports non publiés, comme dans Lazaridou-Dimitriadou 1978). Les espèces étudiées se répartissent sur l'ensemble de la phylogénie des Stylommatophores, mais la moitié des articles traite de la dispersion d'Hélicidés et Arionidés, les escargots et limaces parmi les plus gros, les plus communs et les plus étudiés en Europe de l'Ouest. Les genres *Arion*, *Arianta*, *Cepaea*, *Helix* et *Theba* sont surreprésentés, en raison notamment de l'intérêt répété de certains auteurs pour le mouvement de quelques espèces modèles (pour *Arianta*, voir par exemple Baur 1986; Baur & Baur 1990, 1993). La majorité de ces études (22/40) reportent uniquement des taux d'émigration et des distances de dispersion constatés.

Le manque d'intérêt pour la dispersion des escargots et limaces affecte également notre compréhension de l'écologie d'autres espèces. Par exemple, plusieurs études récentes montrent que ces animaux jouent un rôle majeur dans la dispersion de graines et propagules végétales, y compris d'espèces que l'on considérait plutôt comme myrmécochores (Gervais, Traveset & Willson 2009; Türke et al. 2010, 2012; Blattmann et al. 2013). Si les méthodes de localisation par satellite resteront probablement inutilisables, compte tenu des faibles distances parcourues, d'autres méthodes permettront enfin d'obtenir des données en continu et in situ du mouvement des gastéropodes, ce qui aidera à mieux comprendre les mécanismes gouvernant la dispersion de ces animaux majoritairement nocturnes. Par exemple, l'association de transpondeurs passifs RFID et de détecteurs fixés sur le terrain couvrant une zone prédéfinie, de l'ordre du m², semble très prometteuse (Maxime, 2014).

8.6 Controverse des escargots



Figure 15 : Accouplement de deux escargots des haies (*Cepaea nemoralis*) .(Kimura,1983)

L'attachement mutuel de ces deux escargots des haies (Figure14) montre qu'ils se reconnaissent de la même espèce, bien qu'étant d'aspect très différent à nos yeux doués de la vision des couleurs, contrairement aux leurs. La variation de couleur de leur coquille s'appelle un polychromatisme. Elle dépend d'un jeu de deux allèles d'un même gène déterminant deux caractères : "rose" et "jaune". Elle a été très utilisée en génétique des populations naturelles dans les années 1950, époque où l'on ne savait étudier des gènes que s'ils déterminaient un phénotype visible. Lors d'un colloque tenu à Cold Spring Harbor (Etat de New-York, USA) en 1959 à l'occasion du centenaire de l'Origine des espèces de Darwin, cet escargot fut l'occasion d'une grande controverse scientifique entre « sélectionnistes » et « neutralistes », que l'historien des sciences William Provine a appelée avec humour "the Great Snail Debate". Le français Maxime Lamotte, travaillant avec le mathématicien Gustave Malécot, montra que les fréquences phénotypiques varient en grande partie au hasard dans les populations naturelles, la sélection n'expliquant que 10% maximum de la variation entre populations. C'était la théorie « neutraliste ». Ceci contredisait les données obtenues sur la même espèce par le britannique P.M. Sheppard, lui aussi présent au colloque, qui privilégiait le rôle de la sélection par les prédateurs, comme les grives. C'était la théorie « sélectionniste ». Selon lui, les profils de fréquence des allèles variaient essentiellement en fonction du microhabitat des escargots.



Figure 16 : Enclume à grives. .(Kimura,1983)

Cela traduisait le fait que les grives, capables de discerner les couleurs, chassaient les escargots à vue dans les fourrés (Figure B) ; la couleur du milieu modifiant plus ou moins leur capacité à percevoir les différents phénotypes. Sheppard relevait de l'école de Ronald Fisher, auteur de l'ouvrage fondateur de la génétique évolutive : *The genetical theory of natural selection* en 1930. Un porte-parole de cette école, E.B. Ford, estimait que les mutations ne pouvaient atteindre une fréquence élevée par hasard, et postulait donc que les polymorphismes importants comme celui des escargots devaient être dus à la sélection par les prédateurs. Pour l'américain Sewall Wright, autre fondateur de la génétique des populations présent au colloque, le hasard n'est intéressant en évolution que parce qu'il favorise l'action de la sélection naturelle. Il peut alors franchir les populations des maximums locaux, permettant aux fréquences alléliques d'évoluer continuellement au sein des populations. C'était suggérer que Lamotte et Malécot se laissaient égarer par un sujet de peu d'importance

Figure B. Enclume à grives. On nomme ainsi des pierres utilisées par les grives pour briser la coquille des escargots qu'elles sont allées chercher dans les buissons alentours. La comparaison des fréquences phénotypiques parmi les coquilles brisées et dans la population restante a été utilisée pour savoir si certains phénotypes protégeaient les escargots par mimétisme de couleur avec le milieu végétal. [Source photo © Michel Veuille] L'épilogue de ce débat intervint dix ans plus tard. En 1969, les japonais Motoo Kimura et Tomoko Ohta interprétèrent l'importante diversité des polymorphismes moléculaires découverte en 1966 chez la mouche *Drosophila pseudoobscura* par Lewontin et Hubby et chez l'homme par Harris. Ils démontrèrent que cette quantité énorme de variation ne pouvait s'expliquer que si

la majorité des allèles fluctuaient au hasard. Résultat : une controverse de dix ans qui faisait suite à une autre controverse de dix ans sur le rôle des mutations délétères. Au terme de ces débats, la théorie neutraliste triompha. Sur la base des équations de Malécot, Lamotte avait donné pour la célébration du centenaire de la sélection naturelle un message d'humilité que la communauté scientifique n'avait pas su entendre. A noter que la "théorie neutraliste de l'évolution moléculaire" n'affirme pas que la sélection naturelle n'existe pas, mais seulement que la majorité des polymorphismes moléculaires sont neutres. Elle reconnaît cependant que les changements génétiques les plus importants pour transformer une espèce sont sélectionnés. En 1982, le mathématicien britannique Kingman donna la forme définitive au modèle neutraliste avec la "théorie de la coalescence", une extension des équations de Malécot sur la filiation des gènes. Après avoir vu son travail un temps négligé, Malécot (1911-1998) recevait une reconnaissance définitive. Il est désormais considéré comme l'un des fondateurs de la génétique des populations. **(Kimura, 1983)**.

8.7.1 Quelques méthodes de Caractérisation des animaux d'élevage

La caractérisation des ressources zoo génétiques englobe toutes les activités associées à l'identification, à la description qualitative et quantitative, et à la documentation des populations raciales, et des habitats naturels et des systèmes de productions auxquels elles sont, ou ne sont pas, adaptées. Le but est d'obtenir une meilleure connaissance des ressources zoo génétiques, de leurs utilisations présentes et, éventuellement, futures pour l'alimentation et l'agriculture dans des environnements définis, et leur état actuel en tant que populations raciales différentes **(FAO, 1984; Rege, 1992)**. Au niveau national, la caractérisation comprend l'identification des ressources zoo génétiques du pays et l'enquête sur ces ressources. Le processus comprend également la documentation systématique des informations collectées pour faciliter l'accès. Les activités de caractérisation devraient favoriser la conception de prévisions objectives et fiables sur la performance des animaux dans des environnements définis et comparer ainsi la performance potentielle à l'intérieur des différents systèmes de production d'un pays ou d'une région. Il s'agit, par conséquent, d'un travail plus approfondi qu'une simple récolte de rapports existants. Les renseignements obtenus par le processus de caractérisation favorisent une prise de décision éclairée sur les priorités de la gestion des ressources par les différents groupes d'intérêt, dont les agriculteurs, les gouvernements au niveau national et régional et les organismes internationaux **(FAO, 1992)**

Trois types d'informations - phénotypique, génétique et historique - sont nécessaires pour caractériser les ressources zoogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Le poids accordé à chacun dépend du pays (par exemple, développé ou en développement) et de l'objectif (par exemple amélioration, conservation ou différenciation des races). Ces directives se concentrent sur la collecte et l'utilisation de l'information phénotypique. La caractérisation phénotypique des ressources zoogénétiques correspond à l'identification des différentes races et à la description de leurs caractéristiques externes et de production dans un environnement et un cadre de gestion donnés, en tenant compte des facteurs socio-économiques qui les affectent. Les informations fournies par les études de caractérisation sont essentielles pour planifier la gestion des ressources zoogénétiques aux niveaux local, national, régional et mondial. (FAO, 2013).

Les caractères morphométriques constituent les données mesurables d'une morphologie, à l'aide de la biométrie, englobant uniquement les tailles, les nombres. La morphologie se réfère à l'analyse quantitative de la forme, un concept qui englobe la taille et la forme. Les analyses morphométriques sont couramment effectuées sur les organismes, et sont utiles dans l'analyse de leurs archives fossiles, sur l'impact des mutations sur la forme, leurs changements développementaux, les covariances entre les facteurs écologiques et la forme, aussi pour l'estimation quantitative des paramètres génétiques de la forme. (Jean et al ,2015).

8.7.2 Quelques méthodes moléculaires pour la caractérisation

a. ADN mitochondrial

Les séquences complètes de trois génomes mitochondriaux de l'escargot terrestre *Cornu aspersum* ont été déterminées. Le mitogénome a une longueur de 14050 pb et il code pour 13 gènes codant pour des protéines, 22 gènes d'ARN de transfert et deux gènes d'ARN ribosomal. Il comprend également neuf petits espaceurs intergéniques et un grand espaceur intergénique riche en AT. L'analyse de divergence intra spécifique a révélé que COX1 a la différenciation génétique la plus faible, tandis que les gènes les plus divergents étaient NADH1 , NADH3 et NADH4 . À l'exception d'*Euhadra herklotsi*, les comparaisons structurales ont montré le même ordre des gènes au sein de la famille *Helicidae*, et une organisation génétique presque identique à celle trouvée dans l'ordre *Pulmonata*. La reconstruction phylogénétique a récupéré *Basommatophora* comme groupe polyphylétique, tandis que *Eupulmonata* et *Pulmonata* comme groupes paraphylétiques. Les analyses

bayésiennes et du maximum de vraisemblance ont montré que *C. aspersum* est un procheparent de *Cepaeaneomoralis* et que les autres espèces d'*Helicidae* forment un groupe frère d'*Albinariacaerulea*, soutenant la monophylie du clade *Stylommatophora*.

Au cours des dernières décennies, les génomes mitochondriaux ont été utilisés pour un large éventail d'études comparatives comme marqueurs phylogénétiques pour résoudre les relations évolutives. En particulier, le phylum mollusque, en particulier le clade *Euthyneura*, a fait l'objet de débats intenses concernant leurs relations phylogénétiques. Les lignées associées à ce groupe (c'est-à-dire *Opisthobranchia* et *Pulmonata*) ont fait l'objet de longues controverses en raison des différents résultats phylogénétiques obtenus avec les données morphologiques et moléculaires. En particulier, au sein de *Pulmonata*, certains auteurs avaient trouvé des résultats contradictoires à partir de reconstructions phylogénétiques moléculaires. Par exemple, le *monophyly* de *eupulmonata* a été documenté sur la base de la combinaison de gènes mitochondriaux et nucléaires, alors que la *paraphyie* de ce groupe a été récupérée à l'aide de génomes mitochondriaux complets.

Chez les gastéropodes, la longueur des génomes mitochondriaux varie généralement de 13 à 17 kb (par exemple, 13670 pb chez *Biomphalaria glabrata*, 17575 pb chez *Diodora aspera*), cependant, il existe quelques exceptions telles que la patelle nervurée *Lottia digitalis*, d'une longueur de 26835 pb. (Juan et al, 2013)

b. RAPD

La RAPD est une méthode d'amplification aléatoire de l'ADN dérivée de la technique PCR. A la différence de cette dernière qui requiert un couple d'amorces ciblé sur une partie du génome à amplifier, les réactions RAPD-PCR sont réalisées avec une seule amorce de courte séquence (8 à 12 nucléotides) définie arbitrairement. L'autre grande distinction avec des amplifications classiques vient de la température d'hybridation qui est souvent très faible (34 à 38°C contre >50°C en PCR classique)

Initialement, cette méthode était utilisée lors d'études de taxonomie et de phylogénie basées sur la détection du polymorphisme entre espèces (Atienzar et Jha, 2006). Depuis une quinzaine d'années, elle est souvent utilisée en écotoxicologie comme en témoigne le grand nombre de travaux publiés (59) depuis 2000. L'utilisation du mot clé "RAPD" pour une recherche bibliographique permet de dénombrier 667 articles pour l'année 2013 dont 15

traitent de génotoxicité (environ 2%) en écotoxicologie (articles d'études in vitro sur modèles humain, rat/souris exclus), le reste concernant principalement des études de taxonomie/phylogénie. Parmi les 59 articles recensés avec les mots clés « RAPD » et « Génotoxicité », environ 40% concernent des modèles d'études animaux et 60% des modèles végétaux avec une parité entre les organismes aquatiques et terrestres. Cette méthode est utilisée chez de nombreux organismes : plantes cultivées (Liu et al., 2009 ; Ahmad et al., 2012 ; Erturk et al., 2013), algues (Atienzar et al., 2000 ; Tuney et al., 2007), protozoaires ciliés (Zhou et al., 2011), poissons (Cambier et al., 2010 ; Rocco et al., 2010 ; Nan et al., 2013), mollusques aquatiques (Hagger et al., 2005 ; Barky et al., 2012), pour tester la génotoxicité de contaminants variés. 42% des articles s'intéressent aux métaux (Enan, 2006 ; Liu et al., 2009 ; Aydin et al., 2013), 30% à des polluants organiques (Atienzar et al., 2002a ; Atienzar et Jha, 2004 ; Mohanty et al., 2009 ; Barky et al., 2012), 10% à des contaminants biologiques comme 24 des mycotoxines (Becerril et al., 1999 ; Mahrous et al., 2006), des moisissures (El-MaaroufBouteau et al., 2011) ou encore des microalgues toxiques (Mat et al., 2013). Les autres contaminants étudiés sont pour l'essentiel des radionucléides (Theodorakis et al., 2001 ; Hagger et al., 2005 ; Ozakca et Silah, 2013), des nanoparticules (Geffroy et al., 2012 ; Lee et al., 2013) ou encore des contaminants physiques type rayons gamma (Dhakshanamoorthy et al., 2011) ou UV A et B (Atienzar et al., 2000) (**Emmanuel,2014**)

c. Les microsatellites

Un certain nombre de marqueurs sont à présent disponibles pour détecter les polymorphismes d'ADN nucléaire. Dans les études sur la diversité génétique, les marqueurs les plus fréquemment utilisés sont les microsatellites. Les microsatellites (cadre 74) sont à présent les marqueurs les plus utilisés dans les études de caractérisation génétique des animaux d'élevage (**Sunnucks, 2001**).

Le taux de mutation élevé et la nature codominante favorisent l'estimation de la diversité intra et interrassiale, et le mélange génétique entre les races, même si elles sont très proches. Quelques contestations ont entouré le choix d'un modèle de mutation – le modèle de mutation par allèles infinis ou progressif (**Goldstein et Schlötterer, 1999**).

Pour l'analyse des données des microsatellites. Cependant, des études de simulation ont indiqué que le modèle de mutation par allèles infinis est généralement valable pour l'évaluation de la diversité intrarassiale (**Takezaki et Nei, 1996**).

Les microsatellites sont des éléments répétitifs contenant des motifs de séquence, généralement des dimères ou des trimères, qui se répètent en tandem. La plupart des microsatellites décrits contiennent le dimère (dGdT). (DC-dA) comme élément répétitif. Microsatellites sont principalement intégrés dans une séquence d'ADN unique (Tautz et Renz 1984). Cela permet l'amplification par PCR du microsatellite à l'aide d'amorces conçues à partir de l'environnement

Séquence unique (Weber et mai 1989). Les allèles reflètent nombre variable de répétitions de dinucléotides qui peuvent être détecté par électrophorèse. **(Emmanuel,2014).**

Les microsatellites présentent plusieurs avantages qui ont fait eux le marqueur de choix dans de nombreux domaines de recherche tels comme études de liaison (Montgomery et al.1993; Schmutz et al.1995), la cartographie du génome (Crawford et al. 1995; Kappes et al.1997) et des études de population (Paetkau et Strobeck 1995; Buchanan et coll. 1996). Ces avantages incluent la vitesse de la réaction en chaîne par polymérase, les petites quantités de ADN requis, possibilité d'automatiser la procédure, les détection d'allèles multiples, la présence et l'abondance de ces éléments répétitifs chez tous les eucaryotes (Hamada et al.1982) et l'observation que ces éléments répétitifs sont trouvé uniformément espacé le long des chromosomes.

L'utilité d'un marqueur génétique pour l'analyse de liaison dépend de la fréquence à laquelle le marqueur est polymorphe. Ceci est mesuré à l'aide d'une statistique appelée hétérozygotie (HET) ou PIC (Botstein et al.1980) **(Fiona et al, 1998).**

Les Clausiliidae (escargots de porte) sont des gastéropodes avec une très grande diversité en ce qui concerne la morphologie de la coquille, en particulier de leur appareil de fermeture complexe, qui fournit les traits diagnostiques les plus importants pour la classification des taxons. En raison de la forte variabilité, un nombre élevé de taxons a été décrit, bien que leur systématique et leur taxonomie soient partiellement discutées. Le *Montenegrina* est le deuxième genre d'escargot porte le plus spécifique d'Europe. C'est un escargot terrestre obligé vivant dans la roche et a, par rapport à sa systématique complexe, une aire de répartition plutôt petite dans les parties occidentales de la péninsule balkanique. Les différents taxons eux-mêmes présentent une aire de répartition très étroite et inégale. Comme le *Monténégro* est échantillonné de manière exhaustive sur toute l'aire de répartition, c'est un système d'étude parfait pour les questions générales sur la spéciation et la différenciation morphologique chez

les escargots terrestres. Pour étudier la quantité de flux de gènes entre des populations géographiquement proches ou concomitantes, des marqueurs hautement polymorphes sont nécessaires.

Treize loci microsatellites avec une répétition tétranucléotidique ont été isolés et testés dans trois populations monténégrines géographiquement proches (deux populations de *M. dofleini* prespaensis du lac Prespa, n = 35 et une population de *M. stankovici* du lac d'Ohrid, n = 20). Le nombre d'allèles par locus variait de 2 à 27. Aucun déséquilibre de liaison significatif entre les deux mêmes locus n'a été trouvé dans les trois populations testées. L'écart par rapport à l'équilibre de Hardy-Weinberg ne révèle que pour deux loci un écart significatif par rapport à HWE dans plus d'une population (Mont_5483 et Mont_4477).

Les 13 marqueurs génétiques nouvellement établis aideront à mieux comprendre la structure génétique de la population du Monténégro et pourraient révéler de nouveaux résultats sur les processus de spéciation dans les taxons coexistants. De plus, ces loci microsatellites pourraient également être testés chez d'autres espèces clausiliides. (Katharina,2017)

d. SNP

Les SNP (cadre 74) sont utilisés en alternative aux microsatellites dans les études sur la diversité génétique. Plusieurs technologies sont disponibles pour détecter et typer les marqueurs SNP (voir Syvänen, 2001, pour un examen approfondi). En tant que marqueurs bialléliques, les SNP ont des quantités d'informations relativement faibles et, pour atteindre le niveau d'information d'un panel standard de 30 loci de microsatellites, il faut en utiliser de plus grandes quantités.

Cependant, les technologies moléculaires toujours en évolution accroissent l'automatisation et réduisent le coût du typage des SNP, ce qui permettra probablement, dans un avenir proche, l'analyse parallèle d'un grand nombre de marqueurs à un coût réduit. Dans cette perspective, des projets de grande envergure sont en œuvre pour plusieurs espèces d'animaux d'élevage afin d'identifier des millions de SNP (par ex. Wong et al., 2004) et en valider plusieurs milliers et identifier les blocs d'haplotype dans le génome.

De même que pour les informations sur les séquences, les SNP permettent une comparaison directe et une analyse conjointe des différentes expériences. Les SNP seront probablement des marqueurs intéressants à appliquer à l'avenir dans les études sur la diversité génétique, parce

qu'ils peuvent être facilement utilisés dans l'évaluation de la variation fonctionnelle ou neutre. Cependant, la phase préliminaire de la découverte des SNP ou de la sélection des SNP à partir des bases de données est critique.

Les SNP peuvent être générés par différents protocoles expérimentaux comme le séquençage, le polyphormisme de conformation simple brin (SSCP – single-stranded conformational polymorphism) ou la dénaturation de la chromatographie liquide de haute performance (DHPLC - denaturing high-performance liquid chromatography) ou *in silico*, alignant et comparant des séquences multiples de la même région à partir des bases de données publiques sur les génomes et les étiquettes séquentielles d'expression (EST). Si les données ont été obtenues de façon aléatoire, les estimateurs standard des paramètres génétiques de la population ne peuvent pas s'appliquer (**Nielsen et Signorovitch, 2003**).

8.8 Variation interspécifique de la coquille

Pour une même espèce, la taille, la forme et la coloration peuvent aussi varier considérablement. Les variations de taille et de forme, généralement comprises entre deux extrêmes, sont linéaires et ne posent pas de problèmes de détermination ; dans le cas contraire, elles sont mentionnées. Parfois apparaissent des individus aberrants ou monstrueux à la suite d'accidents, de maladies ou pour des raisons génétiques (coquilles dextre chez une espèce senestre, ou l'inverse, etc..)

Les variations de coloration, quant à elles, sont plus fréquemment discontinues, sans formes intermédiaires dans une même population. Cette variabilité est souvent d'ordre génétique. Chez beaucoup d'espèces existent des formes albinos.

Lorsqu'une population d'une espèce comprend de nombreuses variations, elle est dite polymorphique et les occurrences (variables, en outre d'une population à l'autre) des différentes formes constituent le polymorphisme. Beaucoup de travaux ont été menés pour tenter de comprendre ce polymorphisme qui ne peut pas toujours, loin de là, s'expliquer par le milieu. (**Kerney et Cameron, 2006**)

Chapitre IV : Les ressources zoo génétiques et valorisation d'espèce escargot

9. Dans le monde

9.1 Importance d'identification des mollusques

Mollusks appartiennent au deuxième plus grand phylum dans le règne animal, ce qui indique l'importance dans l'écologie. La plupart sont la proie d'une variété de prédateurs vertébrés et invertébrés, et beaucoup sont consommés par les humains ainsi. Ils sont des décomposeurs de matière organique, donc des bâtisseurs de sol; disséminations de spores; prédateurs; herbivores; et des charognards. D'autres sont des ravageurs agricoles, domestiques et même industriels; beaucoup sont des hôtes pour les parasites. Il reste beaucoup à apprendre sur les relations biologiques et écologiques des mollusques, et de nombreuses possibilités restent ouvertes à la découverte concernant les effets bénéfiques ou néfastes de chaque espèce. Selon l'Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (UICN 1993), plus de 1200 mollusques sont connus ou soupçonnés d'être menacés dans le monde. Sans une connaissance approfondie de la biologie et de l'écologie de ces animaux, il sera difficile de préserver la diversité des espèces qu'ils représentent (**Thomas, 2013**).

9.1.1 Conservation des espèces menacées

La Liste rouge des animaux menacés de l'UICN (UICN 1993) de 1994 énumère sept catégories d'espèces menacées et les nations dans lesquelles elles se trouvent (ces catégories comprennent des espèces éteintes, menacées, vulnérables et rares, ainsi que des espèces insuffisamment connues mais soupçonnées d'être menacées et celles qui devraient être menacées si l'exploitation commerciale n'est pas réglementée). L'UICN (1993) répertorie 5 366 espèces animales menacées dans le monde, plus 563 espèces soupçonnées d'être menacées. Vingt pour cent de toutes les espèces menacées et soupçonnées sur cette liste sont des mollusques, et 20% sont des insectes. (**Thomas, 2013**).

9.1.2 Le rôle de l'Association nationale des producteurs d'escargots en Italie

La National Association of Snail Farmers a commencé à Cherasco en 1978. Une cinquantaine d'éleveurs d'escargots à travers l'Italie ont fondé l'Association lors d'une réunion annuelle organisée par l'Institut International de l'Agriculture des Escargots. Son objectif était de développer des systèmes et des normes pour améliorer la production d'escargots en Italie et pour coordonner la promotion et la commercialisation et pour augmenter la consommation

d'escargots au-delà d'être un mets délicat occasionnel. Les producteurs d'escargots qui utilisent la marque « Lumache Italiana » doivent respecter les normes d'assurance de la qualité de l'Association qui effectue des contrôles réguliers pour s'assurer que les producteurs maintiennent un niveau élevé de produits. (Sonya, 2003).

9.1.3 Potentiel de « production de pâturages » d'escargots comestibles en Italie

Au cours des 30 dernières années en Italie, l'élevage d'escargots est passé d'une petite industrie artisanale à une grande entreprise agricole reconnue. Pendant de nombreuses années en Italie et dans d'autres régions d'Europe, des escargots ont été prélevés dans la nature. Cette activité a entraîné une diminution du nombre d'escargots dans leur habitat naturel, de sorte qu'un embargo a été imposé sur la collecte des escargots sauvages.

En Italie aujourd'hui, les escargots sauvages ne sont plus considérés comme une source de nourriture, car des réglementations sanitaires strictes pour la consommation de nourriture sont maintenant en place. Ceci est nécessaire pour protéger le consommateur contre les escargots collectés qui peuvent avoir ingéré des plantes toxiques ou des produits chimiques potentiellement nocifs. Après des années d'expérimentation et d'essais pour le logement et l'élevage, la méthode italienne actuelle d'élevage d'espèces d'escargots *Helix* dans les zones ouvertes de « production de pâturages » s'est avérée moins exigeante en main-d'œuvre et plus rentable que la culture d'escargots à l'intérieur ou en serre. Les avantages économiques ne sont réalisés qu'après la récupération de l'établissement initial du périmètre et de la clôture intérieure. Un rendement financier rentable n'est pas probable pour 12 à 14 mois. Les frais généraux en cours sont inférieurs à ceux de la production intérieure ou de la production en serre, car les principaux coûts sont uniquement liés aux semences et à la main-d'œuvre pour la préparation du sol et l'ensemencement des cultures maraîchères. (Sonya, 2003)

10. En Algérie

10.1 Héliciculture en Algérie

Élevage d'escargots est en plein essor depuis une dizaine d'années | Le volume des exportations vers la rive sud de la Méditerranée progresse d'année en année, générant de substantiels revenus en devises.

Une armada d'ouvrières s'active en amont et en aval de la chaîne de tri, de conditionnement, de manutention et d'emballage de ces hélicidés aux qualités nutritives exceptionnelles. Des centaines d'agents sont en outre versés dans l'extraction, la livraison et la vente dans les marchés de la région. Si pour l'heure, seuls un éleveur et deux exportateurs sont agréés, l'activité évolue sur une courbe ascendante. L'élevage de ces gastéropodes terrestres et pulmonés se pratique dans les zones terriennes sans sel, humides et sans verglas.

« La création de sites d'élevage doit obéir à des conditions climatiques rigoureuses impliquant nécessairement le facteur de l'humidité. Les méthodes et les techniques d'élevage que nous employons ont trait au retournement du sol, mise en place d'un système d'arrosage vaporisé (tôt le matin et dans la soirée), clôture du terrain avec de la tôle galvanisée pour protéger l'escargot contre les prédateurs (rats) et accélération du cycle d'élevage durant le printemps », explique Riad Bouache, éleveur opérant à El Mahdjar, sur les berges du barrage Beni Haroun, dans la commune de Beinen. Et de préciser : « Ces techniques de pointe inspirées du modèle italien nous permettent de récolter 5 à 7 kg d'escargot/m² et environ 25 tonnes sur une superficie de 5000 m², sachant que le kilo est vendu en Italie entre 10 et 15 euros.»

Un pur produit du terroir «Le volume des achats de ces mollusques comestibles fluctue entre les 3 et 4 millions de dinars/j», affirme le patron de Sarl Souyadi Export, basée à Zeghaïa (à l'ouest de Mila), et l'une des 40 sociétés Challenge et Export au plan national.

La filière de l'élevage et de l'exportation de l'escargot vers la France et l'Italie vit un boom exceptionnel. « Des cargaisons importantes de cette espèce animale sont ramassées par une armée d'enfants et commercialisées. Parmi les espèces les plus en vogue, l'on retrouve l'Hélix aperta, lequel est écoulé dans les deux pays sus mentionnés entre 10 et 15 euros, l'Hélix aspersa grand gris (GG) et petit gris (PG) récolté dans les massifs montagneux et l'esbaniavermuculata qui croit principalement dans les vergers », indique M. Souyadi. **(Site9, Mahmoud,2012,).**

10.1.1 Quelques exemples d'héliciculteurs en Algérie

C'est une grande source de devises pour l'Algérie, dit : Makram Boumahrat, âgé de 36 ans, à quelques encablures de la forêt d'El Meridj (constantine) L'histoire de Makram avec ces mollusques commence en 2000 Ses premiers tests pour élever des escargots remontent à 2003. Néophyte à l'époque, il a connu plusieurs échecs, mais il ne s'est jamais découragé.

Vous savez, il était très difficile pour nous dans les années 1990 d'aller à l'école qui se trouvait à plusieurs kilomètres de la maison ; il fallait se lever à 5h, et puis avec l'insécurité qui régnait à l'époque, on ne pouvait plus continuer à s'y aventurer, nous devions plutôt réfléchir à un moyen pour survivre et aider nos parents. » Makram réussira finalement la première expérience d'héliciculture dès 2003 et il a commencé à faire l'exportation vers l'Espagne et l'Italie.

Il a décidé de rester en Algérie et de travailler sur cette terre, et de ne pas songer à l'immigration comme le font de nombreux jeunes (**site8, 2016**)

Un jeune agronome, qui travaille pour son compte dans la fabrication de l'aliment pour le bétail, vient de se découvrir une autre passion, celle de la collecte des gastéropodes, ou des escargots des champs, et de leur élevage dans la région d'Amizour(TiziOuzou). Cette dernière n'est d'ailleurs pas loin de la côte et se trouve sur la berge de l'Oued Soummam.

Ce n'est pas dans son petit patelin rocheux et sec qu'Abdelouahab est allé avec ses camarades à la recherche de ces mollusques, mais dans les plaines et champs des plantations d'orangers, de néfliers et autres arbres fruitiers qui longent l'Oued, et grâce à quelques une de ses connaissances à l'Est du pays, il a pu trouver un preneur de son produit qui sera commercialisé vers un pays Européen.(**Nadir, 2019**)

10.2 Caractéristique de l'élevage et état socio-économique de l'éleveur

10.2.1 Choix du site et structure du sol

L'élevage des escargots en Italie se fait en pâturages ouverts, avec des plantes appropriées pour la nourriture et l'abri. Aucune couverture d'ombre n'est utilisée. On tient compte du vent dominant lorsqu'on choisit un site de production d'escargots, car les vents forts assèchent le sol.

L'analyse et la désinfestation du sol sont entreprises pour s'assurer qu'il convient à la culture de légumes verts feuillus et pour éliminer les insectes prédateurs et les ravageurs. Il est recommandé que le sol soit friable avec un pH de 5,8 à 7,5, car un sol très acide ne convient pas à la production d'escargots. La teneur en calcium du sol devrait être d'environ trois à quatre pour cent. La structure du sol doit être moyenne à légère et friable. Le sol argileux ne

convient pas à la ponte des œufs, car il est habituellement trop difficile pour les escargots de s'y enfouir et peut devenir gorgés d'eau.

Il est important que les plantes et les escargots soient maintenus humides par la rosée nocturne, la pluie ou la brumisation contrôlée. Les escargots se déplacent plus facilement lorsque les feuilles et le sol sont humides. Ils mangent plus et croissent plus rapidement dans des conditions environnementales correctes. La pluie et l'irrigation contrôlée sont importantes pour la production d'escargots. Un bon drainage du sol est nécessaire pour que l'eau ne reste pas sur le sol dans les flaques. Le site devrait être exempt de grands arbres, car ceux-ci peuvent causer des problèmes comme attirer les oiseaux prédateurs, donner trop d'ombre pour le développement des cultures et prévenir la rosée. (Sonya, 2003).

10.2.2 Préparation du site

Le site doit être débarrassé des herbes et des mauvaises herbes par l'utilisation d'un herbicide de contact. Le sol est alors cultivé avec une houe rotative et la clôture périphérique est érigée. L'engrais est ajouté au sol et la désinfestation chimique des insectes prédateurs et organismes est effectuée. La superficie est ensuite divisée en sections pour la production de la première année et en poteaux en bois mis en place pour maintenir les clôtures internes du filet « Helitex ».

Le sol est à nouveau préparé avec une nouvelle houe rotative avec addition de chaux si nécessaire et l'irrigation est établie. Les cultures sont semées après que le sol a été égalisé et les clôtures intérieures sont érigées. Enfin, les voies sont de nouveau dégagées par un herbicide de contact comme le Roundup® entre toutes les clôtures pour faciliter l'entretien. Le périmètre extérieur est clôturé avec des feuilles de fer galvanisé. Les feuilles galvanisées sont enterrées à une profondeur de 30-40 centimètres avec des poteaux en bois ou en fer de soutien. Le but principal du périmètre est d'empêcher l'entrée des prédateurs, surtout ceux qui creusent des terriers. Il est nécessaire d'avoir une zone dégagée entre le périmètre et la clôture intérieure. Si des escargots s'échappent des clôtures internes, le sol dégagé et la clôture périphérique les empêcheront d'aller plus loin. Ajout d'un grillage métallique et/ou d'un fil électrifié sur le dessus des tôles galvanisées donne une plus grande sécurité à la zone de production d'escargots. (Sonya, 2003).

10.2.3 Plantes adaptées à la croissance des escargots

Comme l'escargot est végétarien, il aime une variété d'aliments tels que les légumes et les céréales naturelles. Cependant, l'alimentation dans les systèmes de « production de pâturages » comprend habituellement seulement les plantes qui ont des feuilles vertes charnues contenant des sels minéraux, des nitrates et des sulfates et des carbonates qui aident à la construction de coquilles.

Les usines ont deux rôles à jouer dans la production efficace d'escargots — la fourniture de la nourriture et la protection contre les intempéries (soleil, pluie abondante ou grêle). Certaines de ces plantes comprennent la bardane, la bourrache plantain, l'oseille, le cerfeuil et le tournesol.

Les plantes qui sont surtout utilisées dans les unités italiennes de « production de pâturage » sont la betterave, le chou (chou de Virginie), la chicorée, l'artichaut, le radis et le tournesol.

Toutes les plantes sont fortement semées à la main pour donner une couverture de sol dense et une variété de plantes sont semées selon la saison de croissance (cultures d'hiver et d'été). Calendrier de semis est important pour assurer qu'il y a toujours une végétation établie. La rotation des zones de culture est essentielle pour une production optimale des cultures et des escargots. (Sonya, 2003).

10.3 Intérêt thérapeutique pour l'escargot

Le XIXe siècle voit un regain d'intérêt pour l'usage pharmaceutique et médical de l'escargot avec, en particulier le travail de Georges Tarenne en 1808 et son ouvrage sur les escargots et leur capacité à guérir les hernies ou descentes « sans dépense ni secours étranger » 7. Parlant du suc d'escargot, Tarenne indique que « sa viscosité, sa force astringente ou de contraction, et ses facultés reproductives me firent aussitôt présumer qu'il fermerait, de quelque manière que ce soit, les ouvertures herniaires ». Il faut aussi citer le travail de O. Figuiet vers 1840. Il cite E. Soubeiran : « Les limaçons contiennent un principe mucilagineux animalisé, mal connu dans sa nature chimique mais que quelques personnes, cependant, emploient avec confiance dans les maladies de poitrine ; quelquefois, on fait avaler les limaçons crus. Sous cette forme, c'est un remède dégoûtant » 8. Et Figuiet indique que plusieurs médecins ont l'expérience de cet usage thérapeutique des escargots : Chrestien, Pourché, Legrand, Simon et Flin, qui tous emploient le remède pour la phtisie. L'ouvrage décrit les formes pharmaceutiques utiles : sucre d'escargots, tablettes, sirop, pâte d'escargots, chocolat

d'escargot. Ces formulations sont destinées à l'administration orale et indiquées contre les rhumes opiniâtres, la phtisie au 1er et 2e degré, les irritations aiguës et chroniques de la poitrine et des organes digestifs. Enfin, la pommade d'escargots est réservée à l'usage externe pour les gerçures et les efflorescences dartreuses. (Bruno, 2003).

10.4 Intérêt éco toxicologique de l'escargot :

L'éco-toxicologie a une importance primordiale pour l'évaluation de la qualité des Biomes et écosystème. Elle s'intéresse surtout aux interactions entre les différents produits chimiques répandus dans l'environnement et le biotope dans plusieurs domaines, ainsi, grâce à ses caractéristiques de puissant bio-indicateur et bio-accumulateur, l'escargot *Helix aspersa* est utilisé comme échantillon ou témoin pour vérifier l'éco-toxicité de l'environnement (Muller; 1774). Les différentes espèces d'escargots sont faciles à trouver, à collecter et à identifier, en temps pluvieux, les végétaux et le contact avec le sol superficiel. En effet, l'escargot est en contact permanent avec plusieurs contaminants ou polluants qu'il absorbe par diverses voies respiratoire, digestive ou transcutanée (Gomot- de vaufleury et pihan; 2000). Il peut, aussi, accumuler dans sa coquille des métaux toxiques tel que le plomb (beeby et richmond; 2011). L'écologie, la physiologie, la variabilité de l'escargot sont connues, son élevage en conditions de laboratoire est facile mais, cependant, il reste sensible à de nombreux contaminants (chevalier 1977, Gomot et al 1989, Gomot de vaufleury., 2000). La reproduction et la croissance de l'escargot permettent d'évaluer les indices de degré de pollution du sol par les pesticides. Cet animal permet d'évaluer la teneur des pesticides organophosphorée et d'étudier la bioaccumulation des métaux lourds dans la partie du réseau trophique qui le concerne (Russel et al 1981, Gomot et al., 1989) Le genre *Helix*, élevé dans des conditions favorables, peut être utilisé comme bio indicateur de la pollution terrestre, ou il est utilisé aussi comme organisme testeur de la toxicité des métaux (Gomot et al 1997, de vaufleury et Gomot., 1998). Il est un élément des réseaux trafiques capable de transférer les polluants du sol aux des plantes et aux prédateurs (Ouarda,2019).

Matériel et méthodes

1. Zone d'étude

Ce travail a été réalisé au niveau de 14 wilayas de l'Algérie dont l'ouest est représenté par : **Tlemcen (13), Oran (31), Sidi Bel Abbès (22), Mostaganem (27), Ain Témouchent (46), Naama (45), Mascara (29).** Le nord par : **Alger (16).** L'est par : **Annaba (23), Constantine (25), El Taref (36) (24) et Mila (43)** comme il est représenté dans la carte ci-dessous dont la superficie totale est égale à **79607 km²**.

1.1 Présentation de la zone d'étude

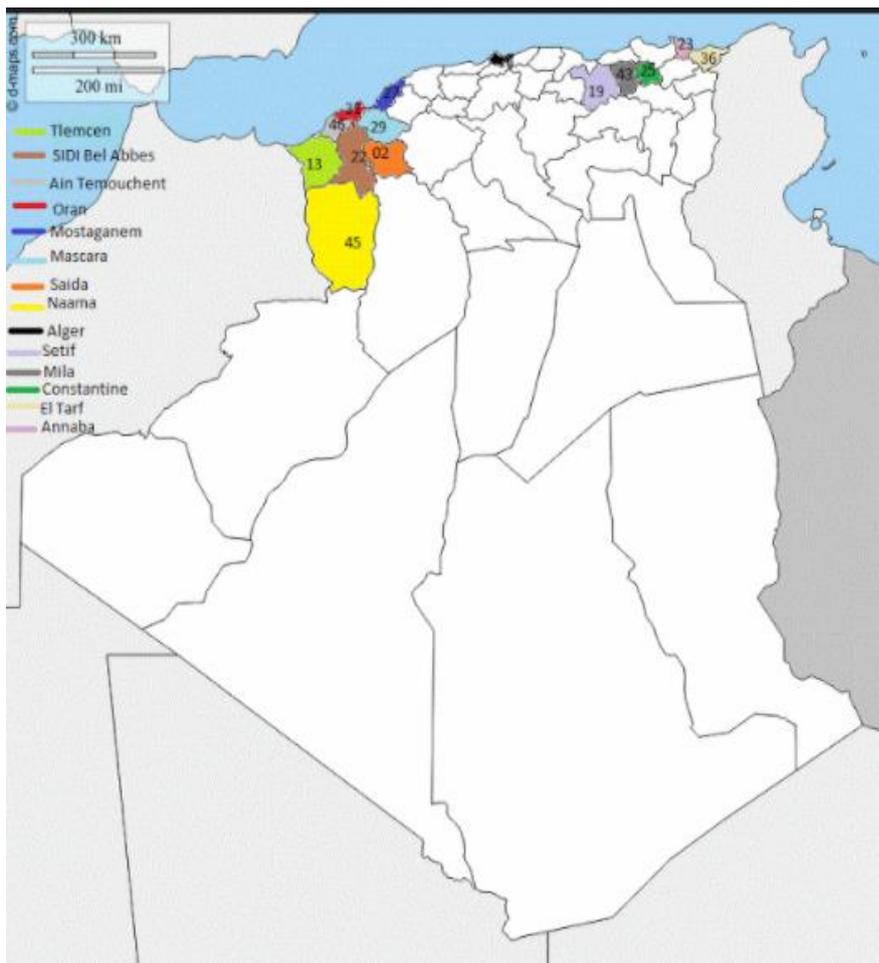


Figure 17 : Carte géographique des wilayas visitées

1.2. Présentation des wilayas étudiées

Tableau 2 : L'Est Algérien (Wilaya avec communes)

Wilayas	Mila	El Tarf	Constantine	Annaba	Setif
Communes	Beni Haroun	El Kala	Djebel El Ouahch	Cheurfa	Béni Aziz
DP(Km)	928	1132	919	1042	840

Distance parcourue (DP), Distance Totale parcourue (DTP).

Tableau 3 : L'Ouest Algérien (Wilaya avec communes)

Wilayas	Tlemcen	Oran	Sidi belabbes	Mostaganem	Ain Témouchent	Naama	Mascara	Saida
Communes	-Ouiziden -Maghnia -Ain youcef -Ain fezza -Hennaya -Gouassir Ghazaouat -El Fhoul	-Bethioua Misserghin	-Hassi Zehana -Lamtar	Ain tédlès	-Ain kihal -Chaabat El Leham -Sidi Ben Adda -Ain El Arbaa	AinSefra	-Maoussa -tighennif	-Ain El Hadjar -Hounet
DP(Km)	228	248	73	249	104	334	230.9	365
DTP : 1831.9 km								

Tableau 4 : Le Nord Algérien (wilayas avec communes)

Wilayas	Alger
Communes	-Ain benian -Bouchaoui -Bainem -Ben Aknoun
DP(Km)	571.8 Km

Distance Totale parcourue tout au long des sorties est estimée de : **6264 ,7 km**

1.3 Etude climatique des régions étudiées

Tableau 3 : Températures et pluviosités annuelles des wilayas étudiées

Wilaya	Température moyenne annuelle (°C)	Pluiosité annuelle (mm)
Tlemcen	16	484
Ain Témouchent	19.1	316.2
Sidi Bel Abbès	15.7	442
Oran	18.1	376
Mostaganem	14.4	347
Alger	17.7	707
Mila	15.3	501.7
Constantine	15.5	630
Mascara	14.4	393.2
El Tarf	18.3	694
Annaba	18.4	712
Setif	13.3	469
Naama	18	214
Saida	16.7	365.4

Les régions étudiées présentent des températures et pluviosités qui se diffèrent d'une wilaya à une autre dans le but de faire une comparaison entre les populations des escargots terrestres trouvées prenant en considération les conditions environnementales.

Nos déplacements sur terrains nécessitent d'abord une étude bibliographique afin de bien définir l'escargot et ses caractéristiques. Les déplacements

Le travail est basé sur l'étude morphométrique et phénotypique de **751** individus de différentes espèces à l'aide d'un logiciel statistique **image J**

On a pu visiter **14 wilaya** comprennent **31 communes** dont la Distance Totale parcourue tout au long des sorties est estimée de : **6264 ,7 km**

Pour le choix des animaux : on a pris tous les populations trouvées dans les communes visitées.

Quelques photos prise lors des sorties



Figure 18 : Maghnia (originale,2020)



Figure 19 : El Fhoul (originale,2020)



Figure 20 : Ain Youcef(originale,2020)



Figure 21 : Bouchaoui(originale,2020)



Figure 22 : Annaba(originaire,2020)



Figure 23 : El Kasdir(originaire,2020)

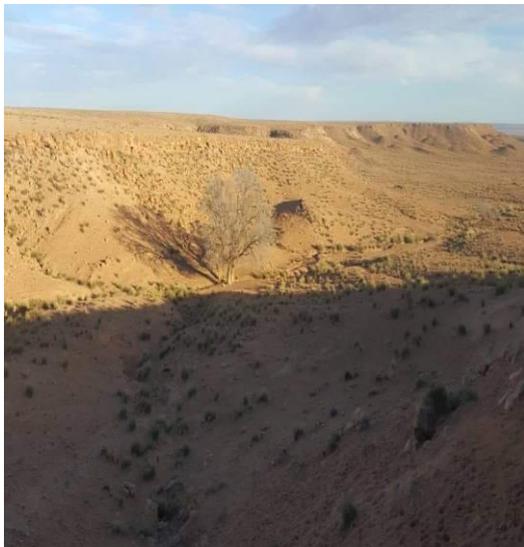


Figure 24 : Naama(originaire,2020)

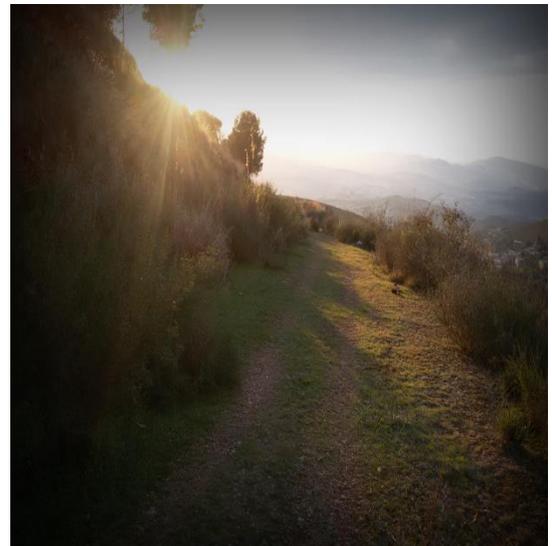


Figure 25 : Djebel El Ouahch(originaire,2020)

La deuxième partie des enquêtes a eu lieu dans les marchés .Nous étions accompagnés d'un questionnaire afin de le remplir par les citoyens.

Le but de cette enquête est de faire une statistique sur l'état national de l'héliciculture , comment ça déroule et qu'elles sont les espèces les plus vendus .



Figure 26 : Marché de Remchi(originale,2020)



Figure 27 : Marché de Maghnia(originale,2020)



Figure 28 : Marché de Ain Youcef (originale, 2020)



Figure 29: Marché de Tlemcen(originale,2020)

1.4 Variables étudiées.

a. Quantitatifs

Les mensurations étudiées ont été traitées par l'image j après avoir photographié chaque individu de plusieurs angles puis entré l'image dans logiciel pour calculer les mesures suivantes :

1. -Le poids (**P**),
2. -la hauteur de la coquille (**HC**)

3. -la longueur de la coquille (LC)
4. -largeur de la coquille (LGC)



Figure 30 : Mesure de poids(originale,2020)



Figure 31 : Mesure de longueur et largeur de la coquille (originale,2020)



Figure 32 : Mesure de la hauteur de la coquille (originale,2020)

b. Qualitatifs :

Deux caractères ont été pris en considération qui dominent le phénotype et qui sont :

1. -Couleur de la chair (CCH)
2. -Couleur de la coquille (CC)

2. Extraction d'ADN mitochondrial

2.1 Préparation des échantillons

Le protocole suivi durant cette manipulation est basé sur les recommandations et les données fournies par un chercheur New zélandais (Prof. Steve Trewick de l'université de Massey Palmerston de North, New Zealand) et ceci a été publié dans des journaux scientifiques (voir l'annexe 2).

Après la fin des sorties les échantillons sont notés, identifiés et répertoriés puis ils sont congelés à moins -20°C . Dans le laboratoire et à l'aide d'une trousse de dissection (figure 33) on a coupé le tissu musculaire pour récupérer de la chair de l'escargot (Figure 34). Puis le tissu récupéré est immédiatement déposé à l'aide d'une micropipette dans l'éthanol 95 après avoir rempli les épendorfs à 1.5 ul. (Figures 35 ; 36 et 37)

Ce travail est fait pour but de préparer le tissu musculaire de l'escargot afin d'extraire l'ADN mitochondrial qui va nous donner une idée sur l'histoire de la migration des populations d'escargots locales en comparant les haplotypes de chaque région.



Figure 33 : Trousse de dissection (originale,2020)



Figure 34 : Extraction de la chair (originale,2020)



Figure 35 : Coupure de tissu musculaire (originale,2020)



Figure 36 : Suspension de l'éthanol(originale,2020)



Figure 37 : Disposition de l'éthanol dans les Ependofes (originale,2020)

3. Matériel utilisé

Les différentes paramètres morphométriques ont été mesurés à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image :**image j** avec une plateforme **32 bits**. La mensuration de paramètre poids a été mesuré à l'aide d'une **balance électronique**.

Les tests d'analyse statistique ont été faite par **logiciel SPSS version 21.0** afin de regrouper les individus qui portent les mêmes caractères étudiés en se basant sur les mensurations corporelles pour définir une classification et présenter les caractéristiques qualitatives.



Figure 38 : Balance électronique (originale, 2020)

4. Identification

Le principe de l'identification était basé sur l'expérience du *Dr Damerджи Amina* spécialiste de zoologie et le guide des escargots et limaces d'Europe.

Les critères suivis lors de l'identification :

- ✓ La forme, la taille, la couleur, les spires des coquilles constituent autant d'éléments utiles à la détermination et l'identification des espèces de l'escargot.
- ✓ La forme générale de la coquille est déterminée par la forme des tours et leurs mode d'accroissement. La spire peut être très basse et se situer au-dessous du bord supérieur du dernier tour ; elle peut être plâtre ou allongée et prendre des formes très diverses dans les cas des coquilles convexes, elle peut être conique convexe, plus aux moins cylindrique ou fusiforme jusqu'à proximité de l'apex.
- ✓ La taille de la coquille est également un caractère important. Deux dimensions principales, le diamètre et la hauteur sont déterminantes pour la description.
- ✓ Les caractéristiques de l'ouverture de sa marge, le péristome, sont souvent décisifs pour l'identification, mais ne sont clairement manifestés que chez les adultes.
- ✓ La coquille présente d'autres caractères utiles pour l'identification. Chez quelques espèces elle peut être poilue ; les poils sont une extension du périostracum. Ils sont fréquemment absents, par suite de l'abrasion des coquilles âgées mais leurs points d'insertion restent visibles à fort grossissement.

- ✓ La couleur et l'épaisseur de la coquille varient considérablement d'une espèce à l'autre. Ces caractères sont ceux l'ostracum ; plus celui-ci est fin et peu calcifié, plus la coquille est translucide.
- ✓ Les coquilles de certaines espèces deviennent blancs laiteux après la mort de l'animal. La coquille peut présenter des bandes, des taches de teintes différentes et, parfois le péristome lui-même possède sa coloration propre.

Résultat et Discussion

I. Résultats et interprétation

Les analyses statistiques ont été réalisées pour décrire les populations d'escargot terrestre trouvées dans le nord, l'Est et l'Ouest Algérien. Annaba, Constantine, Tlemcen, El Tarf, Mila, Setif, Naama, Mostaganem, Alger, Saida, Sidi Belabbes, Ain Timouchent, Mascara et Oran. Et pour voir aussi une idée sur la différenciation des individus.

I. Résultats

1. Mensurations corporelles

1.1. Analyse descriptive

Les Intervalles de confiance, Minima, Maxima, Moyennes, Erreurs Standards, Ecart-types, Variances et Coefficients de Variations sont rapportés dans le tableau (6).

Tableau 6: Analyse descriptive des mensurations corporelles chez l'ensemble de la population étudiée

	Min	Max	Moyenne	ES	Ecart type	Variance
HC	0.90	4.29	1.9957	0.02075	0.56859	0.323
LC	0.92	5.38	3.3592	0.03394	0.93016	0.865
LGC	1.00	4.11	2.6718	0.02507	0.68696	0.472
P (g)	1.50	17.00	7.3445	0.13945	3.82153	14.604

Hauteur de la coquille (LH), largeur de la coquille (LGC), longueur de la coquille (LC) poids(p)

1.2 Variations des variables selon l'espèce

Les mensurations corporelles étudiées chez chaque espèce de la population étudiée sont présentes dans le tableau (7). Il existe une différence significative entre les espèces ($p < 0,05$).

Tableau 4 : Variation de la hauteur de coquille selon l'espèce

HC	L'espèce	N	moyenne ± écart type	sig
	Helix aperta	116	1,56±0,27	***
	Helix pomatia	55	2,47±0,91	
	Helix aspersa	51	1,89±0,40	
	Arianta arbustum	10	1,73±0,24	
	Otala punctata	292	2,13±0,40	
	Theba pisana	109	1,75±0,57	
	Pseudotachia splendida	35	1,67±0,32	
	Helicella itala	16	1,57±0,27	
	Eobania vermiculata	3	1,88±0,11	
	Cepea sylvatica	4	1,49±0,09	
	Cepea nemoralis	1	/	
	Cepea hortensis	1	/	
	Cryptomphalus aspersus	17	2,85±0,33	
	Gllandia annularis	8	3,02±0,62	
	Sphincterochila boissieri	33	2,33±0,36	
	Total	751	1,99±0,56	

***:hautement significative.

Le tableau 6 montre la variation de la mensuration du caractère HC chez les espèces trouvéesprésenté avec une moyenne ± écart type qui se diffère d'une espèce à une autre dont la p value(0.00) est toujours inférieure à 0.05 qui est hautement significative. Donc, il ya une différence significative pour le caractère HC entre les espèces étudiées.

Tableau 5 : Variation de longueur de la coquille selon l'espèce

LC	L'espèce	N	moyenne ± écart type	sig
	Helix aperta	116	2,46±0,32	***
	Helix pomatia	55	3,52±0,86	
	Helix aspersa	51	2,76±0,56	
	Arianta arbustum	10	2,68±0,37	
	Otala punctata	292	4,25±0,45	
	Theba pisana	109	2,60±0,52	
	Pseudotachia splendida	35	2,72±0,33	
	Helicella itala	16	2,35±0,15	
	Eobania vermiculata	3	2,95±0,32	
	Cepea sylvatica	4	2,32±0,04	
	Cepea nemoralis	1	/	
	Cepea hortensis	1	/	
	Cryptomphalus aspersus	17	3,41±0,39	

	<i>Glandia annularis</i>	8	3,59±0,86	
	<i>Sphincterochila boissieri</i>	33	2,85±0,11	
	Total	751	3,35±0,93	

La longueur de la coquille présente une différence hautement significative entre les espèces étudiées (Pvalue<0.05), comme il est indiqué dans (Tableau 8) qui présente la mensuration de caractère LGC chez les espèces trouvées.

Tableau 6 : variation de la largeur de la coquille selon l'espèce

LGC	L'espèce	N	moyenne ± écart type	sig
	<i>Helix aperta</i>	116	1,94±0,53	***
	<i>Helix pomatia</i>	55	2,61±0,56	
	<i>Helix aspersa</i>	51	2,19±0,50	
	<i>Arianta arbustum</i>	10	1,95±0,24	
	<i>Otala punctata</i>	292	3,34±0,31	
	<i>Theba pisana</i>	109	2,16±0,41	
	<i>Pseudotachia splendida</i>	35	2,28±0,25	
	<i>Helicella itala</i>	16	2,14±0,27	
	<i>Eobania vermiculata</i>	3	2,68±0,16	
	<i>Cepea sylvatica</i>	4	2,12±0,15	
	<i>Cepea nemoralis</i>	1	/	
	<i>Cepea hortensis</i>	1	/	
	<i>Cryptomphalus aspersus</i>	17	2,90±0,31	
	<i>Glandia annularis</i>	8	2,88±0,46	
	<i>Sphincterochila boissieri</i>	33	2,50±0,59	
	Total	751	2,67±0,68	

***:hautement significative

Les espèces étudiées se diffèrent aussi dans le caractère LGC dont la p value est inférieure à 0.05 ce qui est fortement significative (tableau 8).

Tableau 7 : variation du poids selon l'espèce

P	L'espèce	N	moyenne ± écart type	sig
	<i>Helix aperta</i>	116	4,33±1,60	***
	<i>Helix pomatia</i>	55	9,34±3,46	
	<i>Helix aspersa</i>	51	7,07±2,69	
	<i>Arianta arbustum</i>	10	7,40±2,63	
	<i>Otala punctata</i>	292	10,37±3,11	
	<i>Theba pisana</i>	109	3,99±1,10	
	<i>Pseudotachia splendida</i>	35	5,56±2,69	
	<i>Helicella itala</i>	16	2,35±0,25	
	<i>Eobania vermiculata</i>	3	3,26±0,15	

	Cepea sylvatica	4	2,12±0,09	
	Cepea nemoralis	1	/	
	Cepea hortensis	1	/	
	Cryptomphalus aspersus	17	5,58±2,29	
	Gllandia annularis	8	5,37±3,99	
	Sphincterochila boissieri	33	5,57±1,52	
	Total	751	7,34±3,82	

***:hautement significative

La variation de caractère poids selon les espèces est présentée dans le (tableau 8), ou il diffère d'une espèce à une autre. Plus qu'une p value qui est inférieure à 0.05. Alors, il ya une différence significative pour le caractère poids entre les espèces étudiées.

1.3Variation des variables selon la région

Tableau 8 : Variation de la hauteur de la coquille selon la région

HC	région	N	moyenne ± écart type	sig
	Annaba	32	1,21±0,14	***
	Constantine	73	1,75±0,26	
	tlemcen	180	2,14±0,70	
	EL tarf	74	2,24±0,67	
	Milla	32	1,74±0,21	
	Setif	52	1,67±1,67	
	Naama	33	2,33±0,36	
	Mostaganem	40	2,37±0,32	
	Alger	70	1,86±0,78	
	Saida	35	2,08±0,19	
	Sidi Bel Abbès	35	2,09±0,22	
	Ain temouchent	31	1,95±0,25	
	Mascara	31	1,97±0,22	
	Oran	33	2,01±0,23	
	Total	751	1,99±0,56	

Le caractère HC est étudié chez la population des escargots selon la région (14 régions) dans le (tableau 10) avec une comparaison moyenne ± écart type .la p value de la variation est égale à 0.01 ce qui est hautement significatif. Le caractère HC présente aux moins une différence significative entre les individus étudiés selon la région.

Tableau 9 : variation de la longueur de la coquille selon la région

LC	région	N	moyenne ± écart type	sig
	Annaba	32	2,12±0,26	***
	Constantine	73	2,69±0,34	
	tlemcen	180	3,30±0,76	
	EL tarf	74	2,94±0,76	
	Milla	32	2,39±0,21	

	Setif	52	2,70±0,17	
	Naama	33	2,85±0,11	
	Mostaganem	40	4,34±0,36	
	Alger	70	3,46±1,19	
	Saida	35	4,31±0,43	
	Sidi Bel Abbès	35	4,55±0,25	
	Ain temouchent	31	4,06±0,49	
	Mascara	31	4,30±0,38	
	Oran	33	4,46±0,32	
	Total	751	3,35±0,93	

Le tableau 11 montre la variation de la mensuration du caractère LC chez les individus trouvés présenté avec une moyenne \pm écart type qui se diffère d'une région à une autre dont la p value(0.00) est toujours inférieure à 0.05 qui est hautement significative .Donc , il ya une différence significative pour le caractère LC selon la région.

Tableau 10 : variation de la largeur de la coquille selon la région

LGC	région	N	moyenne \pm écart type	sig
	Annaba	32	1,60±0,19	***
	Constantine	73	2,06±0,27	
	tlemcen	180	2,59±0,52	
	EL tarf	74	2,56±0,56	
	Milla	32	1,78±0,19	
	Setif	52	2,25±0,22	
	Naama	33	2,50±0,05	
	Mostaganem	40	3,18±0,15	
	Alger	70	2,76±0,84	
	Saida	35	3,44±0,19	
	Sidi Bel Abbès	35	3,52±0,20	
	Ain temouchent	31	3,39±0,24	
	Mascara	31	3,42±0,24	
	Oran	33	3,42±0,23	
	Total	751	2,67±0,68	

Le tableau ci-dessus présente la variation de LGC selon la région qui montre une différenciation de la mensuration entre les individus de la population trouvée avec une p value qui est inférieure à 0.05 ce qui confirme qu'il existe une différence significative du caractère LGC selon la région.

Tableau 11 : variation de poids selon la région

P	région	N	moyenne \pm écart type	sig
	Annaba	32	5,06±1,85	***
	Constantine	73	7,50±2,21	
	tlemcen	180	6,78±3,56	

	EL tarf	74	4,27±3,08
	Milla	32	4,68±1,61
	Setif	52	3,77±1,13
	Naama	33	5,57±1,52
	Mostaganem	40	6,15±2,40
	Alger	70	8,02±4,20
	Saida	35	12,05±0,99
	Sidi Bel Abbès	35	12,34±1,58
	Ain temouchent	31	11,29±2,47
	Mascara	31	11,38±2,24
	Oran	33	11,42±2,37
	Total	751	7,34±3,82

La variation de poids selon la région est montré dans le tableau 13) avec une moyenne \pm écart type ou la p value est <0.05 .Il existe une différence significative pour le caractère poids entre les individus de la populations d'escargots selon la région .

1.4 Variation des individus

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur les mensurations corporelles étudiées. Les résultats rapportés dans le tableau (15) montrent que ces mensurations représentent **92,119%** de l'inertie totale sur les deux axes ce qui est relativement très fort.

Tableau 12 : valeur propre de l'ACP

Composante	Valeurs propres initiales			Sommes extraites du carré des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
1	3,012	75,296	75,296	3,012	75,296	75,296
2	0,673	16,823	92,119	0,673	16,823	92,119

Notre analyse montre que les deux axes 1 et 2 représentent respectivement **75,29%** et **92,119%** de l'inertie totale, soit deux groupes de variables.

- L'axe 1(**75.29**) est représenté par LC, LGC
- L'axe 2(**92.11**)est représenté par P, HC

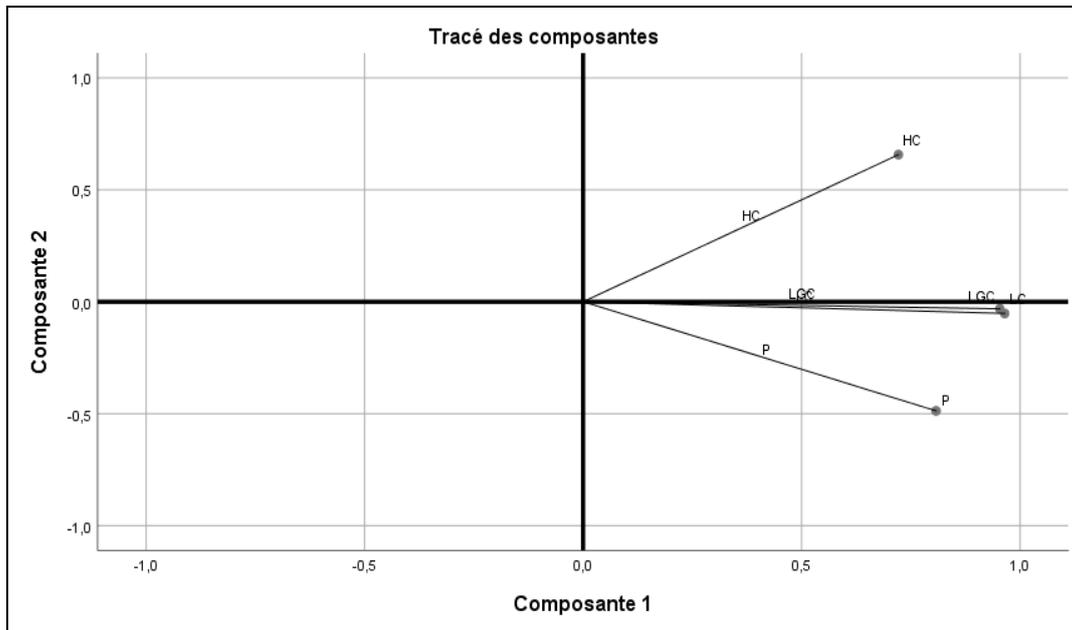


Figure 39 : présentation des mensurations corporelles par ACP chez la population d'escargot

L'analyse en composante principale : ACP (figure53) et la classification ascendante hiérarchique (figure54) ont permis de déterminer deux classes.

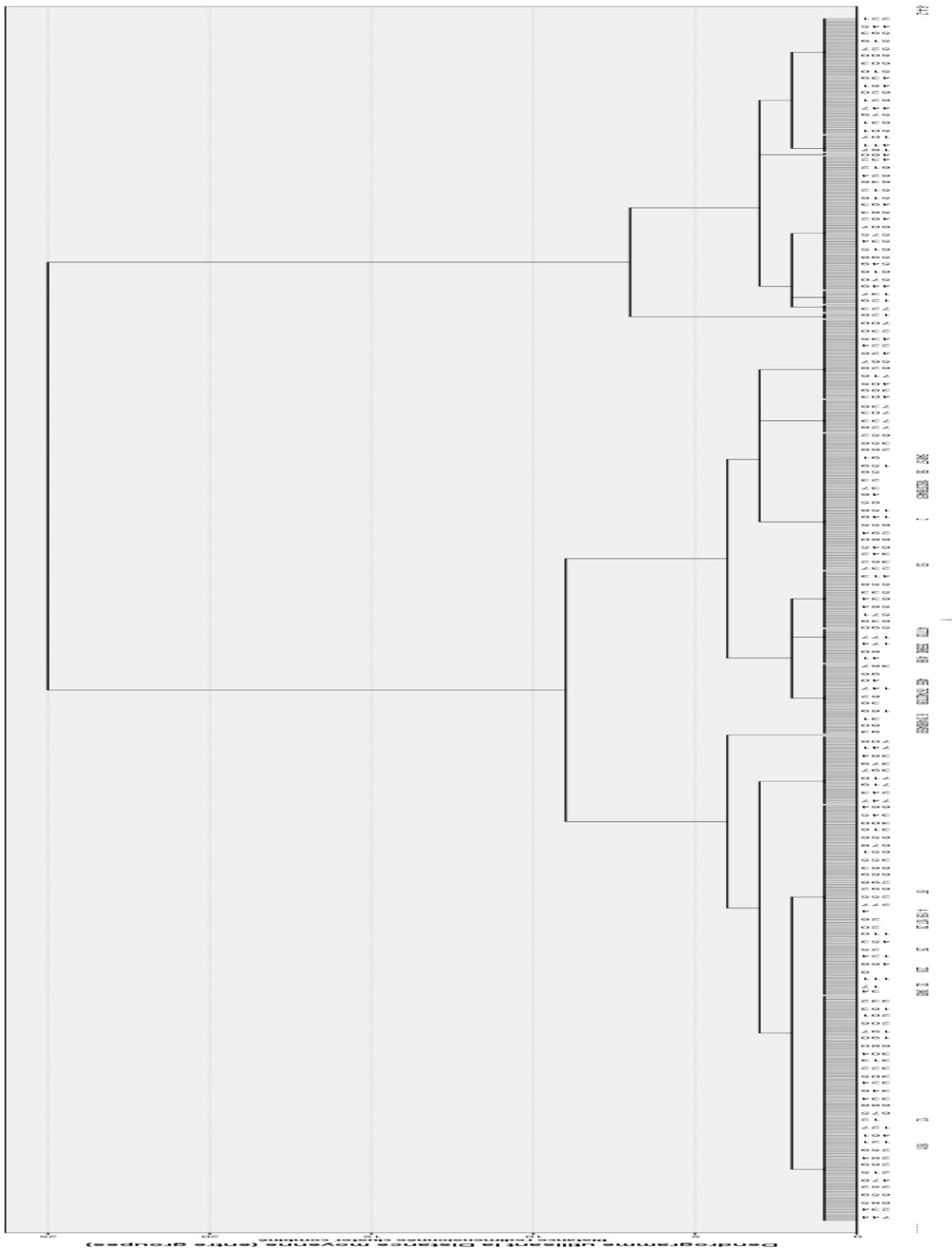


Figure 40 : Arbre hiérarchique en utilisant la distance moyenne (entre classes) chez la population d’escargot terrestre.

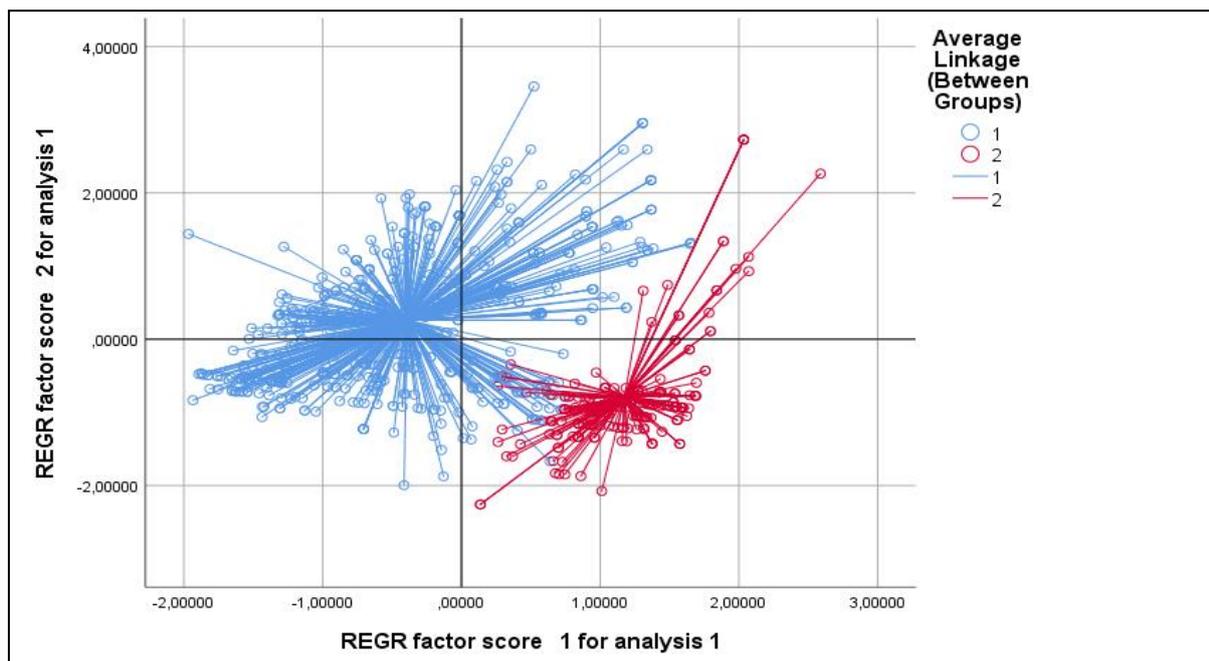


Figure 41 : présentation des individus de la population d’escargot par ACP

En s’appuyant sur le résultat de l’ACP (figure 55) et celui de la classification hiérarchique ascendante (figure 54) on a pu déterminer deux classes différentes d’escargots. (Tableau16).

- **Classe01** :cette classe est majoritaire elle présente plus que la moitié de la population étudiée (563) ; les escargots de cette classe ont les coquilles les moins hauts ($1,92 \pm 0,57$) cm et moins longue ($3,02 \pm 0,79$) cm avec une largeur étroite ($2,42 \pm 0,58$) cmainsi qu’un poids moins massif ($5,53 \pm 2,39$) g.
- **Classe 02** : les escargots de cette classe (188) sont plus hauts ($2,22 \pm 0,50$) cm avec une coquille plus longue ($4,37 \pm 0,47$) cm et plus large ($3,43 \pm 0,32$) cmavec poids plus massif respectivement ($12,79 \pm 1,25$) g.

Tableau 13 : classification des escargots par ACP

	Classe 01	Classe 02
N	563	188
LH	$1,92 \pm 0,57$	$2,22 \pm 0,50$
LC	$3,02 \pm 0,79$	$4,37 \pm 0,47$
LGC	$2,42 \pm 0,58$	$3,43 \pm 0,32$
P	$5,53 \pm 2,39$	$12,79 \pm 1,25$

2.Caractères phénotypiques

2.1 Analyse descriptive

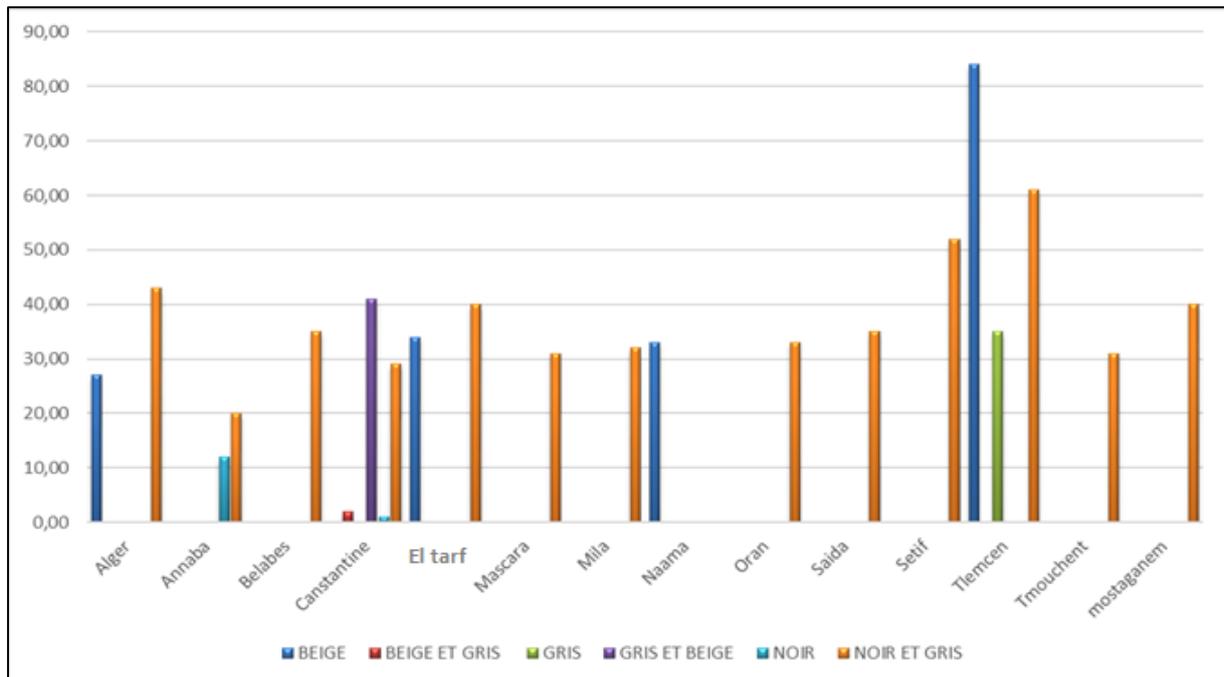


Figure 42: Diagramme de la couleur de la chair dans les wilayas visitées

Le diagramme ci –dessus présente la distribution de la couleur de la chair dans les wilayas visités dont Constantine présente plus de diversité de couleur (beige et gris, gris et beige, noir, noir et gris) suivie par la wilaya de Tlemcen (noir et gris, gris, beige) puis Alger (beige, noir et gris) Annaba (noir, noir et gris) en revanche, les individus des autres wilayas ont une seule couleur Naama (beige), Sidi Belabbes Mascara,Mila,Oran,Saida,Setif, Temouchent, El Tarf et Mostaganem, portent la couleur (noir et gris).

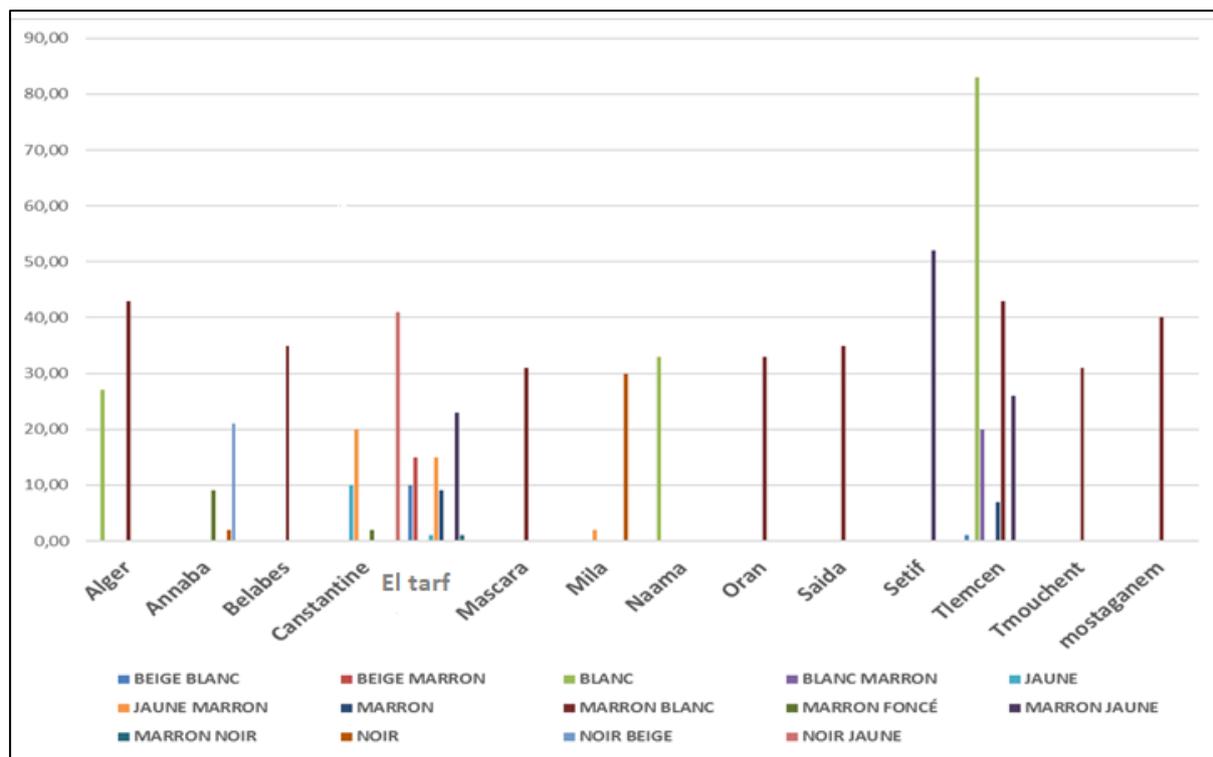


Figure 43 : Diagramme de la couleur de la coquille dans les wilayas visitées

Le diagramme ci-dessus présente la variation de la couleur de la coquille en fonction des wilayas étudiées dont El tarf présente plus de variabilité de coquilles (beige et marron, beige et blanc, jaune, jaune et marron, marron et noir, marron et jaune, marron), suivie par la wilaya de Tlemcen (beige et blanc, blanc,marron et jaune, marron, marron et blanc,blanc et marron).Puis Annaba avec trois couleurs ;(marron foncé,noir, noir et beige).Constantine:jaune et marron, noir et jaune,jaune, marron foncé). Ensuite, Alger qui comprenne blanc, marron et blanc. Mila ;(jaune et marron,noir). En parallèles les autres wilayas se caractérisent par une seule couleur de coquille : Naama (blanc), Setif (marron et jaune), Oran,Sidi Bel Abbès, Mascara,Saida, Timouchent et Mostaganem sont marron et blanc.

Tableau 14: Test d'indépendance entre région et CC

Khi ² (Valeur observée)	3892,45
Khi ² (Valeur critique)	368,04
DDL	325
p-value	< 0,0001
Alpha	0,05

Interprétation du test :

- H0 : Les lignes et les colonnes du tableau sont indépendantes.
- H1 : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%. Donc, on peut dire qu'il ya une relation entre la couleur de la coquille et la région.

Tableau 15 : Test d'indépendance entre les lignes et les colonnes (Région / (CCH))

Khi ² (Valeur observée)	1182,18
Khi ² (Valeur critique)	143,25
DDL	117
p-value	< 0,0001
Alpha	0,05

Interprétation du test :

- H0 : Les lignes et les colonnes du tableau sont indépendantes.
- H1 : Il existe un lien entre les lignes et les colonnes du tableau.

Etant donné que la p value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha. Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0,01%. Donc, on peut dire qu'il ya une relation entre la couleur de la chair et la région

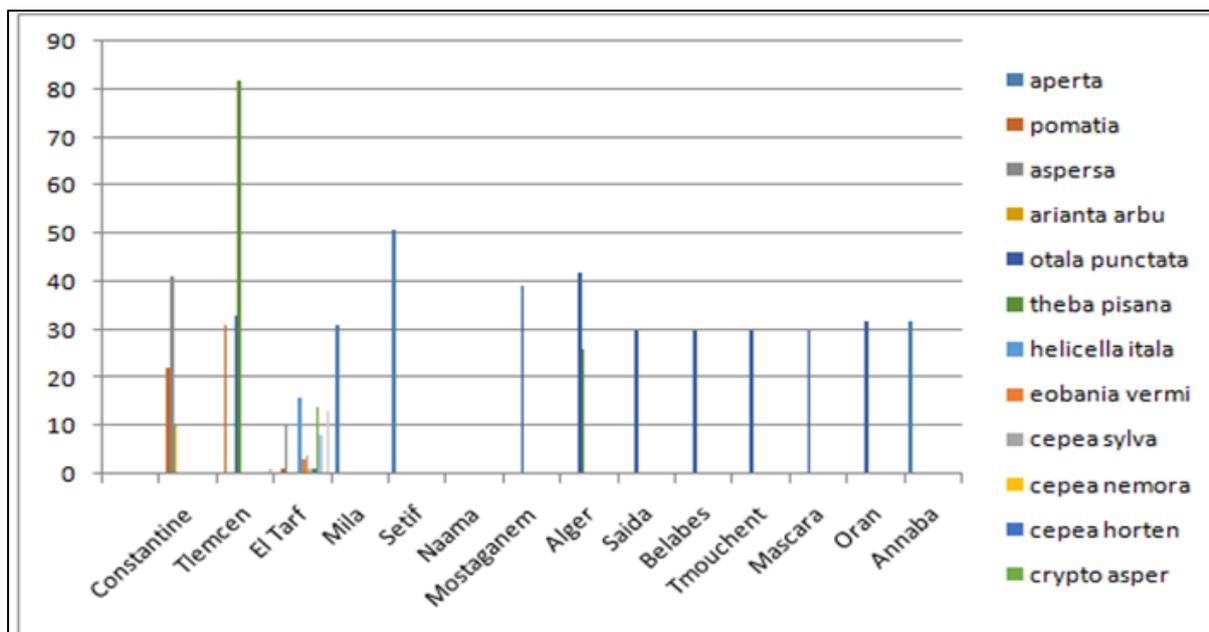


Figure 44: diagramme des espèces selon les régions étudiées

D'après le diagramme la wilaya d'El Tarf présente plus de variabilité des espèces par rapport aux autres régions (*Helix pomatia*, *helix aspersa*, *pseudotachea splendida*, *Glandia annularis*, *cryptomphallus aspersus*, *Cepea hortensis*, *Cepea nemoralis*, *Helicella itala*, *Cepea sylvatica*). Le reste des wilayas présentent peu de variétés : Constantine (*Helix aspersa*, *Arianta arbustrum*, *Helix pomatia*), Alger (*Otala punctata*, *Theba pisana*), Tlemcen (*Theba pisana*, *Helix pomatia*, *Pseudotachea splendida*, *Otala punctata*), Mila, Annaba et Setif (*Helix aperta*), Oran, Sidi Bel Abbès, Témouchent, Saida, Mostaganem, Mascara (*Otala punctata*) et Naama (*Sphincterochila boissieri*).

2.2 Calcule de l'indice de la biodiversité

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. Deux principaux indices ont été développés : l'indice de Shannon-Wiener, et l'indice de Simpson. Grâce à l'étude de la réponse de ces indices à des variations de populations virtuelles, Peet (1974) les a classés en deux catégories : - l'indice de Shannon dans les indices de type I, sensibles aux variations d'importance des espèces les plus rares.

Tableau 16: Indice de Shanon et Weaver

Région	Caractère		Moyenne totale
	CCH	CC	
Annaba	0.66	0.80	0.73
Constantine	0.73	1.11	1.28
Tlemcen	1.04	1.69	1.88
El Tarf	0.96	1.35	1.15
Mila	0.46	0.50	0.48
Setif	0.60	0.60	0.9
Naama	0.47	0.47	0.47
Mostaganem	0.52	0.52	0.52
Alger	0.92	0.92	0.92
Saida	0.49	0.49	0.49
Sidi-Bel Abbès	0.49	0.49	0.49
Aïn Témouchent	0.45	0.45	0.45
Mascara	0.46	0.46	0.46
Oran	0.47	0.70	0.47
Moyennes totales	0.62	0.75	1.37

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et al, 1992).

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes(Grall et Coïc, 2006)

On a obtenu l'indice de Shannon et Wiener par le **logiciel R version 3.5.2** avec un taux global qui est égale à 1.37.Cette indice est relativement moyen pour les 14 wilayas étudiées ce qui est probablement le reflet d'une diversité génétique très importante.

La valeur de l'indice augmente avec le degré de polymorphisme et atteint une valeur maximale lorsque toutes les classes phénotypiques ont des fréquences égales ; Les populations de Mila,Naama,Saida,Bel Abbès, Aïn Témouchent, Mascara, et Oran sont presque identiques.

Donc, la population d'escargots étudiées est très polymorphe ;Annaba (0.73), Constantine(1.28), Tlemcen (1.88), El Tarf(1.15), Mila(0.48), Setif (0.9), Naama(0.47), Mostaganem (0.52), Alger (0.92), Saida (0.49), Sidi Bel Abbès(0.49), Ain Témouchent (0.45), Mascara (0.46) et Oran (0.46).

Cette diversité de l'indice de Shannon peut être dû à plusieurs facteurs tels que : Facteurs naturels ; l'adaptation aux conditions locales et les caractéristiques des régions exploitées comme l'altitude, précipitation et la température.

Malheureusement, Il n'existe pas des travaux similaires pour qu'on puisse passer une comparaison avec notre travail.

II. Interprétation

II.1 Identification

Ensemble de 15 espèces ont été identifiées à l'aide du guide des escargots et limaces d'Europe et d'une zoologue (Figures 59 à 66.)



Figure 45: *Otala punctata*(originale,2020)



Figure 46: *Helix aspersa* (originale,2020)



Figure 47: *Helix aperta* (originale,2020)



Figure 48: *Helix pomatia* (originale,2020)



Figure 49: *Glandia annularis* (originale,2020)



Figure 50 : *Pseudotachea splendida* (originale,2020)



Figure 51 : *Helicella itala* (originale,2020)



Figure 52 : *Cepea sylvatica* (originale,2020)



Figure 53: *Eobania vermiculata* (originale,2020)



Figure 54: *sphincterochila boissieri* (originale,2020)



Figure55 : *Cepea nemoralis* (originale,2020)



Figure 56 : *Theba pisana* (originale,2020)



Figure 57 : *Cryptomphalus aspersus* (originale,2020)



Figure 58 : *Arianta arbustorum* (originale,2020)



Figure 59 : *Cepea hortensis* (originale,2020)

D'après le questionnaire fait lors de nos enquêtes, on a constaté qu'il n'y a pas vraiment un élevage d'escargots en Algérie, il y a sauf des systèmes d'engraissements. En parallèle il y a certains éleveurs qu'ils veulent entamer l'héliciculture mais ils sont encore dans le stade d'essai. Puisqu'il est récemment ajouté dans les activités agricoles d'impacts économiques important.

La consommation de l'escargot diffère selon le contexte socio-culturelle entre l'Est et l'Ouest Algérien.

Les escargots de l'Est sont destinés à l'exportation par contre ceux de l'Ouest sont généralement utilisés pour l'autoconsommation. Il y'a aussi des marchés locaux contrairement à l'Est.



Figure60 : Plat d'escargots à Tlemcen (originale,2020).

II.2 Interprétation des résultats quantitatifs

Notre travail est original dans son ensemble car on n'a pas trouvé une étude similaire sur les escargots terrestres algériennes donc nous avons eu recours à l'étude des escargots européens et de haie. On n'a pas pu comparer nos résultats avec ceux d'autres études vu l'absence de ces dernières sur la typologie et l'identification de cette espèce en Algérie.

Selon les tableaux des variations des variables selon l'espèce les caractères quantitative HC, LC, LGC, P sont influencés par l'espèce dont ($p < 0.05$) donc il y'a une différence hautement significative entre les coquilles de différentes espèces.

Notre étude a montré aussi l'existence d'effets significatifs de la région sur les mensurations corporelles pour les paramètres HC, LC, LGC P : ($p < 0.05$) donc la différence est hautement significative alors les mensurations corporelles sont influencées par les régions.

D'après l'ACP les caractères étudiés sont corrélés positivement entre eux

Le résultat obtenu par une ACP des individus (des mensurations corporelles) et l'arbre hiérarchique montre que la population étudiée présente une hétérogénéité au niveau des régions explorées, car nous avons obtenu deux classes d'individus, la première est constituée de 563 individus dont les coquilles sont moins développées que ceux des individus de la deuxième classe et qui sont du nombre de 188.

D'après ce qu'on a eu comme résultats on peut interpréter l'hétérogénéité des caractères selon l'espèce par le nom similitudes et la diversité des individus donc il y'a un grand polymorphisme au niveau de la population des escargots terrestres, en revanche la distribution des individus et la différenciation des variables étudiés par rapport aux régions est peut-être dû à plusieurs facteurs comme l'altitude, la température, la nature du sol, la végétation, la pollution ; il existe une relation inversement proportionnelle entre l'altitude et la température donc celle-ci est basée en altitude ce qui fait que le climat globalement diffère et les animaux et les plantes qui sont adaptés ne sont pas les mêmes selon l'altitude ainsi que la végétation. La nature du sol peut aussi influencer les caractères de la coquille car le sol fait également partie de l'alimentation de l'escargot et constitue un apport en calcium indispensable à la formation de sa coquille et influence sa croissance (Gomot et al 1989; Dallinger et al, 2001).

Concernant la pollution son impact est noté dans l'effet inhibiteur des poussières métalliques sur la croissance des escargots dont l'exposition a long terme au laboratoire tend à diminuer le développement de la glande à albumen, de la gonade et de tractus génital. (Amira, 2016).

II.3 Interprétation des résultats Qualitatifs

D'après les résultats obtenus par les diagrammes, les deux caractères qualitatifs : CC (couleur de la coquille) et CCH (couleur de la chair) se différencient selon l'espèce et la région.

La couleur de la chair la plus dominante ; noir et gris avec une couleur de coquille ; marron et blanc.

En plus, que l'alimentation et l'humidité influencent la couleur de la chair. Les prédateurs aussi sont un facteur environnemental qui joue un rôle très important dans la coévolution chez les escargots qui se fait pour que l'individu protège lui-même contre ces derniers.

Concernant les espèces, chaque wilaya a ses propres espèces on peut dire endémiques. Aussi que la dynamique des espèces est parfois liée à celle des populations humaines, à leurs pratiques et aux modifications du paysage qui en résultent. Souvent manipulées par l'homme, elles participent d'une façon ou d'une autre de sa culture (littéraire, culinaire, symbolique, folklorique.), avec des représentations variées. (Frédéric et Sophie, 2015).

Les individus des espèces trouvés changent entre eux dans les différents paramètres étudiés aussi que dans le comportement. Lors des enquêtes sur terrain dans les jours les plus chauds, on a remarqué la présence surtout de l'espèce *theba pisana* par contre *Otala punctata* était dispersé sur le sol avec des coquilles complètement vides ce qui nous mène à dire que peut-être *theba pisana* est l'espèce la plus résistante entre celles étudiées.

La présence de la majorité des espèces au niveau de El Tarf peut être due à la position géographique puisqu'elle est délimitée par la mer méditerranée, la Tunisie.

Peut-être il y a des espèces qui sont migrées de la Tunisie vers El Tarf. Aussi que l'état socio-culturel des citoyens de El Tarf est différent par rapport aux autres wilayas visitées, ils ne sont pas intéressés par les escargots ni pour la commercialisation nationale ou l'autoconsommation ce qui explique la présence de plusieurs espèces.

Lors d'une enquête à Alger, exacte à la forêt de Ben Aknoun, en discutant avec les ingénieurs de la DSA, on a constaté qu'il avait 14 espèces d'escargots dans cette forêt, mais dernièrement, le nombre des espèces à diminuer jusqu'à 4 espèces seulement à cause du ramassage illégale.

En point de vue générale, les escargots terrestres en Algérie sont en voie de disparition à cause de ramassage illégale, la commercialisation en noir, la pollution.

Conclusion et perspectives

On peut dire enfin après ce travail lourd et opiniâtre qu'il y'a une grande ambiguïté des données sur les escargots terrestres algériennes

En s'appuyant sur les résultats de notre étude et vu l'importance des escargots dans le domaine de l'agriculture nous proposons une amélioration de l'héliciculture en Algérie et des espèces locales qui sont en voie de distinction à cause du ramassage. Donc, il est nécessaire d'évaluer et de valoriser nos ressources génétique en appuyant sur caractérisations morphométriques et phénotypiques afin d'identifier les différentes espèces locales.

D'après les résultats obtenus par ce travail on peut constater que la population d'escargot terrestre algérienne présente un grand polymorphisme vu la diversité des coquilles et de couleur de la chair dont l'hétérogénéité morphologique et phénotypique est très remarquable.

Après avoir préparé le tissu musculaire et le conserver on prévoit de préparer une banque d'ADN mitochondrial afin d'identifier les espèces et voir les haplotypes de chaque région chromosomique qui va nous donner une idée sur l'histoire de la migration de cette population.

Références bibliographiques

- Afiane A**, (2019), Effet de l'environnement sur la caractérisation des coquilles de l'escargot *Helix aspersa* dans les régions Mascara et Mostaganem.
- Amina.A**, 2016, impact de la pollution industrielle (métaux lourds) sur le développement et la reproduction de l'escargot *Helix aspersa* : effet sur les bio marqueurs.
- Bruno Bonnemain**, 2003, **Hélices** et médicaments : l'escargot au service de la santé depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours, pp. 211-218.
- B. Murphy**; 2001, breeding and growing snails commercially in australia (no, 00/118).Australien Government: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Burch, B. J.**, 1968, a tissue culture technique for caryotype analysis of pulmonate land snails. *Venus* 27: 20–27.
- Charnov, Bull & Smith** 1976; **Puurtinen & Kaitala** 2002; **Eppley & Jesson** 2008; **Fromhage & Kokko** 2010. Allocation to male and female function in hermaphrodites, in sexually polymorphic populations, p26.
- David V. Alford**, 1994, Atlas en couleur : ravageurs des végétaux d'ornement : arbres, arbustes, fleurs.
- DJATITA Ouarda**, 2019, Évaluation des effets de l'herbicide Cossack(od) sur les paramètres physiologiques de l'escargot « *Helix aspersa* ».
- Edmund Gittenberger**, 2006, Migrating birds may have transported the *Balea* land snail across vast distances to remote island .
- FAO**, 2016, Agriculture Durable Et Biodiversité, p6-11.
- FAO**, 1984. Animal genetic resource conservation by management, databanks and training. Animal Production and Health Paper No. 44/1. Rom
- FAO**, 1992. The management of global animal genetic resources. Proceedings of an Expert Consultation, Rome, Italie, avril 1992. Edité par J. Hodges. Animal Production and Health Paper No.104. Rome.
- FAO**, 1998. Report: Working group on production environment descriptors for farm animal genetic resources. Rapport d'un groupe de travail, organisé à Armidale, Australie, 19 – 21 janvier 1998. Rome.
- FAO**, 2013. Caractérisation phénotypique des ressources génétiques animales. Directives FAO sur la production et la santé animales No. 11. Rome
- Fiona C. Buchanan and Tracey D. Thue**, 1998, Intra-breed polymorphic information content of microsatellites in cattle and sheep
- Magnin F et Martin S**, 2015, Synanthropic snails and domestication of nature. *Technique de la nature* 2012 mise en ligne 2015.
- Fortier Agnès**, 1999, De l'efficacité sociale d'une réglementation. In: *Économie rurale*. p3,4.

- Goldstein, D.B. et Schlötterer, C**, 1999, *Microsatellites: evolution and applications*. New York, Etats-Unis d'Amérique. Oxford University Press, .
- Grall,J,Coic.N** ,2006 ,synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu cotier,p13.
- Ivo N. Woogeng et al**, 2017, Current patterns of genetic diversity in indigenous and introduced species of land snails in Cameroon reflect isolation by distance, limited founder size and known evolutionary relationships .
- Gab-Man Park,1 Jae-Jin Kim,2 Pyung-Rim Chung,3 Yong Wang,4 and Duk-Young Min'** , 1999 ,Karyotypes on three species of Chinese mesogastropod snails, *Semisulcospira libertina*, *S. dolichostoma* and *Viviparus rivularis*,
- Jean-Claude Bonnet, Pierrick Aupinel et Jean-Louis Vrillon**,1990, L'escargot *Helix aspersa* biologie – élevage, p10.
- Juan Diego Gaitán-Espitia,Roberto F. Nespolo,Juan C. Opazo** Publié: 24 juin 2013,
Le génome mitochondrial complet de l'escargot terrestre *Cornu aspersum* (Helicidae: Mollusca): divergence intra-spécifique des gènes codant pour les protéines et considérations phylogénétiques au sein d'Euthyneura ,
- Kimura**, 1983. *The neutral theory of molecular evolution*, cambridge university press,.
- Katharina Jaksch, Luise Kruckenhauser' Elisabeth Haring, Zoltán Fehér**, 2017, Première mise en place de marqueurs microsatellites chez les escargots clausiliidés (Mollusca: Gastropoda: Clausiliidae),
- Luchtel D. L., Deyrup-Olsen I. and Barker G. M.** 2001. Body wall: form and function. In *The Biology of Terrestrial molluscs* (ed. Barker G. M.), pp. 147-178. Oxon, UK: CABI Publishing.
- Maxime Dahir el** , , 7 Mar 2015, Déterminants individuels et environnementaux de la dispersion chez une espèce hermaphrodite, l'escargot *Cornu aspersum* ,
- Rousselet M.**(1979), L'élevage des escargots.
- M.P Kerney, R.A.D**,2006, guide des escargots et limaces d'Europe, Cameron , ,p9.
- Nadir touati**, 27 juillet 2019, ,la depeche de kabylie
- Nielsen, R. et Signorovitch, J.** 2003, Correcting for ascertainment biases when analyzing SNP data: applications to the estimation of linkage disequilibrium. *Theoretical Population Biology*, 63: 245–55,.
- Pierre-Emmanuel BAURAND**,2014, Embryotoxicite de contaminants métalliques et organiques chez l'escargot *helix aspersa* ,.
- R. Dafem1*, F. Ngoula1*, A. Tegua1, A. Kenfack1 & J. Tchoumboué1** ,2008,Performances de reproduction de l'escargot géant africain (*Archachatina marginata*) en captivité au Cameroun.

Rege, J.E.O. 1992. Background to ILCA's animal genetic resources characterization project, objectives and agenda for the research-planning workshop. Dans J.E.O. Rege et M.E. Lipner, eds. Animal genetic resources: their characterization, conservation and utilization. Research planning workshop, ILCA, Addis Ababa, Ethiopie, 19-21 février, 1992, pp. 55–59. Addis Ababa. International Livestock Centre for Africa.

Sonya Begg, December 2003, Farming Edible Snails - Lessons from Italy.

Thomas E. Burke, 2013, Land Snails and Slugs of the Pacific Northwest.

Sunnucks, P. 2001 Efficient genetic markers for population biology. *Tree*, 15: 199–203,

Takezaki, N. et Nei, M. 1996, Genetic distances and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite DNA. *Genetics*, 144: 389–399.

Sitographie :

- Site1 : <https://www.aquaportail.com/guides-manuels-aquariophilie.html>, **Jean-François Fortier, Arnaud Florentin, Denis Terver, Nicolas**, 2015
- Site 2 : www.apia.com.tn; l'élevage d'escargots ; page 1-3.
 - **Site3** : https://www.gireaud.net/escargot_anatomie.htm, **Agnes**, (25/05/2007).
 - **Site4** : <http://www.aps.dz/regions/101635-l-escargot-caviar-rampant-inonde-le-marche-a-oran> ; **ALGERIE PRESSE SERVICE ; 14 Février 2020.**
 - **Site 5** : <https://www.djazairess.com/fr/elwatan/491812>; **El Watan le 08 - 04 – 2015**
 - **Site6** : <https://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20190727/175607.html>; 27/07/2019
 - **Site 7** : **GENIES (GENomic evolution In Ecological Speciation) , 20 Juin 2017**, (<https://cordis.europa.eu/project/id/625760/reporting/fr>)
 - **Site8** : **journal El watan.com, 30 juin 2016**
 - **Site9** : **El Watan, 21-07-2012, Mahmoud Boumelih, El watan.**
 - **Poste DZ, 2003**

Annexes1

Questionnaire.

- 1- vous êtes un héliculteur ou juste intermédiaire qui récupère les Escargots puis les vendre ?
- 2- vous faite l'exportation ou commerce national ?
- 3- vous faite l'élevage de quelle espèce ?
- 4- votre profession ?
- 5- votre wilaya et commune ?
- 6- climat de votre lieu d'élevage ?
- 7- âge ?
- 8- quelle est la quantité vendu dans la semaine ?
- 9- le prix ?

Annexes2

Protocole d'extraction d'ADN mitochondrial : (Prof. Steve Trewick de l'université de Massey Palmerston de North, New Zealand)

La collecte des échantillons dans les wilayas d'Algérie.

Congélation des échantillons à -20 centigrades ou plus .

Extraction de la chair de la coquille.

Extraction de tissu musculaire à partir de la chair (des petits morceaux conservent mieux).

Suspension du tissu dans éthanol à 95% dans des épindophes environ 3mm .

Fermeture des épindophes par le parafilm pour éviter la vaporisation.

Le codage des tubes et des coquilles selon les espèces et les régions.

Mise en place des épindophes dans le congélateur à -20 C°

ملخص

في سياق تقييم الموارد الوراثية الحيوانية بشكل عام ودراسة تنوع الحلزون البري بشكل خاص ونظراً لعدم وجود بيانات عنرقية وأبحاث حولها في الجزائر قمنا بإجراء دراسة حول قياسات جسم الحلزون في 14 ولاية في الجزائر. قياسات الجسم، HC، LC، LGC، P هي: 1.99 ± 0.56 ، 3.35 ± 0.93 ، 2.67 ± 0.68 ، 7.34 ± 3.82 على التوالي ، واثنين من مقياس اللون CC ، CCH على 751 فرداً. تم دراسة تأثير المنطقة و اختلاف الفصيلة، وكان لهذين العاملين تأثير كبير على قياسات الجسم. بحيث تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن هناك تنوع جيني كبير بين الأفراد مما يؤكد أن الحلزون يقدم تعدد كبير في الأشكال. تم إجراء اختبار على قياسات الجسم من أجل الكشف عن العلاقة بين المقاييس المدروسة مما أظهر لنا أن القياسات المتعلقة باللون تتأثر بالمنطقة لذلك يعد هذا معياراً مهماً يجب أخذه بعين الاعتبار خلال برامج الحفظ والتحسين لهذه الأنواع المهددة بالانقراض بسبب الجمع العشوائي.

الكلمات المفتاحية: الجزائر، التوصيف، القياسات ، الأنماط الظاهرية، النوع ، الحلزون.

Résumé

Dans le cadre de l'évaluation des ressources génétiques animales, en général et la diversité des escargots terrestres en particulier et vu l'absence des données ethniques de ses espèces et les études de caractérisations raciales de la population d'escargots terrestre en Algérie. Nous avons contribué à une étude morphométrique et phénotypique de cette population dans 14 régions. Des mensurations corporelles, HC, LC, LGC, P sont de : 1.99 ± 0.56 , 3.35 ± 0.93 , 2.67 ± 0.68 , 7.34 ± 3.82 g respectivement, et deux caractères phénotypique CC, CCH sont effectués sur 751 individus. L'effet de région et celui de l'espèce ont été étudiés, ces deux facteurs ont un effet hautement significatif sur les mensurations corporelles. Les résultats obtenus montrent qu'il y'a une variabilité génétique importante entre les individus ce qui confirme que les escargots présentent un grand polymorphisme. Un test d'Indépendance a été réalisé sur les caractéristiques phénotypiques révélant que les caractères qualitatifs sont influencés par les régions donc c'est un critère important à prendre en considération lors des programmes de conservation et d'amélioration de cette espèce qui est menacée distinction à cause de ramassage illégal.

Mots clés : Algérie, Caractérisation, Mensurations, Phénotypes, population, escargot.

Abstract

In the context of the evaluation of animal genetic resources in general and the diversity of land snails in particular, because of the absence of ethnic data on its species and studies of racial characterizations of the land snail population in Algeria. We contributed to a morphometric and phenotypic study of this population in 14 regions. Body measurements, HC, LC, LGC, and Pare 1.99 ± 0.56 , 3.35 ± 0.93 , 2.67 ± 0.68 , 7.34 ± 3.82 g and two phenotypic characters CC, CCH are carried out on 751 individuals. The region effect and that of the species have been studied; these two factors have a highly significant effect on body measurements. The results obtained show that there is significant genetic variability between individuals, which confirms that snails exhibit a large polymorphism. An Independence test was carried out on the phenotypic characteristics revealing that the regions influence the qualitative characteristics so it is an important criterion to be taken into consideration during conservation and improvement programs for this endangered species because of illegal pickup.

Keywords: Algeria, Characterization, Greyhound, Measurements, Phenotypes, population, snail.