

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université Abdel Hamid Ibn Badis MOSTAGANEM



UNIVERSITE
Abdelhamid Ibn Badis
MOSTAGANEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département d'Agronomie

Laboratoire De Physiologie Animale Appliquée

Mémoire De Fin D'études

Pour l'obtention du diplôme Master en Agronomie

Option : Génétique et Reproduction Animale

Thème

Effet de l'environnement sur la caractérisation des coquilles de
l'escargot *Helix aspersa* dans les régions Mascara et Mostaganem

Présentée par : AFIANE Abdelkader

Devant le jury :

Président : Mr. DAHLOUM Lahouari MAA Université Mostaganem

Encadreur : Mme. FASSIH Aicha MCB Université Mostaganem

Examineur : Mr. TAHRI Miloud MAA Université Mostaganem

5bb£YI bj YfgHJfY&S% #8S%

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie Allah le **tout puissant, Le voyant 'Le Créateur, L'Omniscient, le Préserveur, le Tout-Clément et Le Très-Miséricordieux** de m'avoir donné la force et le courage pour dépasser toutes les difficultés afin de réaliser ce travail.

Comme le veut la tradition, je vais tenter de satisfaire au difficile exercice de la page de remerciements, peut-être la tâche la plus ardue de ces années de thèse.

Alors mes premiers remerciements vont à **Mme Fassih Aicha**, Directrice de cette thèse qui assume transmettre avec compétence et pédagogie son enthousiasme pour la recherche. Ses qualités scientifiques mais également humaines ont été pour moi un exemple tout au long de ce parcours scientifique. Sa disponibilité, y compris les week-ends, et sa totale confiance en moi sont pour beaucoup dans la réussite de travail. Elle a su très professionnellement concilier ses responsabilités au sein de l'Université Abdelhamid ibn Badis et l'encadrement de mon travail. Son implication scientifique dans la thèse et son expérience des relations humaines et de l'administration ont joué, de manière prépondérante, sur ma manière d'aborder certaines difficultés. Quelle le trouve dans ces quelques mots un témoignage de mon admiration, de mon respect et de mon amitié.

Je tiens à remercier tout particulièrement :

Les Professeurs du Département d'agronomie et spécialement les professeurs de ce master celui de génétique et reproduction animale et plus spécialement le PR **Halbouche Miloud** pour son soutien.

Je remercie également mes collègues de ce, master qui m'ont accueilli parmi eux comme quelqu'un qu'ils ont connu depuis toujours.

Je dis à tous les autres Merci
Abdelkader

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents Afiane Mohamed et Kamkam zohra en

témoignage, de mon profond respect et de l'amour que j'éprouve à leurs egars..Je vous exprime toute ma gratitude pour les sacrifices que vous avez consentis. Vous m'avez donné toute l'attention et tout l'amour qu'un être puisse espérer,

Aucun de mes mots ne saurait exprimer l'ampleur de ma reconnaissance.

Merci pour vos instructions, votre soutien, que le tout puissant vous accorde une bonne santé et longue vie.

A mes frères ; Ykhlef et Mansour.

A mes chères sœurs Zineb et Aicha et Khadra et Meriem et Fatima le symbole de la patience et de la tendresse.

A toute la famille Afiane et Kamkam.

A mes enseignants dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Je n'oublie bien évidemment pas mes amis, Abdelkader et Kamel et Hicham Mourad et Karim et Howari et Khaled .

Je les remercie chaleureusement pour tous les agréables moments passés ensemble.

A tous ceux qui ont contribué à l'élaboration ce mémoire, je dis :

Merci

Abdelkader

SOMMAIRE

RESUME / SUMMARY

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction 01

Première partie : étude bibliographique.

Chapitre I : généralités sur l'escargot *Helix aspersa* Müller.

I. Inventaire des gastéropodes et clés d'identification 03

II. Présentation et classification de l'espèce *Helix aspersa*.....04

1. Position systématique des escargots05

2. Principale espèce commercialisées06

2.1. Les principales caractéristique des escargots du genre *Helix*.....07

3. Distribution géographique08

4. Anatomie générale de l'escargot.....08

4.1. Anatomie externe08

4.2. Anatomie interne..... 12

5. Reproduction..... 13

6. Physiologie..... 15

6.1. L'état physiologique..... 15

6.2. Physiologie..... 17

Chapitre II. La variabilité de l'escargot *Helix aspersa* Müller.

I. La variabilité de l'escargot petit-gris20

1. Quelques données biologique20

2. Aspect du polymorphisme20

3. Coloration20

4. Action modificatrice du milieu sur la coloration21

5. Nanisme et gigantisme22

Chapitre III : sur la génétique de la variation du couleur.

I. Génétique de la variation de la couleur du corps de l'escargot.....	23
1. Généralités	23
2. Les pigments	23
2.1.Le gène de la pigmentation	25
3. Hérité de la couleur	26
3.1.La coloration du corps	26
II.Génétique de la couleur de la peau de l'escargot	27
1. Locus C.....	27
2. Locus B.....	28
III.Dominance et récessivité.....	29
1. Locus D (dilution).....	29
2. Locus I (inhibition)	30
3. Locus O (orange).....	30
4. Locus W (white).....	30
5. Le gène E.....	30
6. Le gène G	31
7. Les divers motifs	31
IV.La coloration du manteau.....	34
1. Les divers motifs	34

Chapitre IV : Matériels et méthodes.

I. Introduction.....	37
II. Caractéristiques de la zone d'étude	37
1. Mostaganem	37
1.1.Situation géographique	37
1.2.Plateau de Mostaganem.....	37
1.3.Climat	38
2. Mascara.....	38
2.1.Localisation	38
2.2.Reliefs.....	38
2.3.Climat	39
III.Matériel utilisé.....	39
III.1.Matériel de mesures.....	39
III.2.matériel biologique	40
IV.Méthode de travail.....	41

ChapitreV : Résultats et discussion.

I.Résultats	43
I.1. Matrice de corrélation entre les trois variables	43
I.2. Analyse de la variance univarié.....	44
II. Discussion.....	46
Conclusion	47
Références bibliographiques	48
Les annexes.	

RESUME

L'escargot *Helix aspersa* est un Mollusque Gastéropodes pulmoné à coquille de couleur très varié. Nous recherchons une relation éventuelle entre les paramètres morphologiques et les variables écologiques. Pour cela, nous essayons d'étudier trois caractéristiques relatives à sa coquille qui sont successivement : le diamètre, la hauteur, et le diamètre d'ouverture et ceci dans deux stations de la région de Mostaganem et la région de Sig à Mascara. Nous avons calculé les matrices de corrélation entre les trois variables pour étudier la netteté de la relation entre ces caractéristiques morphométriques.

Enfin la comparaison des différentes stations entre elles pour chacune des variables a été effectuée à l'aide d'un test statistique : l'analyse de la variance.

Concernant la variable diamètre, nous constatons qu'il existe des différences significatives entre les deux stations étudiées pour un risque $\alpha=0,005$.

Pour chacun des deux autres variables (l'ouverture et la hauteur), nous constatons qu'il n'existe pas des différences significatives entre les deux stations étudiées pour un risque de $\alpha=0,05$

Mots clés : *Helix aspersa*, Mollusque, paramètres morphologiques, variable écologiques, corrélation, morphométrie, analyse de la variance, Mostaganem, Mascara

SUMMARY

The snail *Helix aspersa* is a Pulmonate Gastéropod Mollusk with a variability color shell. We research a relation between morphometrics parameters and ecological variables. For this reason, we have tried to study three characteristics relevant to its shell, which are successively: the diameter, the height, and the opening diameter, and this within two station of Mostaganem and Mascara.

Afterwards, we have calculated correlation matrices between the three variables to study the neatness off the relationship between these morphometrics characteristics.

Finally, the comparaisn betwween the different station for each variable has been done with the aid of a statistical test: analyse de variance.

About the diameter, we find that there is a difference significant between the two stations at $\alpha=0,005$.

We don't find a significantly difference between the two other parameter's which are: the height and the opening diameter.

Key words: *Helix aspersa*, Mollusk, morphometrics parameters, ecological variables, correlation, analysis of variance Mostaganem and Mascara's regions,.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ADN : Acide **d**ésoxyribonucléique.

ARN: Acide **r**ibonucléique.

B : **black_brown** .

BL: light **b**rown ou brun clair .

C: couleur.

Cn: couleur **n**oir.

cr : crème.

cs : couleur sépia.

ca : couleur **a**lbinos.

D : Dilution

DI : est létal en homozygosis.

E : **E**xtension.

E : rapport classique (on pourrait dire que c'est l'allèle de base).

e : plus de jaune et moins de noir.

Es ou **Ed** : plus de noir, moins de jaune (rare).

ef : plus de jaune et moins de noir.

I: **I**nhibition.

i: pas d'**i**nhibition.

O: **O**range.

W: **W**hite.

Liste des Tableaux

Liste des tableaux :	Page
Tableau N°01 : Classification de la variabilité de la taille d'Helix aspersa.....	04
Tableau N°02 : Les principales caractéristiques des escargots du genre Helix.....	07
Tableau N°03 : Différences dans la reproduction et croissance	15
Tableau N°04 : Composantes des phénotypes de coloration de la coquille de Helix aspersa	21
Tableau N°05 : Des données climatiques à Mostaganem.....	38
Tableau N°06 : Matrice de corrélation entre les trois variables (diamètre, hauteur, le diamètre de l'ouverture) pour la station de Sig.....	43
Tableau N°07 : Matrice de corrélation entre les trois variables (diamètre, hauteur, le diamètre de l'ouverture) pour la station de Mostaganem.....	43
Tableau N°08 : Analyse de la variance univarié pour diamètre.....	44
Tableau N°09 : Analyse de la variance univarié pour l'ouverture de coquille.....	44
Tableau N°10 : Analyse de la variance univarié pour Hauteur.....	44

Liste des Figures

Liste des figures :	Page
FigureN°01 : Critères de discription et de mensuration d'une coquille d'escargot du genre Helix.....	09
FigureN°02 : Anatomie externe de l'escargot.....	11
FigureN°03 : Anatomie interne de l'escargot	12
FigureN°04 : Balance électrique de précision	39
FigureN°05 : Pied à coulisse ordinaire.....	40
FigureN°06 : Echantillon des escargot de la région de Mostaganem.....	40
FigureN°07 : Echantillon des escargots de la région de mascara.....	40
FigureN°08 : Paramètres étudiés de la coquille de l'escargot Helix aspersa D =Diamètre de la coquille, H =Hauteur, d =diamètre de l'ouverture	41

Liste des annexes

Liste des annexes :

Annexe N°01 : Les paramètres biométriques de la coquille de l'échantillon B.

Annexe N°02 : Les paramètres biométriques de la coquille de l'échantillon A.

Annexe N°03 : Les mesures du poids des individus des échantillons(A) et (B).

Annexe N°04 : Les dimensions de diamètre « D » et « d » de l'échantillon (A).

Annexe N°05 : Les dimensions de diamètre « D » et « H » de l'échantillon(A).

Annexe N°06 : Les dimensions de diamètre « d » et « H » de l'échantillon(A).

Annexe N°07 : Les dimensions de diamètre « D » et « d » de l'échantillon(B).

Annexe N°08 : Les dimensions de diamètre « D » et « H » de l'échantillon(B).

Annexe N°09 : Les dimensions de diamètre « d » et « H » de l'échantillon(B).

Introduction

Introduction :

Helix aspersa est une espèce « atlanto-méditerranéenne » assez ubiquiste dont le polymorphisme prononcé se traduit par une variation de la taille, de la coloration, de la forme, de l'épaisseur et de la sculpture de la coquille. Les divers morphotypes sont décrits. La coloration et le système de bandes de la coquille sont d'origine génétique mais le milieu a peut-être une action secondaire sur leur variation. Plusieurs variétés semblent être adaptatives. Certains morphes correspondent, sans doute, à des sous-espèces. L'origine du gigantisme et du nanisme est discutée.

Ce polymorphisme a donné vraisemblablement, en grande partie, à l'espèce sa potentialité d'adaptation et d'acclimatation. (**Henry CHEVALIER**).

Helix aspersa Müller est un gastéropode pulmoné dont d'origine semble être le bassin méditerranéen occidental.

Les étapes ultérieures de sa diffusion, étroitement tributaire des déplacements et des activités de l'homme, ont élargi cette aire de répartition initiale puisque l'espèce est aujourd'hui implantée sur 4 continents. La diversité des milieux colonisés a comme conséquence l'expression de phénotypes particuliers illustrant l'adaptabilité de la morphologie, de la physiologie et l'éthologie de l'espèce ; ainsi, la variabilité de son cycle biologique se traduit essentiellement par des ajustements saisonniers liés à la latitude (**Chevallier,1980 ; Crook,1980**).

Chez les Gastéropodes Pulmonés, les facteurs abiotiques (climatiques, notionnels) ou biotique (âge, densité, génétique) conditionnent très largement la croissance, tant au niveau de sa vitesse que de celui de la taille limite (**CHEVALLIERS ,1974 ; DAGUZAN,1982&LAURENT, 1982**).

Ainsi, on note, chez la plupart des escargots, des arrêts de croissance lorsque les conditions deviennent défavorables (**WOLDA,1963,1972,1973 ; POLLARD ,1973,1975 ; COOKE ,1977**).

Il existe également une grande variabilité de la vitesse de croissance, tant au niveau des diverses populations de Gastéropodes qu'au sein des individus issus d'une même ponte (**DAGUZAN, 1982**).

Ce phénomène est probablement dû, d'une part à des facteurs génétiques et d'autre part, aux facteurs de l'environnement.

Dans cette étude, nous recherchons une relation éventuelle entre les paramètres morphologiques et les variables écologiques. Pour cela, nous essayons d'étudier trois caractéristiques relatives à sa coquille.

Partie Bibliographique

Chapitre 1

Généralités sur l'escargot

***Helix aspersa* Müller**

I. Inventaires des gastéropodes et clés d'identification

Les Mollusques sont des animaux dépourvus d'axe vertébral. Ils possèdent une coquille, qui peut cependant manquer dans les groupes importants. Par ailleurs, ils présentent une symétrie bilatérale primitive, mais susceptible de se trouver profondément altérée dans certains groupes (**Gaillard,1991**).

Le corps des mollusques est mou, non segmenté, dépourvus d'appendices articulés, et se divise en cinq grandes régions (**Grasse,1960**).

Les Gastéropodes regroupent 80000 espèces caractérisées par une coquille univalve spiralée, un pied aplati dont la face inférieure sert à la locomotion, une tête bien distincte ou s'ouvre la bouche et portant organes sensoriels, et par une masse viscérale située dorsalement, enveloppée par le manteau et protégée par la coquille (**Gaillard,1991**).

Il en résulte une position en U du tractus digestif et du système nerveux (**Purves & Heller,1992**). Sur le plan de la systématique, la classe des Gastéropodes se divise en trois sous-classes (**Gaillard,1991 ; Grzimek & Fontaine, 1973**).

Les Prosobranches, qui constituent la quasi-totalité des Gastéropodes marins à une coquille (**Gaillard, 1991**).

Les Opisthobranches, qui constituent la totalité des Gastéropodes marins adaptés à la vie benthique littorale ou à la vie pélagique. Certains possèdent une coquille, mais la grande majorité est d'aspect limaciforme (**Grzimek & Fontaine ,1973**).

Les Pulmonés, qui constituent la quasi-totalité des Gastéropodes, avec ou sans coquille, habitant les domaines terrestres et les eaux douces (**Gaillard, 1991**). Ce sont les seuls mollusques bénéficiant d'une respiration pulmonaire. Ils sont fréquemment hermaphrodites (**Grzimek & Fontaine, 1973**).

Les méthodes d'identification décrites par Bonnet et Al (1990) et Chevallier (1990) se basent sur le nombre de bandes spirales au niveau des coquilles ainsi que la couleur et la forme de ces dernières.

Pour les variétés d'*Helix aspersa* :

- La variété *typica* caractérisée par une coquille de coloration générale foncée, possède quatre bandes chagrinées.
- La variété *lutescens* qui correspond également à quatre bandes, mais de coloration générale claire.
- La variété *fasciata* : coquille foncée à cinq bandes.
- La variété *zonata* : coquille claire à cinq bandes.

- La variété unicolore: coquille sans bandes de couleur ocre ou fauve.
- La variétés obscurata : coquille très foncée à bandes délayées.
- La variétés flammea : coquille claire à bandes délayées se traduisant par des flammules verticales brun clair.
- La variétés exalbida : coquille jaune verdâtre pale à bandes estompées par l'albinisme.
- Les variétés sans bandes ou unicolore : coquilles sans bandes et marron.

II. Présentation et classification de l'espèce (*Helix aspersa*)

Helix aspersa ou le petit gris, est un escargot appartient à l'embranchement des **Mollusques**, animaux à corps mou et dépourvu de squelette, sa masse viscérale présente une torsion de 180° par rapport au pied d'où une asymétrie de certain de ses organes (**Bonnet et al,1990**) : Il fait partie de la classe des **Gastéropodes**, il possède un poumon (ou cavité palléale), ce qui le situe dans la sous classe des **Pulmonés**, il appartient au sous ordre des Stylomatophores, caractérisés la famille des **Hélicidés** ; sa spirale tourne généralement dans le sens des aiguilles d'une montre, pouvant contenir tout son corps. La masse viscérale étant retenue dans la coquille par le muscle columbaire. *Helix aspersa* est une espèce polymorphique, sa variabilité concernant la taille des animaux peut se résumer dans le tableau n°1.

Dénomination de la forme ou de la classe de taille		Diamètre de la coquille (mm)	Poids de la coquille (g)
Minor		< 28	< 6
Normalis	Petite taille	28 à 32	6 à 7
Normalis	Taille moyenne	32 à 35	7 à 10
Normalis	Belle taille	35 à 39	10 à 14
Major		39 à 43	14 à 20
Maxima		< 43	20 à 40

Tableau N°01 : Classification de la variabilité de la taille d'*Helix aspersa* (selon Chevalier, 1977 ;1980 ;1992).

A la fin de la croissance l'escargot dit « Bordé », mesure de 28 à 35 mm pour un poids adulte de 7 à 15g, il est sourd et quasiment aveugle mais ses tentacules sont équipés de l'épithélium olfactif. L'escargot se déplace par reptation, grâce à son pied, en secrétant de la bave pour mieux glisser, sa vitesse moyenne est de 7,5 cm/mn (**Cadart, 1975**).

Il peut vivre entre 5 et 10 ans, (**Auguste,1838**) ; s'il n'est pas dévoré par ses prédateurs ; il est nuisible aux cultures.

La plupart de l'activité de l'escargot (y compris ses repas) a lieu de nuit avec un pic 2 à 3 heures après la tombée de la nuit, la fraîcheur nocturne, et la rosée facilitent leur déplacement.

L'escargot est un animal à sang froid, il s'adapte aux différentes saisons pour réguler sa température. En hiver, il entre en hibernation ; en été son activité est réduite par les conditions climatiques défavorables, donc il entre en estivation pour se réhydrater. Dans ces deux périodes, il se rétracte à l'intérieur de sa coquille qu'il obture par un voile muqueux (courte inactivité), imprégné de calcaire durcit en séchant c'est l'épiphragme. L'escargot reprend son activité quand les conditions climatiques seront favorables. *Helix aspersa* est un hermaphrodite, mais doit s'accoupler car il ne peut pas s'autoféconder (**Bertrand et Al, 2004**).

L'Homme apprécie l'escargot comme alimentation, ainsi sa bave peut être utilisée pour cicatriser les plaies, arrêter les hémorragies, aussi elle sert en cosmétologie, en neurologie ; De plus cette espèce sert à dépolluer l'environnement, et mesurer le degré de pollution, il a la particularité de concentrer dans ses tissus les substances chimiques présentent dans le sol, l'aire et les plantes de son environnement.

II. 1. 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 Rousselet. Docteur vétérinaire. L'élevage des escargots, 2^e édition**).

Helix aspersa (**Müller,1774**) est un Mollusque gastropode, pulmoné terrestre, aussi nommé *Cantareus aspersus*, *Cornu aspersus* dans la nomenclature récente (**Barker,2001**) ou le petit gris.

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

Règne :	Animalia
Embranchement :	Mollusca
Classe :	Gastéropoda
Sous-classe :	Pulmonés
Ordre :	Stylomatophora
Super-famille :	Helicea
Famille :	Helicidae
Genre :	<i>Helix aspersa</i>
Sous-espèce :	<i>aspersa</i> (Müller,1774)

II. 2. Principales espèces commercialisées

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

Notons que le nom d'escargot est le terme vulgaire qui s'applique à toutes les espèces du genre *Helix*; cependant d'autres gastéropodes terrestres, telles les Achatines, que ne vivent pas en France, sont comestibles et sont importées pour la consommation, depuis quelques années. (**MICHEL Rousselet. Docteur vétérinaire. L'élevage des escargots, 2^e édition**)

II. 2. 1. Les principales caractéristiques des escargots du genre *Helix*

	HELIX POMATIA	HELIX ASPERSA				HELIX LUCORUM	HELIX CINCIA	HELIX ADANE NSIS
	Escargot de bourgogne	Race aspersa escargot petit-gris	Race maxima escargot Gros-gris	Race elata	Race major	Escargot Turc	Escargot Grec	Escargot d'Adana
Taille de la coquille (mm)	40 -45	28 -35	45- 47	28-35	39 -45	45 -55	40	35
Poids adulte(g)	20 -40	7 -15	20 -40	7 -15	15 -20	20 -40		
Aspect de la coquille	Globuleuse-ombilic parfois recouvert -Bandes spirales rousses, souvent peu indiquées	Ouverture évasées -Péristome réfléchi Ombilic -presque toujours recouvert -coloration variable		Coquille d'aspect conique		Fortement colorée coquille à bandes spirales brun foncé pour la variété castanea -Coquille ornée de flammules verticales pour la variété radiae	Globuleuse pas d'ombilic -bandes marrons bien marquées	Globuleuse -Epis -Pas d'ombilic -bandes "café au lait "
Caractéristiques de l'appareil génital	Canal de réceptacle séminal sans diverticule ou pourvu d'un diverticule minuscule de 2 mm	Long et mince diverticule, au moins égal à la longueur du canal, du réceptacle séminal				Gros diverticule au canal du réceptacle séminal	Glandes multifides à cæcum peu nombreux -Petit diverticule au canal du réceptacle séminal	Gros diverticule au canal du réceptacle séminal
Répartition Géographique	-Europe centrale et moyenne -Moitié Est de la France	-Pays méditerranéens -Europe atlantique et occidentale	Algérie	Afrique du Nord	-Turquie occidentale -Afrique du Nord -Grèce	-Turquie -Balkans -Ouest de Caucase	-Grèce -Crète -chypre -Anatolie occidentale -Liban -N E de l'Italie	Région d'Adana et sud de Turquie

Il existe une espèce très répandue qui n'a pas été décrite par la même source, il s'agit de l'*Helix Aperta*, dit Attupatelli ou tapado. C'est une espèce de plus petite taille, elle mesure de 22 à 26 mm. Sa carapace est de couleur brune verdâtre avec trois à quatre tours de spirales dont le dernier est énormément ample. Il existe en Tunisie, en Algérie, en Maroc, dans le sud de l'Italie, dans la zone côtière de l'ex-Yougoslavie et en très faibles effectifs au niveau de quelques zones de la France méridionale ou il est considéré comme espèce protégée.

II. 3. Distribution géographique

Grace à ses pouvoirs adaptatifs aux variations climatiques, *Helix aspersa* est très commun ; se trouve dans ses zones habituelles de répartition : jardins, buissons, haies, champ, rochers, et vignobles, généralement, ils 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.

II. 4. Anatomie générale de l'escargot

II. 4. 1. Anatomie externe de l'escargot

Le corps : est mou, visqueux en raison de la présence du mucus. Il est constitué de trois parties : la tête, le pied et la masse viscérale (**Bonnet et Al,1990**).

Escargot en extension non expiré de sa coquille :

En extension, l'escargot repose sur le sol par son pied, masse musculaire large et épaisse, s'étendant en arrière et avant de la coquille. (**MICHEL Rousselet, l'élevage des escargot**).

Cette sole pédieuse permet à l'animal de se déplacer par reptation. On voit d'ailleurs très bien, sous une glace, lorsqu'un escargot se déplace, les ondes motrices du pied progresser d'arrière en avant avec une période de 15 à 20 seconde :la tête avance, prend un point d'appui fixe à la rencontre duquel tout le reste du corps est trainé. La vitesse moyenne d'un escargot sur une

surface lisse, horizontale, est d'environ 7,5 cm par minute. (**MICHEL Rousselet, l'élevage des escargots**).

La tête : comporte la bouche qui s'ouvre vers le bas et les organes des sens constitués de deux paires de tentacules. Les tentacules inférieures, tactiles, sont dirigés vers le bas, les tentacules supérieures, oculaires, portant un œil simple et un organe olfactif, qui sont dirigés vers le haut (**Bonnet et Al,1990**).

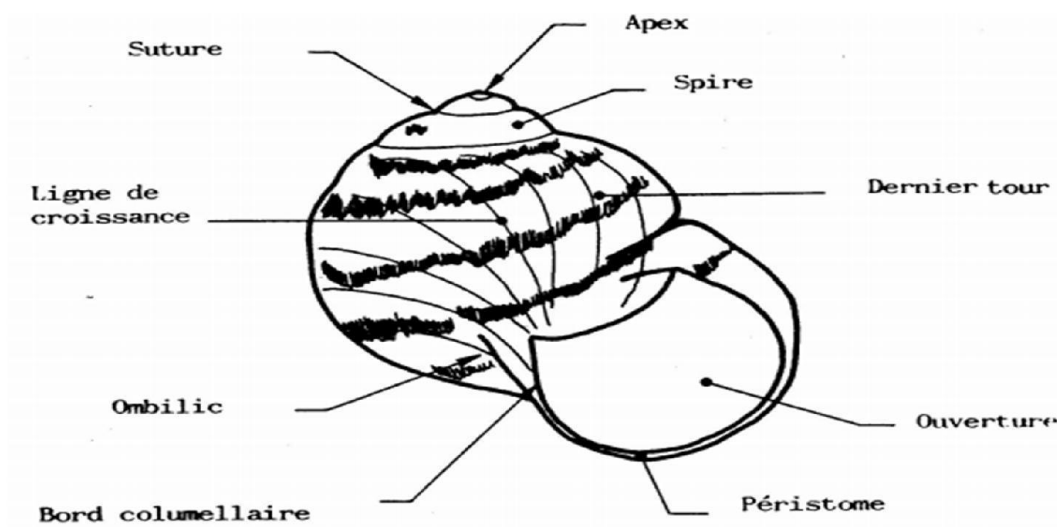
Le pied : est musculeux, large et plat, il supporte une coquille calcaire formée d'une seule pièce en forme de spirale. Sa face inférieure, en contact avec le sol, forme une sole de reptation, lorsque l'escargot se déplace, elle laisse une trace brillante formée de mucus.

La masse viscérale : dont la plus grande partie est enfermée dans la coquille (**Chevalier, 1987**), contenant presque tous les organes : poumon, glande digestive, cœur..., elle est richement vascularisée.

Trois orifices impairs : se sont bien visibles sur le corps de l'animal qui sont : l'orifice génital situé en arrière du tentacule oculaire droit ; l'orifice respiratoire, situé sur le côté droit du bourrelet qui sépare la coquille du pied (bourrelet palléal), et qui s'ouvre et se ferme rythmiquement ; l'anus, situé à proximité de l'orifice respiratoire, qui se révèle par l'apparition d'un petit cordon d'excréments verdâtres.

Un quatrième orifice, l'orifice urinaire, situé à proximité de l'anus, est généralement indétectable en raison de sa petite taille (**Vallardi, 1971**).

La coquille :



FigureN°01 : Critères de description et de mensuration d'une coquille d'escargot du Genre Helix

Aspect extérieurement :

La coquille extérieurement, est de forme globuleuse et spiralée. C'est en fait un tube conique calcaire, enroulé en spirale autour d'un axe ; spirale le plus souvent dextre (ouverture à droit de l'axe de la figure) mais pouvant aussi être sénestre (la senestrosité est "une monstruosité" rare chez les Helix). Les tours les plus anciens de la coquille forment le sommet du cône appelé l'apex. Les tours s'unissent les uns aux autres en formant un sillon appelé suture, mais on distingue le dernier tour (qui aboutit à l'ouverture limitée par le péristome) de la spire (ensemble de tous les autres tours).

L'axe de la spirale de la coquille, la columelle, se termine à une extrémité par l'apex, et à l'autre par une petite dépression, parfois recouverte, située sous le rebord du péristome, appelée l'ombilic.

Les coquilles d'escargots présentent des stries parallèles à l'axe. Ce sont des stries d'accroissement ; Les plus prononcées correspondent à des arrêts de croissance du fait de l'estivation ou de l'hibernation. Elles présentent aussi des bandes colorées qui sont :

- Soit parallèles à la spire et donc perpendiculaires aux stries d'accroissement (bandes spirales ou longitudinales),
- Soit perpendiculaires à la spire (bandes verticales ou flammules). (**MICHEL Rousselet, l'élevage des escargots**).

Est un squelette externe secrétée par la face dorsale et le bord libre du manteau, elle est globuloïde, spirale, a un enroulement dextre, son ouverture est évasée, descendante ; son bord externe est appelé : péristome ; la forme, l'épaisseur et la couleur du péristome ont souvent une grande importance dans l'identification des espèces des gastéropodes. La coquille protège les organes. Elle est composée de :

- une partie organique : trame protéique, représentant 1 à 2 % de la coquille.
- une partie minérale : carbonate de calcium sous forme de calcite et d'organite représentant 98% de la coquille. Elle est constituée de trois couche distinctes :
 - couche externe appelé : le périostracum.
 - couche moyenne appelé : l'ostracum.
 - couche interne appelé : l'hypostracum. (**Vallardi, 1997**).

Il est directement en contact avec le manteau, ensemble de lamelles superposées alternativement formées de carbonate de calcium et de conchyoline.

Si ces lamelles sont assez minces, il y a diffraction de la lumière incidente, et la coquille apparaît nacrée. Si elles sont plus épaisses, l'aspect est alors mat et généralement blanc. Cette couche résulte de l'activité de toute la face externe du manteau. Les processus biologiques qui aboutissent à la précipitation calcique sont très complexe et insuffisamment connus. La coquille se compose de 80 à 99% de calcaire et de 1 à 2 % de matière organique. Chez l'adulte, le carbonate de calcium de la coquille existe sous trois formes : calcite, organite, calcaire amorphe. Les jeunes coquilles d'*Helix* sont riches en phosphate de calcium.



FigureN°02 : Anatomie externe de l'escargot

Rôle protecteur de la coquille

Rétracté, le corps de l'escargot est entièrement inclus dans la coquille ; cette rétraction est effectuée grâce à plusieurs muscles dont le plus important est le muscle columellaire. En extension, seule la partie postérieure de sa masse viscérale se trouve protégée. Rétractée dans sa coquille, l'escargot est l'abri des animaux, des chocs, de la chaleur, du froid, du vent, de la lumière. L'escargot étant excessivement sensible à l'état hygrométrique ambiant et à ses fluctuations, ce phénomène d'encapsulation est voisin de 86%, en s'écartant de cette valeur on s'éloigne des conditions favorables à la vie active, les mouvements et les oxydations diminuent, l'animal ne mange plus, ce qui en cas extrême peut entraîner la mort. **(MICHEL Rousselet, l'élevage des escargots).**

L'humidité rendrait la coquille plus foncée et plus fragile, alors que la sécheresse l'éclaircirait et l'épaissirait. Cependant, une chose est sûre, c'est l'importance de la nourriture

et des apports calciques dans la formation et l'intégrité de cette coquille. Il conviendra donc d'en tenir compte pour l'élevage. (**MICHEL Rousselet, l'élevage des escargots**).

C'est le bord du manteau qui participe à la croissance de la coquille se trouve brisée en endroit quelconque, c'est partie du manteau la plus proche qui effectue la réparation : dans Un premier temps il y a sécrétion d'une membrane puis apposition de couches internes. En une quinze de jours la réparation est faite. Le rôle protecteur de la coquille est complété lors de l'hibernation par la formation d'un 'opercule', épais épiphragme calcaire, chez la bourgogne, ou d'un épiphragme membraneux (rideau de mucus solidifié) chez le petit gris. (**MICHEL Rousselet, l'élevage des escargots**).

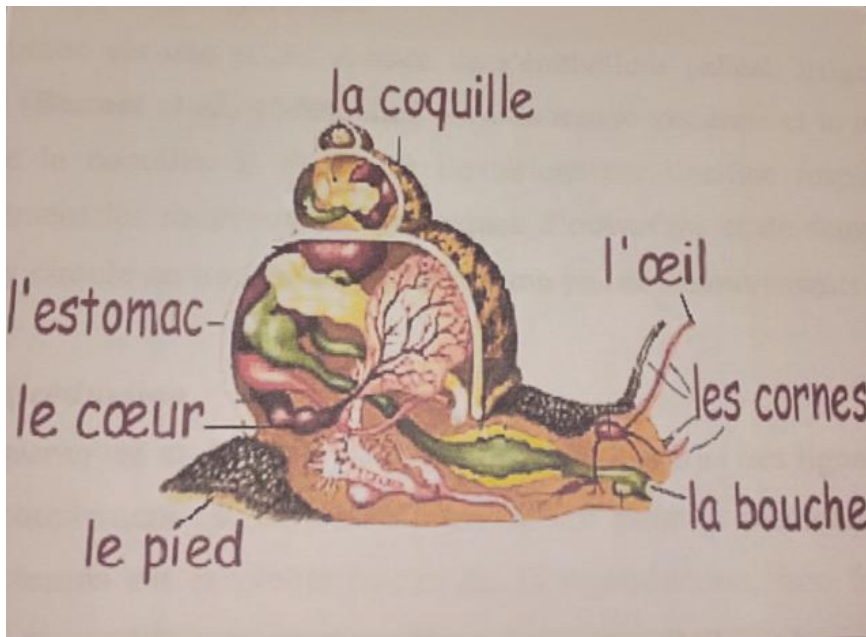
II. 4. 2. Anatomie interne de l'escargot

II.4. 2. 1. Appareil digestif

En raison de la torsion 180 du corps de l'escargot, le tube digestif forme une boucle ramenant l'anus vers l'avant. La bouche se prolonge par un bulbe buccal à l'intérieur duquel se trouve une langue musculaire recouverte d'une lame cornée : la radula, son rôle est de broyer les aliments. Dans la partie postérieure du bulbe buccal on trouve deux glandes salivaires. Ce bulbe se prolonge par un œsophage qui se renfle en un estomac, lui-même prolongé par un intestin formant une double circonvolution autour d'hépatopancréas et aboutissant à l'anus.

II. 4. 2. 2. Système nerveux

Le système nerveux sympathique est constitué par une paire de ganglions buccaux situés sous le bulbe buccal. Ils sont reliés par deux cordons nerveux au ganglions cérébroïdes et innervent la plus grande partie du tube digestif. Le système nerveux central est situé dans la région céphalique. Il est formé d'une chaîne de ganglions formant un double collier péri œsophagien complexe.



FigureN°03 : Anatomie interne de l'escargot.

II. 4. 2. 3. Appareil génital

L'escargot est hermaphrodite. Cette particularité explique la complexité de l'appareil, formé d'organes à la fois mâles et femelles et d'organes uniquement mâles ou femelles.

Il comprend :

- un ovotestis, où se forment ovules et spermatozoïdes situé à l'extrémité postérieure de l'hépatopancréas.

- un canal hermaphrodite servant l'évacuation des gamètes.

- une glande de l'albumine qui élabore les réserves vitellines.

- un ovospermiducte (**Bonnet et Al, 1990**)

Puis l'appareil se divise en deux voies :

- la voie mâle comprenant un spermiducte où spermatozoïdes s'accumulent en un spermatophore ainsi qu'un organe copulateur, le pénis.

- la voie femelle comprend la poche qui sécrète le dard calcaire lors de l'accouplement, le vagin et l'orifice génital.

II. 4. 2. 4. Appareil circulatoire

Se compose essentiellement d'un cœur, est constitué d'une oreillette antérieure et d'un ventricule postérieur. Le sang ou hémolymphe contient un pigment, l'hémocyanine. Il est incolore sous sa forme désoxydée et bleu sous sa forme oxydée. Le sang est propulsé dans le réseau artériel via deux aortes.

L'aorte antérieure irrigue le pied et la postérieure le tortillon. Le sang revient au cœur par un système de veines et sinus veineux.

II. 4. 2. 5. Appareil respiratoire

Le poumon est une poche formée de l'épithélium palléal, irrigué par les vaisseaux Pulmonaires (Bonnet et Al, 1990), situé entre la masse viscérale et le manteau qui recouvre l'intérieur de la coquille. Il s'ouvre à l'extérieur par l'orifice respiratoire dont on peut observer aisément les mouvements rythmiques d'ouverture et de fermeture (Bonnet et Al, 1990). L'air y circule au travers du pneumostome par des mouvements contraction de son ouverture.

II. 5. Reproduction

Helix aspersa est un hermaphrodite, il possède à la fois des lignées germinales mâles et femelles, l'accouplement est cependant nécessaire pour la fécondation (Bertrand et Al, 2004). Le printemps est la pleine saison de la reproduction, une fois fécondée. La glande hermaphrodite se modifie : la partie mâle se résorbe d'elle-même et la partie femelle se développe. L'accouplement se fait une fois au printemps et une fois en été.

Les escargots, possèdent un spermathèque lorsqu'une nouvelle portée d'œufs arrive, ceux sont donc fécondés par un mélange de spermatozoïdes provenant de différents mâles. Cela favorise le brassage génétique indispensable à toute population.

II. 5. 1. L'accouplement

Dans la nature, l'accouplement est nocturne, dure de quatre à douze heures de nuit, lors de l'accouplement, les spermatozoïdes collectés peuvent être conservés plusieurs mois ou années avant d'être utilisés pour fertiliser des ovaires, pendant la copulation, l'escargot plante un dard calcaire dans son conjoint afin de favoriser la survie des millions de spermatozoïdes transmis, le dard calcaire contient un mucus contractant temporairement le système reproducteur femelle de l'escargot récepteur qui peut ainsi stocker un plus grand nombre de spermatozoïdes dans sa zone de stockage. L'accouplement et la ponte sont très dépendant de la photopériode, l'accouplement débute lorsqu'il y a au moins 10 heures de lumière par jour.

II. 5. 2. 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'oviposition.

II. 5. 3. 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 répture 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.

	HELIX POMATIA	HELIX ASPERSA (pays atlantiques)	HELIX ASPERSA MAXIMA
Nombre d'œufs par ponte	30 à 60	80 à 150	90 à 200
Temps de croissance dans les conditions naturelles	2 ans½– 3ans	1ans (parfois 2ans)	?
Temps de croissance en élevage chauffé en hiver	1 à 2 ans (hibernation doit être respecté lors du 2 ^e hiver)	8 à 10 mois	5 mois ½ - 6mois
Poids moyen atteint	25g	10g	20g

Tableau N°03 : Différences dans la reproduction et la croissance

II. 6. Physiologie

II. 6. 1. L'état physiologique

II. 6. 1. 1. Activité saisonnière

Helix aspersa présente un cycle d'activité saisonnière caractérisé par deux stades dont la période et la durée sont pour un lieu géographique donné, relativement stable d'une année sur l'autre (**Bailey, 1981**).

L'escargot est un poïkilotherme, il peut régler sa température corporelle et adapter, en climat tempéré aux variations thermiques saisonnière selon trois rythmes d'activités annuels marqués par trois états physiologiques :

-l'un se caractérise par un ralentissement du métabolisme et intervient lors des basses températures hivernales : l'hibernation.

II. 6. 1. 2. Hibernation

L'hiver, lors des basses températures (inférieures 5°C) et la diminution de la durée du jour ; le petit gris entre en vie ralentie : il recroqueville au fond de sa coquille en sécrétant une bave qui se dessèche et obture ainsi l'ouverture de la coquille par des disques minces (épiphragme) et poreux-ce ci limite les pertes en eau qui atteignent cependant 30% du poids frais de l'animal (**Bailey, 1981**), donc c'est une période de repos, de jeune prolongé (4 à 6 mois ne s'alimente pas) que l'escargot doit aborder la maximum de réserves .

L'hibernation est constante en durée et en période dans une région donnée indépendamment des variations thermohydrométriques (**Bailey,1981**).

En effet, la photopériode a un impact spécifiquement sur la croissance et la reproduction (**Aupinel et Bonnet, 1996**), ce facteur est déjà considéré comme étant l'un des principaux éléments susceptibles d'induire ou d'inhiber l'activité saisonnière et journalière de l'escargot.

L'effet positif sur la croissance des longues photophases (15h/jour) (**Aupinel et Bonnet, 1996**), a été constaté par un grand nombre d'auteurs.

-l'autres s'étend entre le printemps et l'automne, ou les conditions climatiques seront favorables. Cette période se caractérise par une reprise des fonctions importants de la vie de l'animal : l'activité locomotrice, l'alimentation, le déclenchement de la croissance des jeunes et la reproduction des adultes, donc les escargots redeviennent actifs après la rupture de l'epiphragme.

-En été, l'escargot présentera également une période de vie ralentie, appelée : estivation.

II. 6. 1. 3. Estivation

Les conditions climatiques seront défavorables (**Thomas et Chevalier, 1994**) un modèle théorique du rythme d'activité nyctéméral de l'escargot en conditions de photopériode "jour long ":

- La première phase d'activité débute la tombée de la nuit et une durée supérieure à 6 heures.
- La phase dite d'inactivité relative à une durée inférieure à 18 heures.
- Une autres phase d'activité, ne concernant pas tous les individus, se produit avant le lever de jour de *Helix aspersa* (**Chevalier, 1992**).

L'animal se fixe alors sur support en fermant l'ouverture de sa coquille par un voile de mucus solidifié : l'épiphragme. Il reprend son activité lorsque les conditions environnementales sont plus favorables. Lorsque la température moyenne devient inférieure à 15 °C, les escargots se mettent en hibernation en se " collant " sur un support ou en s'enfouissant dans le sol ou la litière et secrètent un épiphragme d'hiver. Dans une atmosphère humide, le processus

d'hibernation s'effectue en-dessous de 5°C. Le raccourcissement de la durée de jour semble avoir également une action sur la mise en hibernation (**Bailey,1981**).

II. 6. 2. Physiologie

II. 6. 2. 1. La circulation

Le sang est liquide pâle. Le rôle de porteur d'oxygène du sang est tenu par chromoprotéine non porphyrique, renfermant entre 0,17 et 0,26 % de cuivre : c'est l'hémocyanine, qui a la même fonction que l'hémoglobine des mammifères . Cette hémocyanine devient bleue au contact de l'air. Le sang arrive à tous les organes grâce à un système artériel qui se continue par de petits espaces veineux d'où partent les veines qui ramènent le sang au cœur. Il faut noter le fait qu'il n'y ait qu'une oreillette et qu'un ventricule est compensé par la présence d'un système porte au niveau du poumon. La fréquence cardiaque varie avec la température et l'état physiologique de l'animal. Elle est de 20 à 35 contractions à la minute lorsqu'il se trouve dans des conditions de vie normale. Elle peut monter à 100 contractions à 38°C et descendre à 10 , même au-dessous de 10, lorsque l'escargot se trouve dans l'état léthargique de l'hibernation .(**MICHEL Rousselet, élevage des escargot**).

II. 6. 2. 2. La respiration

La pneumostome peut se fermer grâce à deux lèvres. La cavité respiratoire, limitée en haut par le poumon qui appliqué contre la coquille, et en bas par la surface supérieure du corps, se remplit d'air lors de l'inspiration ; l'inspiration est due à la partie musculuse inférieure qui, par compression des organes viscéraux crée un appel d'air.

Le poumon est simplement formé fines ramifications capillaires. Une fois la cavité respiratoire remplie d'air, le pneumostome se ferme, ainsi le sang est au contact de l'air et peut s'oxygéner. Lors de l'expirations, le pneumostome s'ouvre et chassé par un mouvement musculaire inverse.

Il existe en outre une respiration cutanée, favorisée par la sécrétion de mucus, qui plus protège l'épiderme, favorise l'activité ciliaire, et engluie les bactéries. **(MICHEL Rousselet, élevage des escargot).**

II. 6. 2. 3. L'excrétion

L'excrétion se fait grâce au rein et à l'intestin. Il existe un système porte rénal, qui permet l'infiltration du sang au niveau du rein. L'intestin n'a que peu d'importance au point de vue absorption, il assure essentiellement l'élimination des déchets. **(MICHEL Rousselet, élevage des escargot).**

II. 6. 2. 4. Les sens

II. 6. 2. 4. 1. La vue

L'escargot possède deux yeux ; petites taches noires située au sommet des grands tentacules céphaliques.

Nombres d'anatomistes depuis Swammerdam nous ont révélé la structure forte compliquée de cet œil qui semblerait contenir tout l'appareil nécessaire pour assurer :

- La formation d'images rétinienne : cornée, cristallin, corps vitré.
- La sensibilité à la lumière : rétine reliée au cerveau ou ganglion sus-œsophagien

parle nerf optique.

- L'œil pourrait donc voir.

De nombreuse expériences furent effectuées donnant des résultats variables selon leur auteur.

Pour certains tels :

- **Gaspard** : l'escargot serait un être aveugle, insensible à la lumière.

- **Leprés** : l'escargot placé en lumière faible apercevrait un objet volumineux à la distance de 6cm environ. Avec une lumière vive, la distance diminue jusqu'à 4 à 5mm.

- **Young** : l'escargot se comporte presque comme un aveugle.

Ce dernier effectua l'ablation des deux yeux sur un certain nombre d'escargot et remarqua peu de modification dans leur comportement. Il en conclut que chez *Helix pomatia*, jeune ou adulte, la lumière ne joue pas d'action déterminante dans la direction de ses mouvements.

II. 6. 2. 4. 2. Le toucher et l'odorat

Par simple observation, l'escargot semble surtout sensible aux mouvements de l'air, aux trépidations du sol, à la chaleur, et à l'humidité. Un sens «<olfactif>> peut être aussi constaté.

Des expériences ont cependant permis de préciser ces perceptions tactiles et olfactives :

➤ Sensibilité tactile :

Si l'on excite par attouchement diverses parties du corps et des tentacules avec un fin pinceau imbibé d'eau ordinaire, on obtient une rétraction localisée.

Il y a donc une sensibilité tactile généralisée sur toutes les portions du corps non recouverte par la coquille, mais aigue surtout au bord du pied et dans la portion antérieure

du corps particulièrement autour de la bouche et sur les extrémités des deux paires de tentacules où elle atteint son maximum d'acuité.

➤ Sensibilité à distance ou olfactive :

Sensibilité à distance des grands et des petits tentacules.

Si l'on avance un pinceau jusqu'à 1mm d'une des deux paires de tentacules (en évitant mouvement d'air et trépidations), elle se rétracte sans qu'il y ait contact.

Des sensations de natures différentes peuvent prévenir l'escargot de la présence du pinceau, mais par élimination, seule une excitation olfactive peut être retenue.

➤ Sensibilité olfactive de la peau :

Si l'on approche du corps d'un escargot un pinceau imbibé d'essence de camomille : il se produit une dépression sur la portion de la peau la plus voisine de la pointe.

Un escargot rampe entre deux morceaux de camphre, au fur et à mesure qu'il avance.

L'escargot sent les odeurs par la surface entière de son corps. Sensibilité d'acuité variable, en fonction de la partie du corps considérée avec toutefois un maximum en région antérieure (tentacules, lèvres ...).

Les odeurs sont perçues par les escargot à des distances variables. Il est toutefois difficile d'explique comment l'escargot <<sent>> la présence d'un aliment.

II. 6. 2. 5. L'ouïe

Ce sens est très peu développé. L'otocyste est surtout un organe de l'équilibre, de ce fait il est encore appelé statocyste.

Cependant, lors de bruit très fort, l'escargot rentre ses tentacules et les ressort aussitôt ; mais peut-être est-ce le sens du toucher qui ici est stimulé par le bruit qui n'est en fait qu'une vibration ?

II. 6. 2. 6. Le goût

L'escargot est essentiellement végétarien et recherche particulièrement les plantes jeunes et tendres ; d'après **Yung**, l'escargot de bourgogne se nourrit de salade, choux, thym, menthe, cerfeuil, persil, fraises, (fruits et feuilles), champignons dont les vénéneux, de fientes d'animaux herbivores et même d'excréments humains. **.(MICHEL Rousselet, élevage des escargot).**

Chapitre II

**La variabilité de l'escargot
Helix aspersa Müller**

I. La variabilité de l'Escargot Petit-Gris *Hélix aspersa* Müller

Hélix aspersa est une espèce « atlanto-méditerranéenne » assez ubiquiste dont le polymorphisme prononcé se traduit par une variation de la taille, de la coloration, de la forme, de l'épaisseur et de la sculpture de la coquille. Les divers morphotypes sont décrits. La coloration et le système de bands de la coquille sont d'origine génétique mais le milieu a peut-être une action secondaire sur leur variation. Plusieurs variétés semblent être adaptatives. Certains morphes correspondent, sans doute, à des sous-espèces. L'origine du gigantisme et du nanisme est discutée. Ce polymorphisme a donné vraisemblablement, en grande partie, à l'espèce sa potentialité d'adaptation et d'acclimatation.

I.1 Quelques données biologiques

- L'escargot passe la plus grande partie de l'année à l'état de vie ralentie. Il entre en Hibernation dès que la température descend au-dessous de 12° à 15°. Il est également totalement inactif pendant les périodes sèches de l'été. Dans les deux cas, il vit caché sous des feuilles ou des pierres, rétracté à l'intérieur de sa coquille qu'il a fermée par un disque de mucus séché, mucus imprégné de calcaire en hiver.

- Les escargots sont hermaphrodites, mais ils s'accouplent ; chacun deux joue à la fois le rôle de mâle et de femelles. Ils pondent des œufs dans le sol, dans des trous cylindriques de 2 à 3 cm de diamètre et 4 à 5 cm de profondeur. Au bout de 2 à 3 semaines, les œufs éclosent et donnent des petits escargots à coquille transparente, de la grosseur d'une tête d'épingle.

- Un escargot vit en moyenne 5 ans. Sa croissance s'accompagne de celle sa coquille (les stries de croissance sont visibles sur la coquille). Lorsque l'animal est adulte, le bord de la coquille présente un bourrelet nacré.

II.2. Aspect du polymorphisme

Le polymorphisme étant pris ici dans son sens large de variabilité. Il aura surtout pour but d'inventorier les différents morphes de la coquille sans que l'on puisse encore dire si ces morphes correspondent à des génotypes ou à phénotypes peut-être en partie d'origine somatique.

L'étude du polymorphisme proprement dit, c'est-à-dire l'existence de types génétiques distincts au sein de mêmes populations.

I.3 Coloration

Les variétés de coloration peuvent être classées en deux grands groupes : les variétés offrant une coloration générale de la coquille foncée et celles se traduisant par une coloration

générale claire. Trois caractères recourent ces deux groupes : caractère « bandes distinctes », caractère « bandes délayés » (ce qui se traduit par une ornementation plus ou moins verticale ==coquille flammulée) et caractère « sans bandes ». Pour certaines variétés, définies ainsi par deux caractères, s'ajoute un troisième caractère. Pour les coquilles à des bandes on peut constater un caractère « bandes chagrinées » et un caractère « bandes non chagrinées » (=bandes continues) : pour les coquille sans bandes on peut distinguer quatre phénotype : nigrescens, unicolor, luteola et rufescens et un cinquième phénotype assez particulier : la var. exalbida (albinisme des bandes).

BANDES DISTINCTES	BANDES DÉLAYÉS ORNENETATION≠VERTICALE	ABSENCE DE BANDES ET D'ORNEMEXTATION OU BANDES PEU VISIBLES
		Coloration général foncée
bandes chagrinées : 1.2.3.4.5 =var. fasciata	Var.obsciata	Coquille unicolore brun foncée = var régrescens
bandes chagrinés : 1.(2.3).4.5 =var typica		Coquille unicolore brun foncé =var.rigrescens
		Coquille unicolore brun rougeâtre =var.rufescens
		Coquille unicolore ocre jaune ou fauve = var.unicolor
		Coquille unicolore jaune paille =var.luteola
		Coquille jaune pâle à bandes hyalines =var.exalbida
		Coloration général claire
bandes≠chagrinées : 1.2.3.4.5 =var. zonata	Var.flammea	
bandes chagrinées : 1.(2.3).4.5 =var lutescens		
bandes continues : 1.(2.3).4.5 =var suzanae		
bandes : 0.0.3.0.0 =var.monozama		

Tableau N°04 : composantes des phénotypes de coloration de la coquille de aspersa.

I.4. Action modificatrice du milieu sur la coloration

Une action directe du milieu pouvant modifier la coloration générale de la coquille ou provoquer la fusion ou le délayage des bandes peut être suspectée.

On constate, en effet, chez certains individus, un changement de coloration ou d'ornementation survenu au cours de la croissance at qui se lit sur le dernier tour de la coquille. On peut noter ainsi soit un assombrissement (coquille typica devenant obscurata , unicolor

devenant rufescens), soit un éclaircissement (typica devenant lutescens), soit un délayage de bandes (typica devenant obscurata, lutescens devenant flammea), soit une fusion de bandes (fasciata devenant typica), soit, enfin, une apparition de bandes (unicolor devenant lutescens).
(CROWELL ,1973).

I.5. Nanisme et gigantisme

Les origines des phénomènes nanisme et de **gigantisme** chez les Mollusques, comme chez les autres embranchements zoologiques, sont diverses. On connaît l'action écologique du milieu sur la taille : des élevages expérimentaux de Mollusques terrestres ou fluviatile ont montré que des facteurs exogènes défavorables provoquent un abaissement de la vitesse de croissance ce qui se traduit souvent, à la maturité, par une taille ou un poids plus faible que la normale.

Des facteurs exogènes optimaux provoquant, inversement, une augmentation de la taille, mais il n'est pas évident que ce soit là l'explication de la plupart des cas de **gigantisme** **(CHEVALLIER, 1971,1974).**

Chapitre III

**Sur la génétique de la
variation de couleur**

I. Génétique de la variation de la couleur du corps des Escargot terrestres

Hélix aspersa

I.1. Introduction et généralités

La surface du corps est recouverte d'un épithélium simple couche en colonnes prismatiques ou cylindriques : plus hautes que larges équipés de cils et microvillosités (ces dernières ont été également confirmé au microscope électronique). Ce genre d'épithélium est généralement impliqué dans la sécrétion active et /ou l'absorption de matériaux à travers la couche cellulaire unique, ou (si ciliées) dans le mouvement le long de la surface.

I.2. Les Pigments

Le Pigment en biologie est une molécule qui réfléchit et / ou transmet la lumière visible. Il existe des pigments chez les végétaux comme chez les animaux. La coloration d'un pigment dépend de son absorption sélective d certaines longueurs d'onde et de la réflexion d'autres longueurs d'onde. Les pigments sont classés en fonction de la présence ou de l'absence d'azote dans leur structure. Les pigments azotés sont les hémoglobines, les chlorophylles, les pigments biliaires et les mélanines, largement répandus chez les nombreuse espèces animales et responsables des variations de la coloration de la peau. Voisins des mélanines, on trouve les indigoïdes, dont le plus connu est l'indigo, un colorant végétal. La riboflavine, également connue sous le nom de vitamine B12, est un des nombreux pigments qui vont du jaune pâle au vert produits par un grand nombre de végétaux les pigments dépourvus d'azote sont les caroténoïdes, les flavonoïdes, les anthocyanes et les quinones.

I.2.1. Mélanine

- Le principal facteur de variabilité dans le couleur est la quantité, la densité, et là répartition de la pigmentation de la mélanine.
- La mélanine est de couleur brun foncé / violet /noir qui est intensifiée par un dense compactage des granules de mélanine dans les cellules des couches supérieures de la peau.

On connaît deux principaux types de mélanine comportant chacun deux sous-groupes, et un type mineur moins connu :

_L'eumélanine **noire** ou **brune**

_La phaéomélanine **rouge** au **jaune**

- Une mutation du gène de l'enzyme de la tyrosine qui produit une protéine avec une réduction de fonctionnalité aboutissant à une réduction de la production de mélanine.
- Dans les cas extrêmes, cela produit une forme génétique d'albinisme.

I.2.2 Hémoctanine

Pigment respiratoire des Mollusques. L'hémoctanine est une protéine qui permet de fixer et de transporter l'Oxygène(O₂) à travers le corps. Composé de cuivre oxydé, l'hémoctanine donne au sang des gastéropodes une coloration bleue.

I.2.3 Le carotène

Pigment alimentaire qui peut, en quantité importante, donner une composante légèrement jaunâtre à la peau.

I.2.4. La chlorophylle

Pigment alimentaire, la chlorophylle absorbe toutes les couleurs sauf le vert qu'elle renvoie. Nos yeux captent cette couleur et on dit que la chlorophylle est verte. Les colorations vertes des invertébrés peuvent être dues à la présence de chlorophylle alimentaire, soit à des pigments spécifiques résultant d'une transformation de la chlorophylle.

Les pigments indicateurs de pH sont très courants chez les invertébrés. Ils appartiennent aux classes les plus diverses (phénols, quinones, dérivés pyrroliques et autres).

Il semble qu'il y ait peu d'études et peu de connaissance sur le contrôle génétique de la variation de la couleur du corps des escargots, mais Williamson (**cité dans Backeljau et Al, 2001**) a indiqué que la pigmentation est déterminée par trois locus, avec un allèle pour la mélanine noire et la mélanine brune (noir dominant), et un contrôle de la propagation de mélanine sur le corps adulte. Trois allèles ont été reconnus à ce dernier locus, un codant pour une répartition équilibrée (dominante), un autre qui limite la mélanine à la région médiodorsale, et le dernier (récessif aux deux autres) codant pour un corps blanc ou la mélanine n'est apparente que dans les tentacules et la marge du pied.

Concernant les gènes de la coloration : quelque part dans l'ADN, il y a des séquences qui indiquent la manière dont les pigments doivent se traduire (par exemple une séquence est appelée « gène »). Ces gènes peuvent être constitués d'un seul morceau d'ADN, ou de plusieurs pièces qui dépendent les unes des autres. Ces gènes sont disponibles en deux exemplaires au moins (selon le code génétique qui est stocké dans les paires de chromosomes qui se compose essentiellement de proches séquences d'ADN identiques).

Les invertébrés contiennent souvent la biliverdine ou des pigments analogues. C'est un pigment vert résultant de l'oxydation de la bilirubine, pigment rouge présent dans la bile.

I.2.1 Le gène de la pigmentation

Lorsque la couleur des pigments doit être apparent, la séquence d'ADN est lue (traduit en ARN) et traduite dans les pigments de couleur(-protéine).

À ce moment-là, plusieurs éléments peuvent se présenter de manière différents :

- Le gène-code de la couleur des pigments peut être supprimé complètement ou partiellement.
- Le gène peut être inactif parce que les séquence de régulation sont absents ou disfonctionnelles
- Le gène peut être partiellement altéré (modification dans la séquence de l'ADN), résultant en une de traduction en protéines des pigments, partielle ou même absent.

Dans tous ces cas, le gène-couleur n'est pas fonctionnel et le pigment ne se révèle pas, du moins pas de puis cette copie d'ADN. Si l'autre copie d'ADN, est fonctionnelle, les pigments peuvent encore être révélés.

Dans ce cas, le gène inactif, non fonctionnel agit comme un gène récessif, alors que le gène fonctionnel agit en qualité de dominant. Dans la pratique, cela signifie que la copie du gène couleur active détermine si la couleur est traduite ou pas, de sorte que le gène inactif n'a, tous simplement, pas d'importance. Si les deux copies du gène ne sont pas fonctionnelles, la couleur ne s'exprime pas.

Si un escargot a deux copies d'un gène de couleur actifs, l'escargot est appelé **Wild type homozygotes** pour le gène couleur.

Si un escargot a deux copies non-actives d'un gène de couleur, l'escargot est appelé **homozygotes knock-out** pour le gène couleur.

Si un escargot a une copie de gène active est une copie non fonctionnelle, l'escargot est appelé à être hétérozygote pour ce gène couleur.

Il convient de souligner que cette explication est fondée sur une hypothèse, dans laquelle chaque couleur est traitée en fonction d'un seul gène récessif.

Les variations de couleur dans l'escargot sont le résultat de mutations dans plusieurs gènes responsables de la pigmentation de la coquille et du corps.

Le corps de l'escargot a au moins l'un principaux pigment noir qui détermine si le corps est sombre ou albinos (incolore). Néanmoins, il est souhaitable de noter que, même les escargots albinos ne sont pas complètement blancs : le corps contient encore une couleur jaune-verdâtre, principalement condensée en petites taches.

Les escargots qui ne manquent pas de pigments varient encore selon la quantité de pigments qu'ils possèdent. De nombreux gènes influencent l'expression de gènes uniques de sorte que l'intensité d'expression peut varier, même pour les traits normaux.

I.3. Hérité de la couleur

Si les deux parents ont au moins une copie non fonctionnelle du gène couleur, une partie de la progéniture peut recevoir à la fois le gène non fonctionnel « père » et une copie non fonctionnelle de « la mère ». Dans ce cas le résultat sera une couleur particulière (homozygotes knock-out).

Si la progéniture reçoit, toutefois, au moins une copie fonctionnelle, les escargots ne perdent pas la couleur car elle peut encore être traduite à partir de la copie fonctionnelle.

Si au moins un des parents a deux exemplaires d'un gène de couleur fonctionnelle, tous les descendants auront cette couleur, même si l'autre parent a deux copies non fonctionnelles de ce gène. La raison en est que chaque escargot est une copie de chaque parent et quand un des parents a deux exemplaires fonctionnels, la progéniture obtiendra toujours un gène fonctionnel, ce qui suffit l'ensemble de la couche tégumentaire ainsi formée d'épithélium, de tissu conjonctif et de muscles, atteint souvent une épaisseur considérable et est excessivement polymorphe quand son aspect extérieur ; de là provient qu'avec un plan d'organisation assez uniforme, la configuration du corps de mollusques présente une telle diversité. Leur enveloppe générale du corps est différenciée en trois régions :

- a) Antéro-dorsale ou céphalique.
- b) Postéro-dorsale ou palléale.
- c) Ventrale ou pédieuse.

I.3.1. La coloration du corps

Elle semble liée au type d'habitat et non liée à la couleur de la coquille, ainsi qu'au nombre de bandes (**A.J. CAIN AND OTHERS**), pour certains auteurs, pour d'autres le gène en question est lié à celui de la couleur de la coquille.

Il est largement établi que la pigmentation du corps, démontre aussi les effets du milieu, une partie de la correspondance entre la couleur du corps et de l'ombrage du milieu signalé par Cain et Sheppard peuvent en être conséquence. La sélection climatique favorisant la couleur pâle du corps dans les aires chauds et sombres dans les zones de basse température est probablement responsable de l'association avec le climat. On peut en déduire que les individus sombres seraient favorisés dans les endroits frais, car ils seraient plus efficaces à absorber le rayonnement solaire, tandis que les individus clairs reflètent plus, un plus grand avantage dans

le sud (bien qu'aucun morphe n'est susceptible d'être actif durant des journées ensoleillées). Les couleurs foncées sont également caractéristiques de haute altitude, en en corrélation avec des températures plus basses et l'humidité. La majorité des escargots sont grisâtres, on peut cataloguer la pigmentation du corps en l'adaptant à une gamme de 10 teintes neutres du noir (0) au blanc (10) pour donner une mesure de base (de foncées à pâles).

Il y a de légères variations de teintes, parfois avec variantes depuis gris à brun-rougeâtre, brun au jaune. Par exemple de gris ardoise foncé, avec un mince trait plus clair sur la ligne médiodorsale, à pâle jaune-crème, comme décrit par (Murray, 19963). Une différenciation de la couleur du corps de gris moyen à très pâle est aussi décrite.

La couleur du corps pâle est récessive à la couleur sombre. Celle-ci intervient dans plusieurs nuances qui sont multifactoriellement contrôlées. Gris moyen dominants sur pâle la couleur rougeâtre est récessive à jaunâtre.

II. 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 mélanosomes, 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.

II.1 Locus C

Ici se trouve une série multiallélique composée au minimum de 4 allèles, soit, du plus dominant au plus récessif : **Cn**(noir) ; **cr**(crème) ; **cs** (sépia) ; **ca** (albinos), **Cn** > **cs** > **cr** > **ca**

B (black, noir, seal (la couleur seal c'est le marron foncé)) : dominant



b (Brown ou brun, chocolat) : récessif par rapport à **B**



b1 (light Brown ou brun clair, cannelle), récessif par rapport à **B** et **b**



Pour que la couleur noire s'étende sur tout le corps, il faut qu'il possède le facteur **E** (comme extension). Dans la même série il existe le facteur **ep** (extension partielle, animal gris et noir), et **e** (pas d'extension, animal gris). **E** domine **ep** qui domine **e**.

Il lui faut aussi le facteur **B** (Black). L'autre facteur de cette série est le facteur **b** (havane ou chocolat).

B domine **b**. on retrouve la facteur **b** chez tous les animaux éclaircis de la série noire, le beige par ex et de la série marronne, le fauve, le crème, ... car il éclaircit aussi la peau. Donc **B(b)** est un facteur important pour déterminer la pigmentation de la peau.

II.2. Locus **B** (black, brown)

Les granules d'eu mélanine peuvent se présenter sous plusieurs formes. Arrondis, ils apparaissent bruns foncés ou noirs ; ovales, ils apparaissent brun clair à très clair. Ces différences sont sous dépendance de trois allèles :

B (black, noir, seal,) : dominante

b (brown ou brun, chocolat) : récessif par rapport à **B**

b1 (light brown ou brun clair, cannelle) : récessif par rapport à **B** et **b**.

Pour que la couleur noire s'étende sur tout le corps, il faut qu'il possède de facteur **E** (comme extension). Dans la même série il existe le facteur **ep** (extension partielle animal gris et noir) et **e** (pas d'extension, animal gris). **E** domine **ep** qui domine **e**.

Il lui faut aussi le facteur **B**(Black). L'autre facteur de cette série est le facteur **b** (havane chocolat).

B domine **b**. on retrouve la facteur **b** chez tous les animaux éclaircis de la série noire, le beige par ex et de la série marronne, le fauve, le crème, ... car il éclaircit aussi la peau. Donc **B(b)** est un facteur important pour déterminer la pigmentation de la peau.

III. Dominance et récessif

Si nous prenons un escargot au corps noir "pur" donc **BB** et un escargot havane **bb** et que nous les croisons, nous obtenons en première génération (**F1**). Et dans l'hypothèse de quatre bébés : nous obtenons : **Bb, Bb, Bb, Bb**. Ils sont donc tous noirs.

En croisant deux de ces petits : **Bb + Bb**, nous obtenons en deuxième génération (**F2**) : **BB, Bb, Bb, bb**

25 % de **BB**, 50 % de **Bb** et 25 % de **bb** donc 75 % de noirs et 25 % de havanes.

III.1. Locus D (dilution)

Les granules de pigments peuvent être répartis dans la peau de deux façons, selon l'allèle présent au locus **D** :

D (non dilué) : dominant. Les granules sont répartis uniformément, la couleur n'est pas éclaircie.

d (dilué) : récessif. Les granules forment des agglomérats hétérogènes, la peau apparaît plus claire.

Exemples : noir, chocolat, lilas (violet pâle), cannelle, roux, crème.

D= couleur complète, **d**= couleur diluée et **dl**=est létal en homozygosis.

Une série d'allèles multiples commande l'intensité de la pigmentation.

L'ordre de dominance est : **D > d > dl**

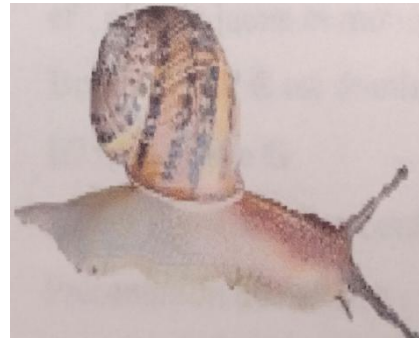
Exemples :



D^G Grey dermal pigment

D^B Brown dermal pigment

d^Y Yellowish demal pigment

 d^R Reddish dermal pigment

A Albino

Apparemment non relationnés avec **C**, **B** ou **U** (gènes de coloration de la coquille)

III.2. Locus I (inhibition)

I empêche la synthèse de la phaeomélanine, pigment jaune sous l'effet de **I**, une pigmentation uniformément unie acquiert une base blanche, tout en conservant la couleur d'origine. Permet l'apparition des couleurs **smoke**. Deux allèles sont possibles à ce locus :

I(inhibition) : dominant ; **i** (pas d'inhibition) : récessif.

III.3. Locus O (orange)

« **O** » est le gène responsable de la présence de pigment orange, à la place de l'eumélanine.

L'allèle dominant **O** du locus **O** transforme les eumélanine par des pigments roux et les phaeomélanines par des pigments oranges, et ce indépendamment des allèles du locus **B**. l'allèle **o** laisse apparaître la couleur définie par les allèles du locus **B**. Si les allèles **O** et **o** sont présents simultanément, la peau aura des plages de nuance rousse et d'autre de la nuance donnée par les allèles du locus **B**, ces plages étant réparties aléatoirement.

III.4. Locus W (white)

Il existe deux allèle à ce locus :

W : blanc → absence totale de pigments dans la peau : les autres gènes de couleur ne peuvent s'exprimer.

w : non blanc → aucun effet, tous les gènes de couleur peuvent apparaître.

W est dominant sur **w** et masque toute autre couleur présente dans le patrimoine génétique.

III.5. Le gène E

Il règle le rapport des quantités de pigments noir et jaune.

Présentation des allèles :

E : rapport classique (on pourrait dire que c'est l'allèle de base)

e : plus de jaune et moins de noir.

Es ou **Ed** : plus de noir, moins de jaune (rare)

ef : plus de jaune et moins de noir.

Dominance : **E** est dominant, **e** récessif.

III.6. Le gène G

Il gère l'intensité des couleurs jaune et noire.

Présentation des allèles :

G : c'est l'allèle de base

g : il dilue le noir en gris, et ôte presque complètement le pigment jaune.

Dominance : **G** est dominant sur **g**

D. et le motif sépia



Ce motif est le résultat d'une atténuation de la pigmentation sur une partie du corps. Il est dû à l'action du gène du locus C. L'allèle dominant C n'atténue pas la pigmentation. L'allèle cb présent en double donne une robe sépia, dont la pigmentation est faiblement atténuée. La présence simultanée de l'allèle cs et de l'allèle cb donne une atténuation moyenne. Il existe un gène majeur, qui agit sur les couleurs diluées. Ce gène, "Dm", transforme le bleu, le lilas, et le faon, en caramel, et le crème en abricot.

III.7. Divers motifs



Coloration fox : dos noir et flancs gris au dos chocolat et flancs crème. Flancs crème et dos sépia



Havane ou **Chocolat** la couleur est d'un brun uniforme et soutenu : **D-**, **b-** ou si dilué **DmxDmx** ; **D-** ; **b-**



Gris unicolore la couleur est d'un gris pâle uniforme B- ; dd



Gris smoke à reflet argenté. Au repos, l'escargot semble uni mais dès qu'il bouge, on perçoit la couleur argentée.



Chamois la tonalité d'ensemble peut varier du gris perle platiné au gris bleuté au gris bleuté à reflet lilas ou brunâtre.



Bleu : gris-ardoise, issu d'une « dilution » du noir dmdm ; dd ; B-.



Lilas(lilac) : c'est un beige rosé très pâle : b- ; dd

Roux, crème et leurs combinaisons :



Crème : **dmdm ; dd ; oo** ou **dmdm ; dd ; oo**



Cannelle(cinnanom) : un brun-roux : **blbl, D-** ou si dilué **dmxdmx ; D-** ;

blbl



Faon(fawn) : beige clair tirant sur le roux, dilution de la couleur cannelle :

dmdm ; dd ; blbl.



Abricot : orange rosé doux : **Dm-** ; **dd ; oo**



Miel les escargots qui n'ont pas le gène " E" ont la peau jaunâtre. Par conséquent, on obtient un éclaircissement global de la peau.

IV. La coloration du manteau

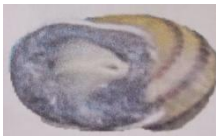
Le manteau peut être de couleur noir ou de couleur claire. Si la coquille est translucide, il est souvent possible de voir la couleur du manteau au travers. Les variations dans la couleur du manteau sont connues pour être héréditaires.

Le manteau et le pied sombre, c'est normal. Dans cette espèce, il existe une énorme variabilité dans la couleur du pied et du manteau. On rencontre des jaune-vert, mais il y a aussi des exemplaires de couleur gris ou vert très foncé. Parfois même, avec le manteau légèrement orangé... apparemment non relationnés avec la couleur du corps.

IV.1. Les divers motifs



Black : couleur du manteau noir intense (fréquent dans l'espèce *Helix aspersa maxima*)



Grizzled(gr) : couleur du manteau diluée, gris sombre mélangé à gris clair ou blanc



Lilas(lilac) : c'est beige rosé très pâle

Ici lilas avec nuances de vert pâle (élevage de Mr Gireaud Olivier à St Jory, région Toulousaine).



Fumé: couleur du manteau dilué (ex: smoky cream, smoky brown, smoky tones of Grey, etc. ...) smoky tones of grey.

Ces deux dernières colorations ont été obtenues lors d'études sur l'hybridation entre *Helix aspersa aspersa* (manteau clair) et *Helix aspersa maxima* (manteau noir), dans l'élevage expérimental de Mr GOUGET Christophe en Nouvelle-Calédonie.

Taupe (tp) : manteau de nuances de gris avec une autre couleur (Taupe Gray, Pale Taupe, Rose Taupe, Mauve Taupe, Medium Taupe, Purple Taupe, Dark Taupe). Taupe est un terme vague, non scientifique qui peut être utilisé pour faire référence à presque tous les gris-brun, gris ou couleur chaude



Mauve Taupe (élevage de Mr Gireaud Olivier à St Jory, région Toulousaine)



Purple Taupe (l'élevage expérimental de Mr GOUGET Christophe en Nouvelle-Calédonie).



Green Taupe clair (élevage de Mr Gireaud Olivier à St Jory, région Toulousaine).



Brownoid(brwd) : manteau de couleur plus brun que brun, ... on doit le nommer ainsi.



Grey intense(GRI) : gris intense produit une couche de dilution



Ocre (OCH) : pigmentation du jaune au brun.



Crème pigmentation marron atténuée.

Partie Experimental

Chapitre IV

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes

I. Introduction

Helix aspersa est une espèce « atlanto-méditerranéenne » assez ubiquiste dont le polymorphisme prononcé se traduit par une variation de la taille, de la coloration, de la forme, de l'épaisseur et de la sculpture de la coquille. Les divers morphotypes sont décrits. La coloration et le système de bandes de la coquille sont d'origine génétique mais le milieu a peut-être une action secondaire sur leur variation. Plusieurs variétés semblent être adaptatives. Certains morphes correspondent, sans doute, à des sous-espèce. L'origine du gigantisme et du nanisme est discutée.

Ce polymorphisme a donné vraisemblablement, en grande partie, à l'espèce sa potentialité d'adaptation et d'acclimatation. (**Henry CHEVALIER**).

L'étude statistique a donné des populations naturelles permet d'apporter quelque précision sur l'étendue et les modalités du polymorphisme d'une espèce. Le polymorphisme de l'escargot *Helix* porte. Uniquement sur des caractères quantitatifs à variation essentiellement **continue**.

II. Caractéristiques des zones d'étude

II.1. Situation géographique

1. Mostaganem

1.1 Localisation

La wilaya de Mostaganem est située en nord-ouest du territoire national et couvre une superficie de 2269km^2 . Elle possède une façade maritime s'étendant sur 120km, elle est limitée par :

- Au nord, la mer méditerranée.
- A l'ouest, les wilayas d'Oran et Mascara.
- A l'est, la wilaya de Chlef.
- Au sud, la wilaya de Relizane.

1.2. Plateau de Mostaganem

Il englobe les communes de : Mostaganem-Sayada-Kheir eddine-bouguirat-Mesra-sirat-Touahria-Mansourah et Souafliia. Cette zone couvre une superficie de 560 km^2 ; et son altitude se trouve insérée entre les courbes 100 et 350m.

1.3 Climat

C'est une wilaya côtière. Le climat de Mostaganem se caractérise par une température douce, la faiblesse des écarts thermiques et l'alternance quasi quotidienne des brises de mer et de terre.

La wilaya se caractérise par un climat **semi-aride** et un hiver tempéré avec une pluviométrie qui varie entre 350mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra. (**Dr. SAADANE ALGERIE, 2009**)

mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc	année
température (c°)	11	12	14	17	19	21	24	25	23	20	16	13	17
Précipitation(mm)	92	72	60	40	35	9	2	3	16	46	76	75	524

Tableau N°05 : Des données climatiques à Mostaganem (source : weatherbase, statistiques sur 10ans)

2. Mascara

2.1. Localisation

Est une wilaya algérienne située au nord-ouest du Algérie.

La wilaya de Mascara est délimitée :

- Au nord, par les wilayas d'Oran et de Mostaganem.
- A l'est, par les wilayas de Tiaret et de Relizane.
- Au sud, par la wilaya de Saida.
- A l'ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbés.

2.2. Reliefs

Zones géographiques de la wilaya.

La wilaya de Mascara fait partie intégrante de la région du Tell. Sur le plan physique, elle présente quatre grandes zones distinctes :

- Les plaines de Sig et de Habra au nord, couvrent 25 % du territoire de la wilaya.
- Les monts des Beni-Chougrane en amont, couvrent 32 % du territoire de la wilaya.
- Les hautes plaines de Ghriss centre, couvrent 27 % du territoire de la wilaya.
- Les monts de Saida au sud, couvrent 16 % du territoire de la wilaya.

2.3 Le climat

Le climat de la wilaya est de type méditerranéenne avec une tendance à la semi aridité. Les chutes de pluies sont plus fréquentes à la fin de l'automne et au début du printemps. Le territoire de la wilaya est aussi soumis au phénomène de la gelée qui dure en moyenne 22 jours par ans.

Au nord dans les plaines, l'influence des vents marins régularise les pluies pendant une partie de l'année. On note également la présence de brouillard très épais à la fin du printemps. Au niveau des monts des Beni-Chougrane et des monts de Saida, l'influence de l'altitude et des vents d'ouest apporte à la région l'humidité. Dans le sud de la wilaya, le climat est semi-aride dans les hautes plaines.

III. Matériels utilisés

III.1. Matériels de mesures

- Balance : les poids des escargots sont déterminés par une pesée à l'aide d'une balance électrique de précision avec un maximum de 500g (**FigureN°04**)



Figure N°04 : Balance électrique de précision

- Pied à coulisse : instrument de mesure constitué de deux becs à écartement variables et d'un vernier. Dans notre cas, il a été utilisé pour mesurer les différents paramètres biométriques en millimètres (mm). (**FigureN°05**)



Figure N°05 : pied à coulisse.

- Stylo à feutre : pour numéroté les escargots pour pouvoir les distinguer et permettre leur suivi le long de notre expérimentation.

III.2. Matériels biologique

III.2.1. Echantillonnage

Les escargots ont été choisi pour être étude de plus près. Nous la considérons comme un bon matériel expérimental vu sa taille d'autant plus qu'aucune étude biométrique, dans ce sens n'a été réalisée dans les régions de Mostaganem (**Figure06« A »**) et Sig à la région de mascara (**Figure07 « B »**).



Figure N°06



Figure N°07

Les coquilles récoltées dans les deux stations sont numérotées. Au total, 40 coquilles sont mesurées. Les différents paramètres étudiés sont mentionnés dans la (**Figure 08**). Il s'agit du diamètre de la coquille(D), de la hauteur de la coquille (H), du diamètre de l'ouverture de la coquille(d).

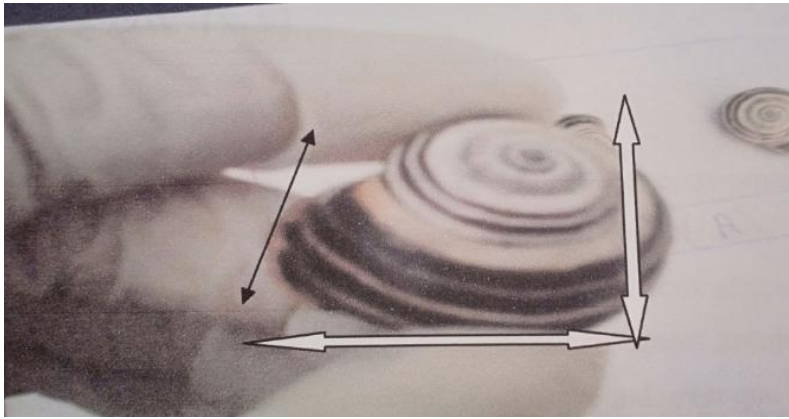


Figure N°08 : Paramètres étudiés de la coquille de l'escargot *Helix aspersa*

D=Diamètre de la coquille, H=Hauteur, d=diamètre de l'ouverture

IV. Méthodes de travail

1.Calcul de la variance et de l'écart-type

La variance mesure la dispersion autour de la moyenne arithmétique (**DAGNELIE, 1973**). La variance d'une distribution de fréquence est la moyenne des écarts par rapport à la moyenne au carré. On a alors :

$$V = \frac{\sum(x-m)^2}{n}$$

L'écart type(s) est la racine carrée de la variance.

2.Analyse de la variance

L'analyse de variance pour un facteur a pour but de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variances, à partir d'échantillons indépendants les uns des autres (**DAGNELIE, 1973**). Autrement dit elle permet d'établir si la source de variance est due uniquement à la variabilité à l'intérieur des échantillons ou ce le facteur contrôlé introduit une variation entre les échantillons (**DODGE, 1993**). Les moyennes diffèrent significativement dans leur ensemble au risque 5% si **F** dépasse la limite $F^{c-1}N - C$ lue dans la table de **F** pour un degré de liberté (**C-1**) et (**SCHAWARTZ, 1993**).

3. coefficient de corrélation

Dans le but de déterminer le lien entre les différentes caractéristiques (variables) quantitatives prises en considération, nous avons calculé le coefficient de corrélation **r** entre les variables prises 2 à 2 selon la formule suivante :

$$r = \frac{\text{cov}(x,y)}{s_x \times s_y}$$

Dans laquelle x et y sont 2 variables, s_x et s_y sont les écart-type de x et de y , et $\text{cov}(x,y)$ représente la covariance de x et y . Ce coefficient est compris entre -1 et +1. Il est, en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les deux séries d'observations est nette pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire.

Au contraire si le coefficient r est nul, ou presque nul, c'est que les deux caractéristiques ne sont pas corrélées.

Aussi, pour comparer les stations entre elle pour chacune des 3 variables nous avons utilisé l'analyse de la variance à un critère de classification modèle aléatoire (A. DAMERDJI ; 1990)

4.Traitement statistique

Les traitements statistiques énoncés ci-après ont été réalisés grâce au logiciel stat box.

Chapitre V

Résultats et discussion

I. Résultats

Les résultats portent sur la matrice de corrélation entre les 3 variables, sur la matrice de corrélation globale et sur l'analyse de la variance univariée.

I.1 Matrice de corrélation entre les trois variables (diamètre, hauteur, et de diamètre de l'ouverture) pour chacun des deux stations :

Les variables	Diamètre de la coquille	Diamètre de l'ouverture	Hauteur
Diamètre de la coquille	1		
Diamètre de l'ouverture	0,71	1	
Hauteur	0,54	0,60	1

Tableau N°06 : Station de sig

Au niveau de la station sig, l'examen de la matrice de corrélation montre que le diamètre de la coquille est moyennement corrélé avec la hauteur ($r=0,54$) et aussi avec le diamètre de l'ouverture de la coquille ($r=0,71$). Nous constatons, également, que la hauteur de la coquille est assez bien corrélée d'une part avec le diamètre de l'ouverture ($r=0,60$). Enfin, le diamètre de l'ouverture.

Les variables	Diamètre de la coquille	Diamètre de l'ouverture	Hauteur
Diamètre de la coquille	1		
Diamètre de l'ouverture	0,59	1	
Hauteur	0,70	0,64	1

Tableau N°06 : Station de Mostaganem

Au niveau de la station de Mostaganem, l'examen de la matrice de corrélation montre que le diamètre de la coquille est moyennement corrélé avec celle l'ouverture ($r=0,59$). Il est fortement corrélé avec la hauteur($r=0,70$). Nous constatons, également, que la hauteur de la coquille est assez bien corrélé d'une part avec le diamètre de l'ouverture ($r=0,64$).

I.2. Analyse de la variance univarié

Nous avons comparé les deux stations entre elles pour chacun des quatre variables considérées. A cet effet, nous avons effectué l'analyse de la variance à 1 seul critère de classifications du modèle aléatoire.

Variable : Diamètre.

	S.C.E	DLL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	1,168	39	0,03				
VAR FACTEUR1	0,163	1	0,163	6,141	0,01698		
VAR.RESIDUELLE 1	1,006	38	0,026			0,163	5,67%

Variable : l'ouverture de coquille

	S.C.E	DLL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	0,505		0,013				
VAR FACTEUR1	0,012	1	0,012	0,945	0,33902		
VAR.RESIDUELLE 1	0,493	38	0,013			0,114	8,93%

Variable : Hauteur

	S.C.E	DLL	C.M	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR.TOTALE	0,561	39	0,14				
VAR FACTEUR1	0,011	1	0,011	0,729	0,40291		
VAR.RESIDUELLE 1	0,55	38	0,014			0,12	8,63%

Pour chacun des tableaux d'analyse de la variance relatifs aux trois variables prises en considération, concernant le diamètre, nous constatons qu'il existe des différents significatives entre les deux stations étudiées. Chaque fois, la comparaison de la valeur de F/observé avec la valeur théorique correspondante de $F_{1-\alpha}$ tiré à partir de la table **F** de **FISHER-SNEDECOR** pour un risque $\alpha=0,005$ montre que les stations échantillonnées présentent des différences importances pour chacun des trois variables étudiées.

Concernant les deux autres variables (l'ouverture et Hauteur), nous constatons qu'il n'existe pas des différentes significatives entre les deux stations étudiées pour un risque de

$\alpha=0.05$, et qui montre que les deux échantillonnées ne présentent pas des différences importantes pour ces deux variables.

II. Discussion

Il est certain que la densité de peuplement n'est pas le facteur déterminant des proportions moyennes des coquilles mais que la densité de peuplement et proportions des coquilles sont indépendantes, fonctions de facteurs communs vraisemblablement écologiques. «1 » note une action prédominante des conditions du milieu sur la forme générale des coquilles.

Ces résultats sont assez différents de ceux présentés par **(J. ALTES, 1956)**. Qui montrait une importante variabilité du coefficient de corrélation diamètre.

Des facteurs exogènes défavorables provoquent un abaissement de la vitesse de croissance ce qui se traduit souvent, à la maturité, par une taille ou un poids plus faible que la normale.

Des facteurs exogènes optimaux provoquant, inversement, une augmentation de la taille mais il n'est pas évident que ce soit là l'explication de la plupart des cas de gigantisme **(CHEVALIER, 1971, 1974)**.

Les sols calcimagnésiques ont de grandes coquilles. Les grandes valeurs se trouvent dans les stations de l'étage bioclimatique semi-aride. Les petites valeurs sont celles se trouvant dans l'étage bioclimatique méditerranéen avec une tendance à la semi aridité à variante chaude **(CHEVALIER, 1971, 1974)**.

Aussi, la température moyenne de tous les minima du mois le plus froid influe sur la taille des coquilles. Plus cette valeur est petite, plus les coquilles de *Helix aspersa* sont grandes et inversement **(A. DAMERDJI, 1994)**.

Les facteurs abiotiques et biotiques restent importants dans la variation de la taille des coquilles de *Helix aspersa* **(J. ALTES, 1956, 2001)**.

Conclusion

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

1. **AUPINEL, P, Bonnet, J.C ,1996.** Influence de la photopériode sur l'activité saisonnière de l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller). Effet spécifique sur la croissance et la reproduction INRA. Prod. Anim ,**9(1)**, Page 79-83.
2. **BAILEY, S.E.R, 1981.** Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa* Müller and the photoperiod control of annual activity and reproduction. Journal of Comparative Physiology. **142**, p 89-94.
3. **CHEVALIER, IL, 1971.** _ cycle biologique des grands Arion de France. Att. soc ital. nat, milano, 112(3) ; p316-312.
_1972. _Arionidae (**mollusca, pulmonata**) des alpes et du Jura français. Haliotis 2(1) ; p7-23
_1774 (**non publié**). _les grands Arions de France (mollusca, pulmonata) taxonomie. Biogéographie écologie polymorphisme. Croissance et cycle biologique. Thèse d'Université. Université de Paris VI, p234, 126.
4. **CHEVALLIER, H ,1992.** L'élevage des escargots. Production et préparation du Petit-gris. Edit, du point vétérinaire, maisons-Alfort, p144.
5. **CHEVALLIER, H, 1980.** L'escargot du genre *Helix* commercialisés en France, Haliotis. 10(1) : p11-23.
6. **CHEVALLIER, H, 1982.** Facteur de croissance chez les Gastéropodes Pulmonés Terrestres paléarctiques en élevage, Haliotis. p12, 29-46.
7. **CHEVALIER, H, 1997.** La variabilité de l'escargot Petit-gris *Helix aspersa* Müller, Bull, Mus,Nat.Hist. Nat 3°sér. 448, Zoologie 3 11 :p. 425-442.
8. **CLAUDE AUBERT, 1995.** Momento de l'éleveur d'escargots.
9. **COWIE RM, 1984.** The life-cycle and productivity of the land snail *Theba pisana*(Mollusca: Helicidae). J Anim Ecol53, p311-325.
10. **CROWELL, H, H, 1973.** _ Laboratory study of calcium requirements of the brown garden snail, *Helix aspersa* Müller. Proc. Malac. Soc. Lond , 40: p491-503.
11. **CROOK SJ, 1980.** Studies on the ecological genetics of *Helix aspersa*. Ph D Thesis, Univ of Dundee.p385.
12. **DAGUZAN, J, 1981.** Contribution à l'élevage de l'escargot petit-gris *Helix aspersa* Müller. Reproduction et éclosion des jeunes en bâtiment et en conditions thermographiquement contrôlées. Ann Zootech 30, p249-272.

13. **DAMERDJI, A, et BENYOUCEF, B, 2006.** Impact des différents facteurs physiques et du rayonnement solaire sur la diversité malacologique dans la région de Tlemcen(Algérie). Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen, Algérie. Revue des énergies renouvelables vol.9 N°4(2006) p267-276.
14. **DAMERDJI.** Impact des facteurs édapho-climatiques sur le caractère conchyliologique du peuplement malacologique terrestre dans la région de Tlemcen. Com .ARCE. 4ème colloque national. Oran_(Décembre),p 24-25.
15. **DAMERDJI.** Impact de climat sur la taille des coquilles de leucochora candissima (Draparnaud, 1801)(Mollusca, Leucochroidae) dans la région de Tlemcen. Com.ARCE. p13-14(Nov1994), Oran .7.
16. **DAMERDJI.** Impact des facteurs abiotiques et biotiques sur la taille des coquille de sphincterochila candidissima(Mollusca-sphincterochilidae) dans la région de Tlemcen (Algérie). Revue I.N.R.A.A. 9 (2001), p101-109.
17. **GAILLARD ,J , 1991.** Les Mollusques. Document polycopie du module de la conférence sur les animaux venimeux au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, juillet 99, p1-18.
18. **H. Wolda,** Genetics of polymorphism in the land snail, *Capaea nemoralis* department of Zoology, University of Groningen, The Netherlands.
19. **KEITA.A.** Etude morphologique et anatomique de quatre espèces d'escargots comestibles en Tunisie. DEA Fac des scien. De tunis,1997.
20. **LAURENT, J ,1982.** Influence de la photopériode sur la croissance pondérale de l'escargot *Helix aspersa* Müller . C.R.Acad. Sci. Paris , 394, p357-360.
20. **MICHEL Rousselet,** docteur vétérinaire .L'élevage des escargots 2^e édition du point vétérinaire 1979, ISBN :2-86326-08-5.pages : 10-11-12-13-30-31-32.
21. Natural Selection on the Colour Polymorphisms of *Trichia hispida*(L.P.A)SHELTON , Departement of Genetics, University Park, Nottingham.
22. **ROBERT, H, Cowie and J.S.Jones.** Climatique selection on body colour in *Capaea*, Departement of Genetics and Biometry, University College London, Wolfson House, 4 Stephenson WAY? London.

23. THOMAS, P, et CHEVALLIER, H, 1994. Croisements expérimentaux chez l'escargot Petit-gris de l'Europe Occidentale *Helix aspersa aspersa*. Centre Hélicicole (La Bertrande). 32400 FUSTEROUAU, p2-177.
24. YUNG(E). Contribution à l'histoire physiologique de l'escargot (*Helix pomatia*)
Ed. Hayez, Bruxelles, 1887.
25. YUNG (E). recherches sur le sens olfactif de l'escargot (*Helix pomatia*)
Ed. Hayez, Bruxelles, 1887.
26. WOLDA, H, 1963. Natural population of the polymorphic land snail *Capaea nemoralis*
L.Areh. Neerl. Zool, 15, p381-471.
27. Z.TONARI, A. MARKOS2. Microscopy and Morphometry of integument of the Foot of Pulmonate Gastropods *Arion rufus* and *helix pomatia*.
28. Des sites internet :
www.google.com, sur www.weatherbase.com

Conclusion

Dans la région de Mostaganem, le diamètre, la hauteur et le diamètre de l'ouverture des coquilles de l'escargot *Helix aspersa* sont corrélés entre elles.

Ainsi, ces paramètres biométrique (diamètre ; la hauteur et le diamètre de l'ouverture des coquilles) sont corrélés dans la région de sig à Mascara.

On a trouvé aussi qu'il y a une différence significative entre la variable diamètre de la région de Mostaganem et la région de Mascara.

Les deux autres variables sont presque identiques dans les deux stations étudiées.

Nous pouvons affirmer que la taille des coquilles est dépendante du milieu. Les facteurs édapho-climatiques sont donc importants et leur impact sur le peuplement malacologique considéré.

Les annexes

Annexe N°01 : Les paramètre biométrique de la coquille de l'échantillon B

Variable	Diamètre de coquille(D)	Diamètre de l'ouverture (d)	La hauteur (H)
1	3.1	1.7	1.7
2	3	1.3	1.4
3	2.7	1.5	1.4
4	2.8	1.4	1.3
5	2.9	1.3	1.5
6	3.1	1.3	1.5
7	2.7	1.2	1.4
8	2.6	1.2	1.3
9	2.8	1.4	1.5
10	2.6	1.2	1.2
11	2.8	1.2	1.2
12	3.1	1.4	1.6
13	2.5	1.25	1.1
14	2.5	1.1	1.3
15	2.8	1.1	1.3
16	2.8	1.3	1.5
17	2.7	1.2	1.6
18	2.7	1.25	1.4
19	2.9	1.25	1.4
20	3	1.3	1.5

Annexe N°02 : paramètre biométrique de la coquille de l'échantillon A.

Variable	Diamètre de coquille(D)	Diamètre de l'ouverture (d)	La hauteur (H)
1	2.7	1.2	1.3
2	3	1.1	1.4
3	3.15	1.4	1.45
4	2.95	1.2	1.35
5	2.95	1.3	1.4
6	2.9	1.2	1.4
7	3	1.2	1.25
8	2.9	1.3	1.4
9	2.9	1.3	1.35
10	2.9	1.2	1.25
11	2.8	1.2	1.25
12	3.2	1.4	1.6
13	3.1	1.3	1.5
14	2.8	1.25	1.45
15	2.8	1.2	1.3
16	3.1	1.3	1.45
17	2.9	1.3	1.4
18	2.8	1.2	1.3
19	3	1.4	1.4
20	2.8	1.2	1.35

Annexe N°03 : Les mesures du poids des individus des échantillon (A) et (B).

	Poids en (g) Echantillon (A)	Poids en (g) Echantillon (B)
1	3.85	9.05
2	4.91	6.09
3	5.73	5.59
4	5.04	6.01
5	5.08	6.24
6	4.68	7.02
7	4.95	5.67
8	4.82	4.88
9	4.72	5.81
10	4.73	4.60
11	4.70	5.37
12	5.55	7.33
13	5.76	4.66
14	4.79	4.76
15	4.14	5.48
16	4.70	6.40
17	4.82	4.39
18	4.75	5.93
19	5.01	6.46
20	3.97	6.05

Annexe N°04 : Les dimensions de diamètre (D) et (d) de l'échantillon (A).

	Diamètre (D)	Diamètre de l'ouverture (d)
1	2.7	1.2
2	3	1.1
3	3.15	1.4
4	2.95	1.2
5	2.95	1.3
6	2.9	1.2
7	3	1.2
8	2.9	1.3
9	2.9	1.3
10	2.9	1.2
11	2.8	1.2
12	3.2	1.4
13	3.1	1.3
14	2.8	1.25
15	2.8	1.2
16	3.1	1.3
17	2.9	1.3
18	2.8	1.2
19	3	1.4
20	2.8	1.2

Annexe N°05 : Les dimensions de diamètre(D) et la hauteur(H) de l'échantillon (A)

	Diamètre (D)	La hauteur (H)
1	2.7	1.3
2	3	1.4
3	3.15	1.45
4	2.95	1.35
5	2.95	1.4
6	2.9	1.4
7	3	1.25
8	2.9	1.4
9	2.9	1.35
10	2.9	1.25
11	2.8	1.25
12	3.2	1.6
13	3.1	1.5
14	2.8	1.45
15	2.8	1.5
16	3.1	1.45
17	2.9	1.4
18	2.8	1.3
19	3	1.4
20	2.8	1.35

Annexe N°06 : Les dimensions de diamètre de l'ouverture (d) et la hauteur (H) de l'échantillon (A).

	Diamètre de l'ouverture(d)	La hauteur (H)
1	1.2	1.3
2	1.1	1.4
3	1.4	1.45
4	1.2	1.35
5	1.3	1.4
6	1.2	1.4
7	1.2	1.25
8	1.3	1.4
9	1.3	1.35
10	1.2	1.25
11	1.2	1.25
12	1.4	1.6
13	1.3	1.5
14	1.25	1.45
15	1.2	1.3
16	1.3	1.45
17	1.3	1.4
18	1.2	1.3
19	1.4	1.4
20	1.2	1.35

Annexe N°07 : Les dimensions de diamètre (D) et diamètre de l'ouverture(d) de l'échantillon (B)

	Diamètre (D)	Diamètre de l'ouverture(d)
1	3.1	1.7
2	3	1.3
3	2.7	1.5
4	2.8	1.4
5	2.9	1.3
6	3.1	1.3
7	2.7	1.2
8	2.6	1.2
9	2.8	1.4
10	2.6	1.2
11	2.8	1.2
12	3.1	1.4
13	2.5	1.25
14	2.5	1.1
15	2.8	1.1
16	2.8	1.3
17	2.7	1.2
18	2.7	1.25
19	2.9	1.25
20	3	1.3

Annexe N°08 : Les dimensions de diamètre (D) et la hauteur (H) de l'échantillon (B)

	Diamètre (D)	La hauteur (H)
1	3.1	1.7
2	3	1.4
3	2.7	1.4
4	2.8	1.3
5	2.9	1.5
6	3.1	1.5
7	2.7	1.4
8	2.6	1.3
9	2.8	1.5
10	2.6	1.2
11	2.8	1.3
12	3.1	1.6
13	2.5	1.1
14	2.5	1.3
15	2.8	1.3
16	2.5	1.5
17	2.7	1.6
18	2.7	1.4
19	2.9	1.4
20	3	1.5

Annexe N°09 : Les dimensions de diamètre de l'ouverture(d) et la hauteur(H) de l'échantillon (B).

	Diamètre de l'ouverture(d)	La hauteur(H)
1	1.7	1.7
2	1.3	1.4
3	1.5	1.4
4	1.4	1.3
5	1.3	1.5
6	1.3	1.5
7	1.2	1.4
8	1.2	1.3
9	1.4	1.5
10	1.2	1.2
11	1.2	1.3
12	1.4	1.6
13	1.25	1.1
14	1.1	1.3
15	1.1	1.3
16	1.3	1.5
17	1.2	1.6
18	1.25	1.4
19	1.25	1.4
20	1.3	1.5