



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A/MIRA de Béjaïa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement

Mémoire

Présenté par

M^{elle} BOUCHEBBAH Souhila

En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Sciences de la Nature et de la vie
Option : **Ecologie et Environnement**

Thème

Etude de la variation de la morphologie de l'appareil reproducteur chez des individus adultes *Helix aperta* Born (Gastéropode, Pulmoné) appartenant à diverses populations

Soutenu le : 19/11/2014

Devant le jury :

Mme MOALI-GRINE N.	Professeur	Univ. Béjaïa	Président
Mme TAFOUGHALT-BENBELLIL S.	Maître de conférences A	Univ. Béjaïa	Rapporteur
Mme ZEBBOUDJ A.	Professeur	Univ. Béjaïa	Examinatrice
Mr AYAD A.	Maître de conférences A	Univ. Béjaïa	Examinateur

Promotion 2013/2014

Table des matières

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....	1
I-Généralités sur la biologie des Helicidae.....	3
I-1-Les principaux caractères des Mollusques.....	3
I-2-Principaux caractères des Gastéropodes.....	3
I-3-Aspects généraux de la biologie des Helicidae.....	4
I-3-1-Caractères morphologiques.....	4
I-3-1-1-La coquille.....	4
I-3-1-2-Le corps.....	4
I-3-2-Activité au cours de l'année.....	5
I-3-3-Rythme d'activité.....	5
I-3-4-La reproduction.....	5
I-3-4-1-Formation des gamètes.....	8
I-3-4-1-1-Elaboration des spermatozoïdes : la spermatogénèse.....	8
I-3-4-1-2-Elaboration des ovocytes : l'ovogénèse.....	8
I-3-4-2-Accouplement et échange de spermatozoïdes.....	9
I-3-4-3-Ovulation.....	10
I-3-4-4-La fécondation.....	10
I-3-4-5-Formation de l'œuf.....	11
I-3-4-6-formation de l'albumen de l'œuf.....	11
I-3-4-7-Formation de la coque de l'œuf.....	11
I-3-4-8-Ponte des œufs.....	12

I-3-4-8-1-Préparation du nid de ponte.....	12
I-3-4-8-2-Dépôt des œufs.....	13
I-3-4-9-Incubation et éclosion des œufs.....	13
I-3-4-10-Contrôle endocrinien et neuroendocrinien de la reproduction chez les Helicidae....	14
I-3-4-11-Influence des conditions environnementales sur la reproduction des Helicidae.....	14
I-3-4-11-1-Influence de la photopériode.....	14
I-3-4-11-2-Influence de la température.....	15
I-3-4-11-3- Influence de l'interaction photopériode-température.....	16
I-3-4-11-4- Influence de l'alimentation.....	16
I-3-4-11-5- Influence de la durée d'hibernation.....	17
I-3-4-11-6- Influence de la densité des escargots en élevage.....	17
I-3-5-La croissance.....	17
I-3-5-1- Influence des facteurs environnementaux sur la croissance des gastéropodes.....	18
I-3-5-1-1- Influence de la photopériode.....	18
I-3-5-1-2- Influence de la température.....	19
I-3-5-1-3- Interférence entre la température et la photopériode.....	20
I-3-5-2-Contrôle endocrinien de la croissance.....	20
I-3-5-3- Influence de la croissance sur la reproduction.....	20
II-Description de l'espèce <i>Helix aperta</i> et localisation de la zone d'étude.....	21
II-1-Présentation de l'espèce étudiée : <i>Helix aperta</i>	21
II-1-1-Place taxonomique.....	21
II-1-2-Description morphologique	21
II-1-3-Répartition géographique.....	22
II-1-4-Localisation écologique.....	23
II-1-5-Rythme d'activité.....	24
II-1-6-La reproduction.....	25

II-1-6-1-Mode de reproduction.....	25
II-1-6-2-Description de l'appareil reproducteur d' <i>Helix aperta</i>	26
II-1-6-3-Période de reproduction.....	26
II-2-Localisation et description des trois stations d'échantillonnage.....	28
II-2-1-Localisation géographique des trois stations d'échantillonnage.....	28
II-1-1-La station de Dar Nacer.....	28
II-1-2-La station de Sidi Ahmed (Cimetière de Sidi Ahmed).....	29
II-1-3-La localité de Baccaro.....	29
II-2-Données climatiques de la région d'étude.....	29
II-2-1-La température.....	30
II-2-2-Les précipitations.....	30
II-2-3-L'humidité.....	31
III-Matériels et méthodes.....	32
III-1-La collecte des échantillons.....	32
III-2-Le choix des stations.....	32
III-3-La dissection des escargots <i>Helix aperta</i>	33
III-3-1-Matériels utilisés au laboratoire.....	33
III-3-2-Dissection des escargots.....	33
III-3-3-Mesures de l'appareil génital.....	37
III-3-4-Mesures de coquille.....	37
III-4-Traitement statistique des données.....	39
IV-Résultats et Discussions.....	40
IV-1-Résultats.....	40
IV-1-1-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot <i>Helix aperta</i> au sein des trois stations étudiées	40
IV-1-1-1-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot <i>Helix aperta</i> au sein de la station de Dar Nacer	40

IV-1-1-2-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot <i>Helix aperta</i> au sein de la station de Baccaro.....	41
IV-1-1-3-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot <i>Helix aperta</i> au sein de la station de Sidi Ahmed	42
IV-1-2-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot <i>Helix aperta</i> entre les trois stations étudiées.....	42
IV-1-3-Relations entre les individus des trois stations étudiées.....	43
IV-1-4- Corrélations entre les paramètres mesurées au niveau de l'appareil génital, du poids et des mesures des la coquille chez des escargots <i>Helix aperta appartenant</i> à trois populations différentes	44
IV-2-Discussions.....	48
IV-2-1-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot <i>Helix aperta</i> dans les trois stations étudiées.....	48
IV-2-2-Relation entre les stations étudiées.....	50
IV-2-3-corrélations entre les paramètres mesurés.....	50
Conclusion.....	52
Références bibliographiques.....	54

Liste des figures

Fig. 1. Dessin schématique d'une coquille d'escargot du Genre <i>Helix</i> , à droite vue en coupe..	6
Fig. 2. Morphologie externe de l'escargot petit gris (<i>Helix aspersa</i>).....	6
Fig. 3. Représentation schématique de l'appareil génital et le carrefour des gastéropodes Stylommatophores.....	7
Fig. 4. Accouplement de l'escargot <i>Helix aperta</i>	10
Fig. 5. Œufs d' <i>Helix aperta</i>	12
Fig. 6. A gauche individu jeune d' <i>Helix aperta</i> , à droite individu adulte d' <i>Helix aperta</i>	22
Fig. 7. Distribution géographique de l'espèce <i>Helix aperta</i>	23
Fig. 8. Escargot <i>Helix aperta</i> avec l'épiphragme blanc calcifié.....	24
Fig. 9. Appareil génital d' <i>Helix aperta</i> au moment des accouplements. A gauche le tractus d'un individu de type femelle, à droite celui d'un individu de type male	25
Fig. 10. Appareil reproducteur d' <i>Helix aperta</i>	27
Fig. 11. Photo de localisation des trois stations d'échantillonnage	28
Fig. 12. Echantillon d'escargots adultes <i>Helix aperta</i>	32
Fig. 13. Matériels utilisés au laboratoire.....	34
Fig. 14. Escargot anesthésié.....	35
Fig. 15. Escargot sans coquille.....	35
Fig. 16. Escargot disséqué.....	35
Fig. 17. Retirement de l'appareil génital.....	35
Fig. 18. Appareil génital retiré.....	36
Fig. 19. Etalement de l'appareil génital sur une feuille millimétrique.....	36
Fig. 20. Appareil reproducteur d' <i>Helix aperta</i>	36

Fig. 21. Dessin schématique de l'appareil reproducteur d'un <i>Helix</i> , A droite . Mesures des différentes parties de l'appareil génital.....	38
Fig. 22. Les mesures de la coquille d' <i>Helix aperta</i> . La longueur (L) et le diamètre (D) sont perpendiculaires et parallèles définis à l'axe de l'enroulement.....	38
Fig. 23. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau de la station de Dar Nacer	41
Fig. 24. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau de la station de Baccaro.....	41
Fig. 25. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau de la station de Sidi Ahmed.....	42
Fig. 26. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau des trois stations étudiées.....	43
Fig. 27. Nuage de points présentant la relation entre les trois stations étudiées	44
Fig. 28. Cercle de corrélation entre les paramètres mesurés ($p < 0,05$).....	46
Fig. 29. La différence dimensionnelle entre deux appareils génitaux chez deux individus de l'espèce <i>Helix aperta</i> ayant 3 mm de différence dimensionnelle au niveau de leurs coquilles (Celui à gauche : L : 26 mm, D : 25 mm. Celui à droite : L : 23 adultes de mm, D : 2mm)...	47

Liste des tableaux

Tableau. I. Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes exprimées en degrés Celsius (°C) dans la région de Béjaia pour la période : 1978-2012 (station météorologique de Béjaia).....	30
Tableau. II. Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) dans la région de Béjaia pour la période : 1970-2012 (station météorologique de Bejaia).....	31
Tableau. III. Moyennes mensuelles de l'humidité de la région de Bejaïa (2009-2013).....	31
Tableau. IV. Le nombre d'individus de chaque station d'échantillonnage.....	33
Tableau. V. Matrice de corrélation totale entre tous les paramètres mesurés ($p < 0,05$).....	45

Introduction générale :

Les gastéropodes pulmonés terrestres occupent une grande diversité d'habitats et montrent d'énormes variations d'histoire de vie. Selon les espèces, il ya souvent des variations considérables suivant la diversité des habitats, les saisons, le climat, la tolérance écologique et la taille ou le stade de vie des individus (Heller, 2001). D'après Oosterhooff (1977), ces variations sont de nature différente, physiologique, génétique et même phénotypiques, et celles induites par les caractères génitaux chez les pulmonés sont influencées essentiellement par des contraintes environnementales.

Les premières études sur la structure de l'appareil génital des Helicidae, ainsi que les données relatives aux comportements liés à la reproduction des Gastéropodes Pulmonés, ont été publiés par Giusti et Lepri (1980). D'autres données sur la reproduction, ont été rapportées par Tompa (1984).

Plusieurs auteurs ont utilisé les caractères génitaux des Gastéropodes Pulmonés, pour la détermination des espèces et des sous espèces en taxonomie. Backhuys (1972) pour *Theba pisana* Müller, 1774; Tomiyama (1988) pour *Satsuma tanegashimae*; Madec et Guiller (1994) pour *Helix aspersa* ; Van Osselaer et Tursch (2000) pour *Helix pomatia* et *Helix lucorum*. En plus de l'intérêt scientifique pour la biosystématique, les caractères génitaux jouent aussi un rôle économique pour la détermination du coût des espèces, puisque la plus part sont comestibles.

Helix aperta (*Cantareus apertus* Born, 1778) est un gastéropode pulmoné qui appartient à la famille des Helicidae, son appareil génital a été décrit par Germain (1930, 1931) ; Ktari et Rezig (1976). Giusti et Andreini (1984) ont étudiés son comportement durant la reproduction et ont constaté que les individus de cette espèce, s'accouplent préférentiellement du début octobre à mi-décembre, et subissent de longues périodes d'estivation, dans laquelle les animaux s'enfoncent dans le sol et bouclent l'ouverture de leurs coquilles par une membrane mucoprotéique (Sacchi, 1955 ; 1958). L'influence des facteurs climatiques notamment la photopériode et la température sur la croissance et la reproduction de cette espèce, a été étudiée par deVaufleury et Gimbert (2009), Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009, 2011) et Tafoughalt-Benbellil (2010). Ces auteurs ont démontré des différences dans l'influence de ces facteurs sur la croissance et la reproduction chez cette espèce. En effet sa répartition autour de la méditerranée, à des altitudes inférieures à 900 m (Germain, 1930, 1931) suggère l'influence

de conditions climatiques chaudes avec toutefois des variations saisonnières bien marquées. Les populations actuelles se sont adaptées à des écosystèmes, certes méditerranéens, mais qui présentent des caractéristiques différentes résultant des modifications géomorphologiques et climatiques du bassin (de Vaufléury et Gimbert, 2009). Cependant beaucoup d'aspects de la reproduction et de la variation des caractères génitaux ne sont pas connus.

C'est dans ce contexte que notre présente étude a été réalisée, qui est une étude biométrique de la variation des caractères génitaux entre différentes populations d'*Helix aperta* originaires de la région de Bejaïa. Ce travail est composé de quatre chapitres qui seront présentés selon le plan suivant.

- Le chapitre un est une synthèse bibliographique qui résumera quelques aspects de la biologie des Helicidae.
- Le chapitre deux présentera tout d'abord l'espèce *Helix aperta* et une description de la région de prélèvement des échantillons.
- Le chapitre trois présentera le matériel et les méthodes utilisées afin de réaliser l'étude biométrique.
- Les résultats et leur discussion seront présentés dans le chapitre quatre.
- Enfin, une conclusion et des perspectives seront ouvertes à l'issue de cette étude.

I-Généralités sur la biologie des Helicidae :

I-1-Les principaux caractères des Mollusques :

On connaît environ 100 000 espèces vivantes et plusieurs dizaines de milliers d'espèces fossiles, ils sont ainsi le second plus grand phylum dans le règne animal (Bryant, 1994). Les mollusques incluent des espèces principalement aquatiques et marines étroitement liées aux palourdes, aux huîtres et aux crustacés (Davis, 1994).

Le même type de développement embryonnaire et l'existence de larves primitivement semblables dites *trochophores*, ont amené depuis longtemps, les zoologistes à admettre des affinités étroites des mollusques avec les vers annelés, et avec les arthropodes au sein des protostomiens (Cosel, 1992).

Tous les mollusques sont caractérisés par un corps mou segmenté qui, dans beaucoup d'espèces, est protégé par une coquille dure et calcaire. Ils se caractérisent aussi par la présence de dents renouvelables montées sur un ruban appelé la *radula* (Gerace et Redy 2003).

I-2-Principaux caractères des Gastéropodes :

Comme leur nom l'indique, ce sont des mollusques rampant sur un large pied ventral et souvent pourvus d'une coquille dorsale spiralée. Avec environ 50 000 espèces décrites, les gastéropodes constituent le plus important groupe des mollusques et le seul qui occupe à la fois le milieu aquatique (marin et eaux douces) et le milieu terrestre.

Les gastéropodes sont caractérisés par l'enroulement des viscères, et par la position antérieure de la cavité branchiale qui est située dans la coquille au dessus de la tête.

D'après Cosel (1992), les caractères anatomiques des gastéropodes, qui servent de fondement à la systématique, sont les suivants :

- La conformation du système nerveux ;
- Le nombre d'oreillettes ;
- La présence des branchies ou d'une cavité pulmonaire et leur disposition

I-3-Aspects généraux de la biologie des Helicidae :

I-3-1-Caractères morphologiques :

I-3-1-1-La coquille :

La coquille présente approximativement un tiers du poids total de l'escargot, elle est la clef d'identification des différentes espèces et peut prendre plusieurs formes, soit conique, spiralée ou hélicoïdale souvent très régulière (Kiddy, 1999).

La coquille est secrétée par des glandes situées le long du bord d'un tégument qui couvre la masse viscérale, appelée le *manteau* (Kiddy, 1999).

La surface de la coquille montre de nombreuses stries de croissance parallèles, qui sont les témoins de différentes étapes de la croissance de l'escargot. Elle contient aussi de trois à quatre spirales autour d'un axe imaginaire qui est lové dans le sens des aiguilles d'une montre (enroulement dextre), et qui part du sommet de la coquille appelé également *apex* (**Fig. 1**) (Désiré et Villeneuve, 1962).

Sur une coquille sciée on peut voir un axe plein appelé *la columelle*, autour du quel s'enroule le cône calcaire qui constitue la coquille (**Fig. 1**) (Désiré et Villeneuve, 1962).

I-3-1-2-Le corps :

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

❖ La tête :

Elle porte deux paires de tentacules rétractiles, les plus grandes portent les yeux à leurs extrémités, alors que les plus petites ont un rôle tactile (**Fig. 2**).

La bouche est localisée sous les tentacules et se compose d'une mâchoire supérieure et d'une langue coiffée d'une lame appelée *la radula*. Cette dernière est faite d'un ruban souple, portant de multiples rangées transversales de petites dents chitineuses (Cosel, 1992).

Du côté droit derrière la tête se situe l'orifice génital (Bonnet, 1990).

❖ Le pied :

Le pied soutient le corps et permet à l'escargot de progresser par reptation. Sa partie inférieure contient des glandes qui secrètent sur le support un mucus, de façon continue, créant ainsi une trace évidente brillante.

Deux ouvertures sont localisées dans la partie supérieure du pied, près du bord de la coquille, ce sont l'ouverture respiratoire et l'anus (**Fig. 2**) (Bonnet, 1990).

❖ **La masse viscérale :**

La masse viscérale est enveloppée par le manteau et totalement enfermée dans la coquille ; elle contient les organes de respiration, de circulation, de digestion et de reproduction.

Entre la coquille et la portion interne du manteau, se situe la cavité palléale qui est le siège de la fonction respiratoire, et contient le poumon qui assure la respiration aérienne chez les escargots (Bonnet, 1990).

I-3-2-Activité au cours de l'année :

Très dépendants des conditions externes, les escargots du genre *Helix* sont inactifs une partie de l'année. Lorsque les températures sont incompatibles avec leur activité, inférieures à 7°C ou supérieures à 27°C, ou que l'humidité relative (Hr) est en-deçà de leur optimum (75-95% Hr), ils entrent en état de dormance, c'est-à-dire en hibernation ou en estivation. Pendant les périodes d'inactivités, les escargots forment un épiphragme, constitué d'une membrane mucoprotéique plus ou moins incrustée de calcaire, qui couvre l'ouverture de leurs coquilles ; ils restent alors dans un état de métabolisme ralenti (Charrier et Daguzan, 1980 ; Chevalier, 1982).

I-3-3-Rythme d'activité :

L'activité des *Helicidae* est préférentiellement nocturne. Elle se synchronise avec la photopériode naturelle et débute au coucher du soleil. Les facteurs qui influencent cette activité sont l'hygrométrie du milieu (air et sol), la température et la photopériode (Chevalier, 1982).

I-3-4-La reproduction

Les *Helicidae* sont des espèces hermaphrodites protandres. Cet hermaphroditisme n'induit pas de caractères sexuels secondaires, cependant, l'échange des spermatozoïdes se fait grâce à l'existence d'organes très perfectionnés. L'autofécondation n'a que très rarement constaté chez les espèces du genre *Helix* alors qu'elle existe chez les limaces et les achatines (Madec, 1989).

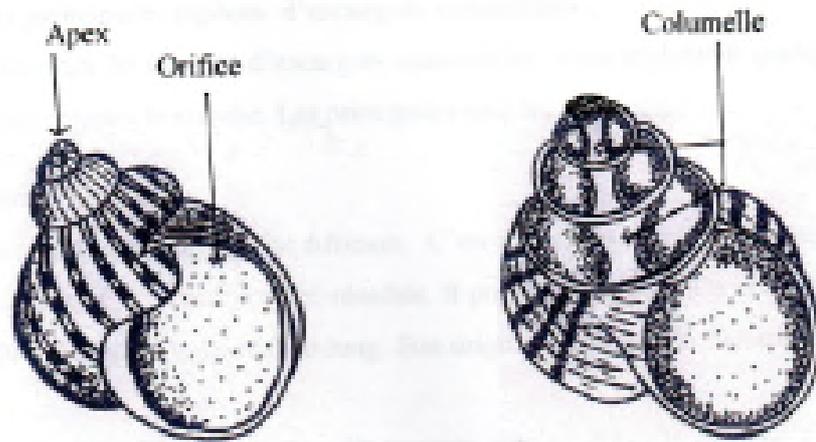
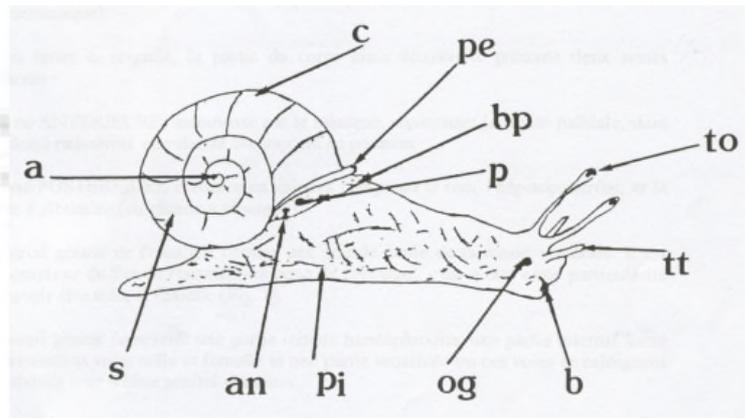


Fig. 1. Dessin schématique d'une coquille d'escargot du Genre *Helix*, à droite vue en coupe (Désiré et Villeneuve, 1962)



- | | |
|-------------------------------|---|
| a : apex | p : pneumostome |
| an : anus | pe : péristome |
| b : bouche | pi : pied |
| bp : bourrelet palléal | S : stries d'accroissement e la coquille |
| c : coquille | to : tentacules oculaires |
| org : orifice génital | tt : tentacules tactiles |

Fig. 2. Morphologie externe de l'escargot petit gris (*Helix aspersa*) (Aubert, 1995)

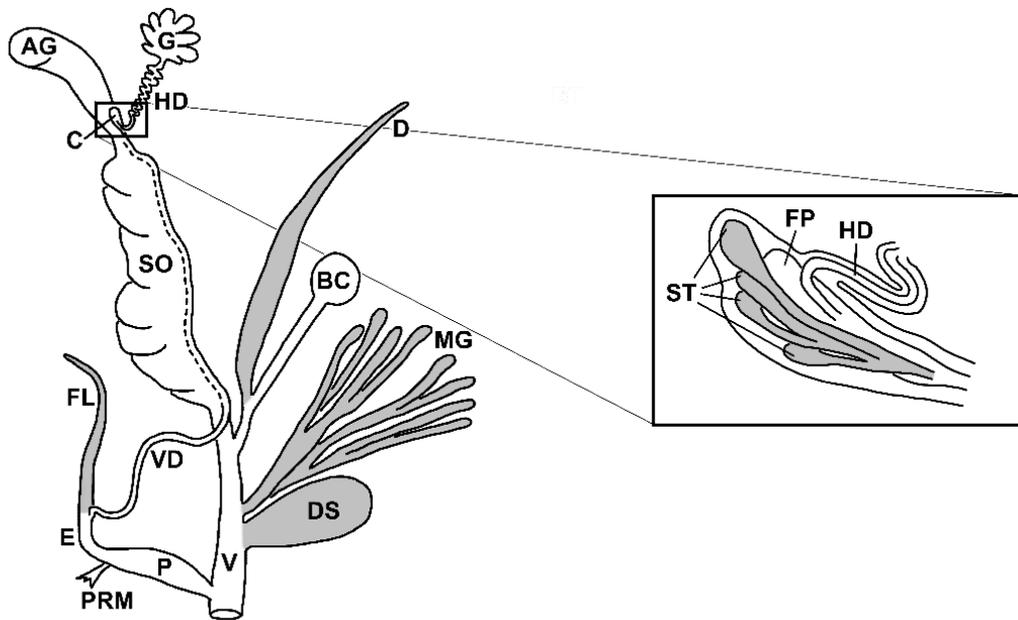


Fig. 3. Représentation schématique de l'appareil génital et le carrefour des gastéropodes Stylommatophores

Les structures en gris (DS, sac à dard ; MG, glande multifide ; FL, flagellum et D, diverticulum) ne sont pas présentes dans toutes les espèces. Le carrefour (C) dans la proximité du système génital se compose d'une poche de fertilisation (FP) et peut en plus posséder une spermathèque avec un ou multiple tubules de stockage du sperme (ST).

D'autres abréviations : AG, glande d'albumen ; BC, Bourse copulatrice ; E, epiphallus ; G, gonades ; HD, canal hermaphrodite ; P, pénis ; PRM, muscle rétracteur de pénis ; SO, spermoviducte ; V, vagin ; VD, vas (canal) déférent (Beese, 2007).

I-3-4-1-Formation des gamètes :

Chez les Helicidae la gonade est un ovotestis, les gamètes mâles et femelles sont produits dans le même organe. L'étude de l'ultra structure de l'embryon de *Cornus aspersum* montre que l'ovotestis a une double origine avec deux volumineuses cellules germinales primordiales qui se différencient par la suite pour donner des gamètes mâles et femelles, intimement associées aux petites cellules mésenchymateuses. Ces deux types de cellules se développent par la suite pour donner respectivement les cellules folliculaires et les cellules de Sertoli (Gomot et Griffond, 1993).

I-3-4-1-1-Elaboration des spermatozoïdes : la spermatogénèse :

Chez le jeune escargot, dès l'âge de deux mois, les premières divisions des spermatogonies se déroulent dans la gonade (Bride et Griffond, 1981). Après cinq divisions mitotiques, chaque spermatogonie donne 32 spermatocytes primaires qui à leurs tour subiront une méiose pour donner 128 spermatides (Block et Hew, 1960).

La durée de la spermatogénèse, entre les premières divisions des spermatogonies et la production des spermatozoïdes, est de 30 à 32 jours (Block et Hew, 1960). Les spermatozoïdes sont formés d'une tête en spirale et d'une longue hélice de mitochondries située sur la plus grande partie de la queue (Thompson, 1996).

Dès leur formation au niveau de la gonade, les spermatozoïdes se déplacent vers le canal hermaphrodite (**Fig. 3**) où ils sont stockés jusqu'au moment de l'accouplement (Block et Hew, 1960). Chez les Helicidae, la spermatogénèse ne se déroule pas de manière continue, elle est interrompue durant la période d'hibernation (Perrot, 1937 ; Lind, 1973).

I-3-4-1-2-Elaboration des ovocytes : l'ovogénèse :

Chez l'escargot, la différenciation des cellules sexuelles femelles (ovocytes) se déroule en six stades allant de l'ovogonie (\emptyset 10 μ m) à l'ovocyte vitéllogénique (120 x 200 μ m) (Griffond et Bolzoni-Sungur, 1986). Cette ovogénèse est sous le contrôle des cellules du cerveau appelées « cerebral green cells » qui stimulent les corps dorsaux pour sécréter des hormones capables de contrôler la croissance de l'ovocyte et l'accumulation des réserves nourricières de l'œuf (Gomot et Deray, 1987).

La quantité de vitellus, accumulée dans les ovocytes, varie beaucoup chez les Mollusques. Ainsi, les Céphalopodes produisent des œufs riches en vitellus, qui est la principale source de nutrition embryonnaire, alors que la plupart des gastéropodes ont des ovocytes qui contiennent peu de vitellus (Le Calve, 1995).

I-3-4-2-Accouplement et échange de spermatozoïdes :

Au moment de l'accouplement, les deux individus sont accolés par le coté antérieur et en position tête-bêche (**Fig. 3 et 4**). La copulation est précédée d'une parade nuptiale et se termine après l'échange des spermatozoïdes (Chung, 1986).

La parade dure une à quatre heures. Elle débute par un contact labial et céphalique qui est accompagné de mouvements de la radula (langue couverte de dents cornées) et morsures par intermittences (Chung, 1986).

Au moment de l'accouplement, il se produit l'évagination de l'orifice du dard provoquant la sortie du dard qui se détache et perce le tégument de son partenaire pour pénétrer dans l'hémocoèle (**Fig. 3**). Une minute après le début de la copulation, une partie des spermatozoïdes conservés dans le canal hermaphrodite du donneur migre vers le spermoviducte, où ils sont encapsulés dans le spermatophore qui, à son tour, va les diriger vers les gouttières mâles du spermoviducte du receveur. Au niveau des gouttières mâles, les spermatozoïdes sont conservés dans les sacs de la spèrmathèque (**Fig. 4**) (Breucker, 1964 ; Perez, 1868; Tompa, 1982).

L'accouplement s'achève avec l'évagination des pénis et les deux individus se séparent après 4 à 12 heures, temps nécessaire pour l'échange des spermatozoïdes (Chung, 1986). Le dard est régénéré en 4 à 7 jours (Dillaman, 1981 ; Tompa, 1982) et sa sécrétion est initiée à la suite du premier accouplement (Bouchard-Chantereau, 1939 ; Chung, 1986).

L'échange des spermatozoïdes peut, cependant, ne pas être réciproque (on observe alors un donneur et un receveur) (Herzberg et Herzberg, 1962). De plus, on observe la plupart du temps de nombreux accouplements pour un même individu au cours de la saison de reproduction. L'hypothèse de l'existence d'escargots présentant plus fréquemment un comportement de type mâle (qui s'accouplent plus qu'ils ne pondent) ou de type femelle a été émise (Zundel, 1981).



Fig. 4. Accouplement de l'escargot *Helix aperta* (photo originale)

I-3-4-3-Ovulation :

Au moment de l'ovulation, qui se produit peu avant la fécondation, les ovules sont libérés dans de nombreux tubules (ou acinis) qui composent l'ovotestis et qui sont connectés au canal hermaphrodite (**Fig. 3**). L'ovulation est induite par des sécrétions extraites du cerveau qui contiennent un facteur induisant des mouvements amoéboïdes dans les ovocytes isolés *in vitro* (Saleudin *et al.*, 1983).

I-3-4-4-La fécondation :

La rencontre des gamètes s'effectue dans un diverticule spécial, appelé chambre de fécondation (**Fig. 3**), qui est rattaché à l'extrémité distale du canal hermaphrodite. Chez les gastéropodes, le spermatozoïde n'a pas de zone privilégiée pour pénétrer l'ovocyte (Raven, 1958) et la polyspermie peut exister, mais les spermatozoïdes surnuméraires sont rapidement désintégrés (Garnault, 1988).

Après la fécondation, les œufs d'une ponte subissent leurs premières divisions de segmentation simultanément avant de montrer des différences de croissance au cours du développement (Carrick, 1939).

I-3-4-5-Formation de l'œuf :

L'élaboration de l'œuf comporte trois étapes essentielles, elles concernent : l'embryon, le liquide périvitellin (albumen) et la coque. Deux organes sont impliqués dans l'élaboration des matériaux périembryonnaires chez l'escargot : la glande à albumen et l'oviducte (Le Calve, 1995) (**Fig. 3**).

I-3-4-6-formation de l'albumen de l'œuf :

L'élaboration de l'albumen de l'œuf s'effectue au niveau de la glande à albumen qui est présente chez l'escargot dès l'âge de un mois. C'est une glande annexe du tractus génital (**Fig. 3**), elle a la forme d'une petite hernie à la jonction du canal hermaphrodite et du spermoviducte (Enée, 1980). Elle sécrète le galactogène qui est utilisé pendant la période de reproduction pour former la bouche périvitelline des œufs. Les sécrétions de la glande à albumen sont également utilisées pour couvrir la dépense énergétique au cours de l'accouplement (Bole-Richard *et al.*, 1983). L'activité sécrétrice de cette glande est sous contrôle des ganglions cérébroïdes (cerveau) (Gomot et Griffond, 1993). La taille de cet organe peut être très variable selon la période du cycle reproducteur (Tompa, 1984).

I-3-4-7-Formation de la coque de l'œuf :

La coque de l'œuf est formée au niveau de l'oviducte. Lors du passage des œufs à travers cette partie du tractus génital, l'épithélium de ce dernier applique une gelée contenant des cristaux de calcite sur les œufs (Tompa et Wilbur, 1977). La quantité de calcium dans la coque de l'œuf de l'escargot est de 0,06 mg, par conséquent avant de pondre, l'animal doit fournir aux œufs plus de calcium que son sang (ou hémolymphe) n'en contient (Le Calve, 1995). Il utilise alors le calcium contenu dans les zones non génitales (la coquille et la glande digestive) qui est transporté à la vitesse de 3.10 mol/cm/h à travers l'épithélium de l'oviducte pour contribuer à la formation de la coque de l'œuf (Tompa et Wilbur, 1977). La concentration du calcium dans le sang de *Cornu aspersum* est de $5,89 \pm 1,8$ mmol/l en dehors des périodes de ponte et atteint $9,93 \pm 1,29$ mmol/l au moment de la ponte.

I-3-4-8-Ponte des œufs :

Dix à vingt jours après l'accouplement, l'escargot passe en phase femelle où il commence la ponte.



Fig. 5. Œufs d'*Helix aperta* (photo originale)

I-3-4-8-1-Préparation du nid de ponte :

Pour pondre, l'escargot creuse une cavité de quelques centimètres de profondeur dans le sol. La préparation du nid de ponte demande 24 heures chez *Cornu aspersum* (Fearnley, 1994). L'escargot peut élaborer deux types de nids : soit il est composé d'une seule partie occupée par l'animal, soit, plus fréquemment, le nid est en deux parties, l'une est occupée par l'animal, alors que dans l'autre seule la tête (l'orifice génitale est situé sur le côté droit de celle-ci) y pénètre (Herzberg et Herzberg, 1962).

Les œufs sont alors déposés à 3 ou 4 cm de profondeur dans une terre meuble et suffisamment humide (**Fig. 5**). L'absence de terre, une terre trop sèche ou d'une texture inadéquate stoppe toute activité liée à la ponte. Celle-ci peut être différée de plusieurs semaines quand les conditions sont très défavorables (Madec, 1989).

Les escargots peuvent pondre dans le nid creusé et abandonné par un autre (Herzberg et Herzberg, 1962) ou dans un nid déjà occupé par la ponte d'un autre escargot (Fearnley, 1994).

Les individus qui parasitent les nids des autres se distinguent par un diamètre de la coquille plus important ainsi que par de meilleures performances reproductrices (le nombre d'accouplements, de pontes et d'œufs par ponte sont majorés par rapport aux autres) (Fearnley, 1994).

I-3-4-8-2-Dépôt des œufs :

L'escargot pond ses œufs un par un. D'après Herzberg et Herzberg (1962), une durée de 1 à 75 minutes s'écoule entre le dépôt de deux œufs successifs ou bien plusieurs œufs peuvent être émis rapidement suivis d'une pause. Alors que selon Tompa et Wilbur (1977), un œuf peut être pondu toutes les 15 minutes.

Dans le nid, les œufs forment d'abord un chapelet puis un amas relativement compact, les œufs étant agglutinés les uns aux autres par une substance albumineuse. Une fois la ponte est déposée, l'animal rebouche le nid avec de la terre.

D'après Madec (1989), un escargot peut pondre plusieurs fois dans la saison (moyenne : 2 fois ; maximum : 8). Le nombre de pontes et d'œufs par ponte sont très variables. Ils peuvent être influencés par de nombreux facteurs, endogènes, biotiques ou abiotiques, qui seront étudiés en détail ultérieurement.

Chez *Helix aperta*, la ponte est en relation étroite à la fois avec la durée de la photopériode et la température. En effet, le nombre d'œufs par ponte est plus important à 20°C sous une longue photopériode (16hL-8hO) qu'à 15°C sous une courte photopériode (8hL-16hO) (Tafoughalt-Benbellil, 2010 et Tafoughalt-Benbellil *et al.*, 2011), et peut pondre jusqu'à 400 œufs /ponte (de Vaufleury et Gimmbert, 2009).

Après la ponte, la perte du poids du reproducteur est proportionnelle au nombre d'œufs (Herzberg et Herzberg, 1962) et à la masse d'œufs déposés (Charrier, 1981). La biomasse initiale est retrouvée 19 à 23 heures après la ponte dans le milieu naturel (Herzberg et Herzberg, 1962) ou dans les 7 jours qui suivent la ponte au laboratoire à 20°C (Charrier, 1981).

I-3-4-9-Incubation et éclosion des œufs :

L'éclosion des œufs a lieu après une durée d'incubation qui varie selon les espèces (de 10 à 30 jours). Chevalier (1982) constate que les naissains demeurent souvent plusieurs jours dans le nid de ponte, pendant lesquels ils s'alimentent en absorbant des quantités importantes de la terre entourant le nid de ponte. Tafoughalt-Benbellil (2010) rapporte que, chez des escargots *Helix aperta*, collectés à l'âge adulte dans la région de Bejaïa et élevés sous des conditions contrôlées du laboratoire, la durée d'incubation des œufs est de 13 jours quelque soit la température ou la photopériode utilisée.

I-3-4-10-Contrôle endocrinien et neuroendocrinien de la reproduction chez les Helicidae :

La connaissance de l'endocrinologie des gastéropodes pulmonés a considérablement progressé durant les 30 dernières années avec l'identification de plusieurs types de cellules neurosécrétrices dans les ganglions nerveux. Il est maintenant clair que les fonctions neuroendocriniennes, chez les gastéropodes, sont régulées par des cellules neurosécrétrices situées au niveau des ganglions cérébraux et que la fonction endocrinienne est régulée par les cellules endocriniennes des corps dorsaux (CD) du tissu connectif des ganglions cérébraux. Une fonction endocrine a également été détectée au niveau des tentacules céphaliques et de l'ovotestis (Griffond *et al.*, 1992).

I-3-4-11-Influence des conditions environnementales sur la reproduction des Helicidae :

Chez les Helicidae, les facteurs externes jouent un rôle important dans le fonctionnement de la gonade et la reproduction. Des expériences, menées au laboratoire, ont permis de démontrer que le taux de ponte, chez *Cornu aspersum*, est affecté par les paramètres photopériodiques et la température. Les répercussions de ceux-ci se font sentir aussi bien au niveau de l'ovotestis que de la glande à albumen (Gomot *et al.*, 1986, 1989). D'autres facteurs tels que l'humidité, la densité des escargots en élevage et la durée de la période d'hibernation peuvent également avoir des conséquences sur la reproduction.

I-3-4-11-1-Influence de la photopériode :

Chez tous les gastéropodes étudiés, il a été démontré que la reproduction est très influencée par la durée de la photopériode. Stephens et Stephens (1966) rapportent que l'espèce *Cornu aspersum* élevée sous une courte photopériode (9 heures par jour) n'a jamais pondu d'œufs. Chez cette même espèce, Bailey (1981) constate une étroite relation entre la durée de la photopériode et l'activité reproductive annuelle.

Enée *et al.* (1982) ont observé, chez *Cornu aspersum*, à partir d'animaux ramassés dans la nature en France, que les escargots adultes exposés à des jours courts (6 h ou 12 h de lumière par 24 h) s'arrêtaient de pondre après 4 semaines tandis que ceux exposés à des jours longs (18h L) continuaient de pondre pendant 13 semaines.

Chez la même espèce, Gomot et Griffond (1987) ont démontré que le taux de spermatogenèse est plus important chez des individus élevés sous de longues photopériodes ou sous une photopériode continue, et que la différenciation des cellules de la lignée germinale femelle (ovogonies), est fortement corrélée au taux de développement des gamètes mâles. Bonnefoy-claudet *et al.*, (1983) ont démontré que les effets bénéfiques des longues photopériodes dans le cas de la lumière blanche artificielle sont les mêmes que ceux des lumières monochromatiques, bleue, verte et jaune.

Cependant, les auteurs rapportent que le nombre d'œufs produit est réduit à 60 % dans le cas de la lumière verte. Chez les gastéropodes pulmonés, il se dégage une grande diversité de réponses à la durée d'éclairement journalier suivant les espèces et les conditions environnementales.

Parmi les espèces d'escargots, une inhibition de la reproduction par les courtes photopériodes a été mise en évidence selon l'amplitude décroissante suivante : *Helix pomatia* > *Cornu aspersum aspersum* > *Cornu aspersum maxima* (Bonnefoy-claudet *et al.*, 1987 ; Gomot, 1990).

Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009, 2011) et Tafoughalt-Benbellil (2010), ont étudié l'activité reproductrice des escargots *Helix aperta* originaires de la région de Bejaïa (récolté dans la nature à l'âge adulte ou nés au laboratoire). Les auteurs ont constaté que les individus élevés sous de longues photopériodes (16hL-8hO) se caractérisent par des fréquences d'accouplement et de ponte plus élevées, ainsi que par de plus longues périodes de reproduction. Néanmoins de Vaufleury et Gimbert (2009), ont constaté que la reproduction des individus de cette espèce récoltés en fin d'été dans la région de Bazina (Tunisie), est stimulée par les photopériodes des jours courts (JC = 8hL – 16hO) et inhibée par celles de jours longs (JL = 16hL – 8hO).

I-3-4-11-2-Influence de la température :

L'activité reproductrice des gastéropodes terrestres, comme tous les organismes ectothermes, est très dépendante de la température externe. Griffond *et al.* (1992) ont démontré, lors des expériences sur *Cornu aspersum*, que le degré thermique a un effet très net sur la multiplication et l'évolution des cellules de la lignée mâle. En effet, à 5°C, la synthèse d'ADN est pratiquement nulle dans les gonocytes mâles d'animaux maintenus en inactivité.

Dans les mêmes conditions, à 10 et à 15°C, cette synthèse augmente, les spermatogonies se multiplient mais la spermatogenèse reste bloquée aux premiers stades de la méiose. Enfin, de 16 à 25°C, les cellules mâles se multiplient activement et se différencient d'autant plus rapidement que la température est plus élevée (Gomot *et al.*, 1986). Chez l'escargot *Helix aperta*, il existe une influence de la température sur la reproduction des escargots, mais avec une dominance de l'effet de la photopériode, en effet, selon Tafoughalt-Benbellil (2010) et Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009, 2011), une température de 20°C soit la température idéale pour la reproduction (longue durée de l'activité reproductrice, nombre important d'accouplement et de pontes),

I-3-4-11-3- Influence de l'interaction photopériode-température :

Des études sur les effets de quatre combinaisons de température et de photopériode ont été menées sur l'activité reproductrice de *Cornu aspersum aspersum* (Gomot *et al.*, 1989), d'*Helix pomatia* (Gomot, 1990) et de *Cornu aspersum maxima* (Jess et Marks, 1998). L'ensemble des résultats obtenus montrent une influence conjuguée de la photopériode et de la température sur l'activité reproductrice (nombre d'accouplements et de pontes, et durée de la période de reproduction) et indiquent la prédominance des effets de la photopériode qui compense l'effet négatif des basses températures.

Chez *Helix aperta* Tafoughalt-Benbellil (2010) ainsi que Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009, 2011).ont constaté un effet combiné de la photopériode et de la température sur la reproduction avec un effet prédominant de la photopériode. En effet le nombre d'accouplements et de pontes sont plus importants chez les individus élevés à 15°C sous de longues photopériodes que chez les sujets élevés dans les conditions expérimentales de 20°C de température et de courtes photopériodes.

I-3-4-11-4- Influence de l'alimentation :

La quantité et la qualité de nourriture jouent un rôle important dans le fonctionnement de la reproduction, chez plusieurs espèces de mollusques. Vianey-Liaud (1979) observe une diminution du nombre de pontes et du nombre d'œufs par ponte chez *Biomphalaria glabara* pendant un jeûne prolongé. Wolda et Kreulen (1973) constatent une influence favorable d'une nourriture riche en protéines et en glucides sur la fécondité de l'espèce *Cepaea nemoralis*. Chez *Cornu aspersum*, Crowel (1973) a démontré qu'un apport minéral de CaCO₃ multiplie par deux la production d'œufs.

I-3-4-11-5- Influence de la durée d'hibernation :

La durée de diapause influence significativement l'activité reproductrice des escargots, Bonnefoy-Claudet et Deray (1984) ont démontré expérimentalement que la durée d'hibernation a un effet considérable sur les performances reproductives de l'espèce *Cornu aspersum* après la reprise d'activité. Essentiellement, plus la période d'hibernation est longue plus le rendement de reproduction (nombre de pontes élaborées) est grand.

I-3-4-11-6- Influence de la densité des escargots en élevage :

Une forte densité des escargots pendant l'élevage provoque une diminution du nombre d'œufs par ponte, mais n'a aucune influence sur la masse moyenne des œufs, la durée d'incubation ou la taille des nouveaux-éclos (Oosterhoff, 1977 ; Daguzan et Verly, 1987).

I-3-5-La croissance :

La croissance est définie comme une modification de biomasse (positive ou négative, exprimée en taille ou en masse) qu'il s'agisse d'un organisme dans son intégralité, de l'un de ses constituants ou encore de sa population (Weatherley et Gill 1987). La taille à l'âge de maturité sexuelle est le produit du taux de croissance corporel et de la durée de la période de croissance qui est le temps nécessaire pour le développement du tractus génital (Atkinson, 1994; Blanckenhorn, 1998; Stern, 2001; Davidowitz *et al.*, 2004).

Les deux phénomènes physiologiques de la croissance corporelle et du développement du tractus génital sont souvent sous la dépendance des mêmes centres nerveux de sorte que l'une de ces deux fonctions peut être stimulée au détriment de l'autre (Tardy, 1982). Un individu avec un taux de croissance particulier peut avoir une grande ou une petite taille à l'âge adulte selon la durée de la période de croissance, qui est fonction de la différenciation de l'appareil génital, car chez la plupart des espèces, la croissance s'achève à l'âge de la première reproduction. Un individu à croissance lente peut avoir une grande taille à l'âge adulte si la différenciation du tractus génital est lente alors qu'un individu à croissance rapide peut être petit si le développement du tractus génital est rapide (raccourcissement de la période de croissance) (Blanckenhorn, 1999).

Chez les gastéropodes pulmonés terrestres, la croissance peut être de deux formes: l'une de type continu que l'on observe surtout chez les limaces Arionidae (Abeloos, 1944 ; Stern, 1968), et l'autre de type discontinue, c'est-à-dire présentant des arrêts de croissance, lorsque les conditions deviennent défavorables, et que l'on enregistre chez divers escargots tels que *Cepaea nemoralis* (Lamotte, 1951 ; 1972, 1973 ; Williamson, 1976), *Theba pisana* (Müller) (Lazaridou-Dimitriadou, 1978), *Helix pomatia* (Pollard, 1973,1975. Pollard *et al.*, 1977) et *Cornu aspersum* Müller (Potts, 1972 ; Charrier et Daguzan, 1979 ; Charrier, 1980).

Dans la nature, la durée de croissance chez les espèces poïkilothermes comme les Helicidae est influencée par le nombre et la durée des suspensions d'activité induites par des conditions climatiques défavorables (hibernation ou estivation). Ainsi les animaux devant subir plusieurs arrêts de croissance retardant la maturité sexuelle, peuvent égaler et même dépasser par taille leurs congénères favorisés par un climat plus favorable leur permettant d'acquérir cette maturité en une seule saison (Sacchi, 1972).

I-3-5-1- Influence des facteurs environnementaux sur la croissance des gastéropodes :

I-3-5-1-1- Influence de la photopériode :

L'effet de la durée de la photopériode sur la croissance des gastéropodes est très variable. Chez beaucoup d'espèces, la croissance n'est pas étroitement liée aux conditions photopériodiques. Sokolove et McCrone (1978) rapportent que la croissance juvénile chez l'espèce *Limax maximus Linnaeus* (Limacidae) ne varie pas dans la gamme des photopériodes comprises entre 8 :16 et 16 :8. Par contre, les études de Gomot *et al.* (1982) et celles de Gomot et Deray (1987) révèlent un effet significatif de la durée de la photopériode sur la croissance des escargots de l'espèce *Cornu aspersum aspersa* (Müller).

Les jeunes individus de cette espèce, élevés sous de longues photopériodes (18h ou 24h de jour), à partir de leur date d'éclosion, atteignent l'âge de maturité sexuelle plus vite et ont un poids d'adulte plus important que ceux élevés sous de courtes photopériodes (8 h ou 12h de jour). Chez la même espèce, Laurent *et al.* (1984) démontrent que l'augmentation progressive de la durée de la photopériode de 30 mn par semaine favorise une croissance plus rapide qu'une photopériode constante de 18h de jour.

Néanmoins, l'effet de la photopériode sur la croissance est très variable chez les différentes espèces d'Helicidae. En effet, Deray et Laurent *et al.* (1987) démontrent que l'effet inhibiteur des courtes photopériodes sur la croissance est moins prononcé chez *Cornu aspersum maxima* que chez *Cornu aspersum aspersa*. Jess et Marks (1998) maintiennent des escargots *Cornu aspersum maxima* dès l'éclosion sous photopériodes différentes (8H et 16H de jour), et notent que le taux de croissance ainsi que la taille à l'âge adulte sont les mêmes quelque soit la longueur de la photopériode.

Tafoughalt-Benbellil (2009) et Tafoughalt-Benbellil (2010) élèvent des escargots, à partir de la date d'éclosion jusqu'à l'âge de maturité sexuelle, et constatent que la durée de la photopériode n'a aucun effet significatif ni sur la croissance des juvéniles ni sur la durée de la période de croissance. Par ailleurs, de Vaufleury et Gimbert (2009), prouvent expérimentalement que la croissance chez cette espèce est inhibée par les jours longs (JL = 18HL-6HO) et stimulée par des jours courts (JL = 6HL-18HO).

I-3-5-1-2- Influence de la température :

La flexibilité u processus de croissance en réponse aux variations e la température chez les escargots terrestres, comme chez tous les ectothermes, a été constaté chez plusieurs espèces. En effet, il a été démontré qu'une température élevée (20°C) favorise la croissance de l'espèce *Cornu aspersum aspersa* (Daguzon, 1982 ; Asselin, 1985 ; le Guhenec, 1985) ainsi que celle de *Cornu aspersum maxima* (Lecompte, 1995 ; Jess et Marks, 1998).

Chez *Helix aperta*, Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009) et Tafoughalt-Benbellil (2010) rapportent que la croissance des escargots est fortement stimulée par les hautes températures durant toute la phase de croissance, quelque soit la durée de la photopériode. En effet les moyennes pondérales des escargots, à la fin de la période de croissance, sont toujours plus importantes chez les escargots élevés à 20°C et l'arrêt de la période de croissance et l'apparition des premiers accouplements, indiquant l'âge de maturité sexuelle, sont toujours précoces chez les individus élevés à 20°C. Même constatation faite par de vaufleury et Gimbert (2009). En effet, suite à leur étude sur la croissance juvénile des individus de cette espèce, récoltés dans la région de Bazina (Tunisie). Les auteurs ont constaté que la croissance de cette espèce est stimulée par une température de 20°C.

I-3-5-1-3- Interférence entre la température et la photopériode :

Une influence interactive de la température et de la photopériode sur la croissance, d'animaux acclimatés aux conditions du laboratoire, est démontrée chez plusieurs espèces d'Helicidae. Chez *Cornu aspersum maxima*, par exemple, Gomot (1994) démontre que le poids corporel obtenu à l'âge de 4 mois à 15°C sous une longue photopériode est 2,8 fois supérieur à celui des animaux élevés sous une courte photopériode. Cependant, à 20°C les animaux, élevés sous de longues journées, sont seulement 1,6 fois plus lourds que ceux élevés sous de courtes photopériodes.

Chez *Helix aperta*, Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009) et Tafoughalt-Benbellil (2010) rapportent qu'il n'existe aucune influence interactive de la température et de la photopériode sur la croissance juvénile de cette espèce.

I-3-5-2-Contrôle endocrinien de la croissance :

Gomot (1997) rapporte que la croissance des individus de l'espèce *Cornu aspersum* est contrôlée par les cellules du mésocérébrum des ganglions cérébroïdes. Des protéines apparentées à l'insuline bovine ont également été mises en évidence dans les cellules neurosécrétrices du mésocérébrum et semblent être impliquées dans le contrôle de la croissance (Gomot et Gomot, 1995).

I-3-5-3- Influence de la croissance sur la reproduction :

La croissance a une influence sur la fécondité par le biais de la taille des géniteurs qui est positivement corrélée au coefficient de fécondité chez plusieurs espèces de pulmonés terrestres (Goodfriend, 1986 ; Madec *et al.*, 1998, 2000), car la taille à l'âge adulte est le résultat du produit du taux de croissance et de la période de croissance (Atkinson, 1994 ; Blanckenhorn, 1998 ; Davidowitz *et al.*, 2004).

Chez *Helix aperta*, Tafoughalt-Benbellil (2010), constate chez les escargots nés au laboratoire, que les taux de croissance élevés ainsi que les grands poids corporels des individus élevés à 20°C favorisent la fécondité. En effet, le même auteur rapporte, qu'il existe une corrélation positive ($P < 0,001$) entre le poids des escargots *Helix aperta* nés au laboratoire et leur fécondité, c'est-à-dire le nombre d'œufs/ponte. Les escargots élevés à 20°C, avec des poids corporels plus importants, pondent plus d'œufs par ponte comparés à ceux élevés à 15°C.

II-1-Présentation de l'espèce étudiée : *Helix aperta*

II-1-1-Place taxonomique :

La place de l'*Helix aperta* dans la classification zoologique peut, à la suite de Solem (1978) et de Kerney et Cameron (1979), être définie comme suit :

Embranchement : Mollusques

Classe : Gastéropodes

Sous-classe : Pulmonés

Super-ordre : Stylommatophores

Ordre : Sigmurethra

Sous-ordre : Holopoda

Super-famille : Helicoïdae

Famille : Helicidae

Sous-famille : Helicinae

Genre : *Helix*

Helix aperta (Born, 1778) est synonyme de *Cantareus apertus* (Born, 1778) ou escargot naticoïde (*Helix naticoides* Draparnaud, 1801).

II-1-2-Description morphologique :

L'escargot *Helix aperta* est un mollusque gastéropode, il appartient à la famille des Helicidae et à la sous-classe des pulmonés. Ces animaux sont dotés d'un « poumon » constitué par un épithélium vascularisé tapissant la cavité palléale dans laquelle l'air atmosphérique pénètre par un orifice appelé pneumostome (**Fig. 6**).

C'est un animal terrestre phytophage se nourrissant de plantes herbacées et arborescentes. La description de cet escargot, comme celle de tous les gastéropodes testacés, est essentiellement fondée sur les caractéristiques de la coquille. Elle peut être formulée de la manière suivante : coquille globuleuse (hauteur : 23-27 mm, diamètre : 23-26 mm), caractérisée par un aspect ridé, généralement d'une couleur brun verdâtre plus ou moins foncée (**Fig. 6**).

Elle possède plusieurs bandes spirales fines. Le dernier tour est très large, arrondi, légèrement tourné vers le bas, avoisinant l'ouverture (Germain, 1930 ; Germain, 1931 ; Ktari & Rezig, 1976 ; Cesari, 1978 ; Rezig, 1979 ; Guisti et al., 1995).



Fig. 6. A gauche individu jeune d'*Helix aperta*, à droite individu adulte d'*Helix aperta* (photo originale)

II-1-3-Répartition géographique :

Le peu de renseignements dont on dispose ne permettent pas de décrire avec précision l'aire de distribution d'*Helix aperta*. La répartition géographique de cette espèce correspond pratiquement à une aire Méditerranéenne (**Fig. 7**). On la retrouve au sud de la France, d'Italie, de Turquie, de Chypre et au nord de l'Afrique, l'espèce a été par la suite introduite en Amérique (Californie et Louisiane), en Nouvelle Zélande et en Australie (Kerney et Cameron, 1979; Schütt, 2001).

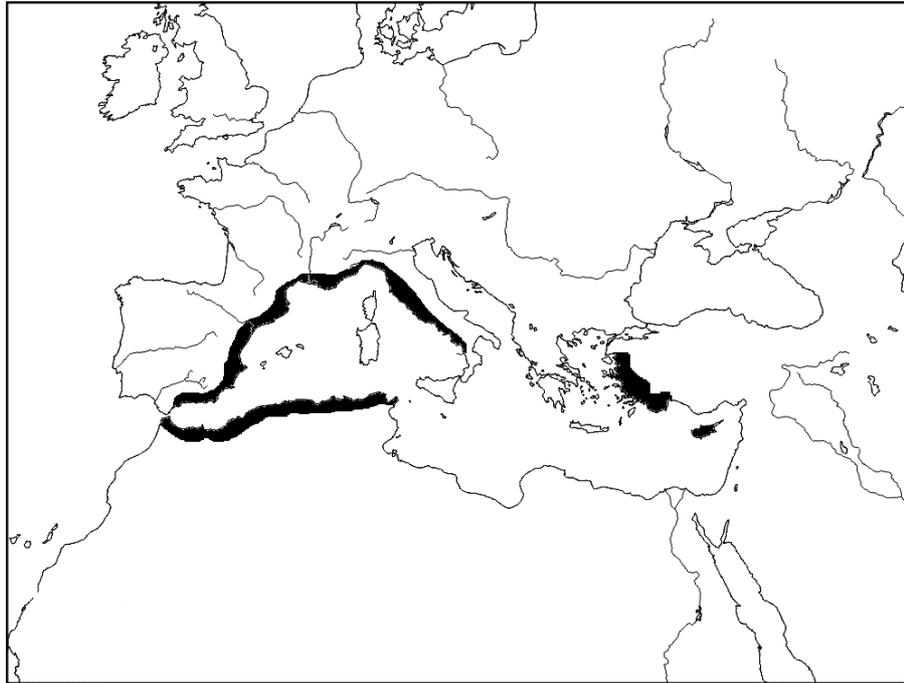


Fig. 7. Distribution géographique de l'espèce *Helix aperta* (selon Kerney et Cameron, 1979)

II-1-4-Localisation écologique :

L'escargot *Helix aperta* vit au voisinage d'un autre hélicidé *Cornu aspersum* dénommé "escargot des jardins". On le trouve dans tous les endroits fréquentés par l'homme (milieux urbains, ruraux ou cultivés).

En plus de cette anthropophilie, l'importance du climat, surtout au niveau du sol, a pour conséquence une variation locale et géographique de la niche occupée par cette espèce, comme pour de nombreux pulmonés terrestres (Cain, 1983). C'est une espèce eurytherme dont l'activité, journalière et annuelle, est très dépendante des facteurs externes notamment du couple température-humidité relative. On la retrouve à des altitudes inférieures à 900 m (Germain, 1930; 1931). Elle fréquente les milieux où elle trouve des abris, comme la végétation, lui permettant de supporter des fluctuations ponctuelles et saisonnières de la température et de l'humidité relative.

La teneur du sol en calcium est également un facteur déterminant de son habitat. De ce fait, comme tous les Helicidae, cette espèce est complètement absente dans les milieux dépourvus de calcium (Cameron, 1973).

II-Description de l'espèce Helix aperta et localisation de la zone d'étude

Helix aperta fréquente tous les habitats côtiers de ses aires de répartition et préfère les vignobles et les oliveraies. En Algérie cette espèce est très fréquente le long du littoral notamment dans la région du centre et à l'est de la Kabylie.

II-1-5-Rythme d'activité :

L'escargot *Helix aperta* est une espèce eurytherme très sensible aux changements thermiques et hygrométriques. Lorsque les températures sont incompatibles avec son activité (au-dessous de 7°C et au-delà de 27°C) ou l'humidité est en-deçà de son optimum (75-95 % Hr) il rentre en phase de diapause c'est-à-dire estivation ou hibernation. Il est d'ailleurs connu sous le nom de « l'escargot creuseur » car on le trouve au dessus de la terre seulement en temps pluvieux. Par temps sec, il creuse 3 à 6 pouces dans la terre et rentre dans un état de métabolisme ralenti. Pendant cette période de diapause, l'ouverture de sa coquille se couvre d'un épais épiphragme blanchâtre, constitué d'une membrane mucoprotéique plus ou moins incrustée de calcaire (**Fig. 8**).

Il reste en métabolisme ralenti jusqu'à ce que la pluie ramollisse le sol. En Italie, les escargots *Helix aperta* subissent une longue estivation endogène pendant la saison chaude (Sacchi, 1955 ; 1958).



Fig. 8. Escargot *Helix aperta* avec l'épiphragme blanc calcifié (photo originale)

II-1-6-La reproduction :

II-1-6-1-Mode de reproduction :

Comme tous les Helicidae, *Helix aperta* est une espèce hermaphrodite protandre, mais l'autofécondation n'a jamais été observée. Les individus présentent plus fréquemment un comportement de type mâle (qui s'accouplent plus qu'ils ne pondent) ou de type femelle (qui pondent plus qu'ils ne s'accouplent). Cette différence dans le comportement sexuel induit des différences dans la structure de l'appareil génital. En effet, de Vaufleury et Gimbert (2009), rapportent que le tractus génital d'un individu de type femelle (2,45 g), caractérisé par une très grosse glande à albumen (0,98 g), est 3,6 fois plus développé que celui d'un individu de type mâle (0,67 g) (**Fig. 9**).

Giusti *et al.* (1995) ont observé chez *Helix aperta* des différences dans la dimension de certaines parties du tractus génital selon la provenance des individus.

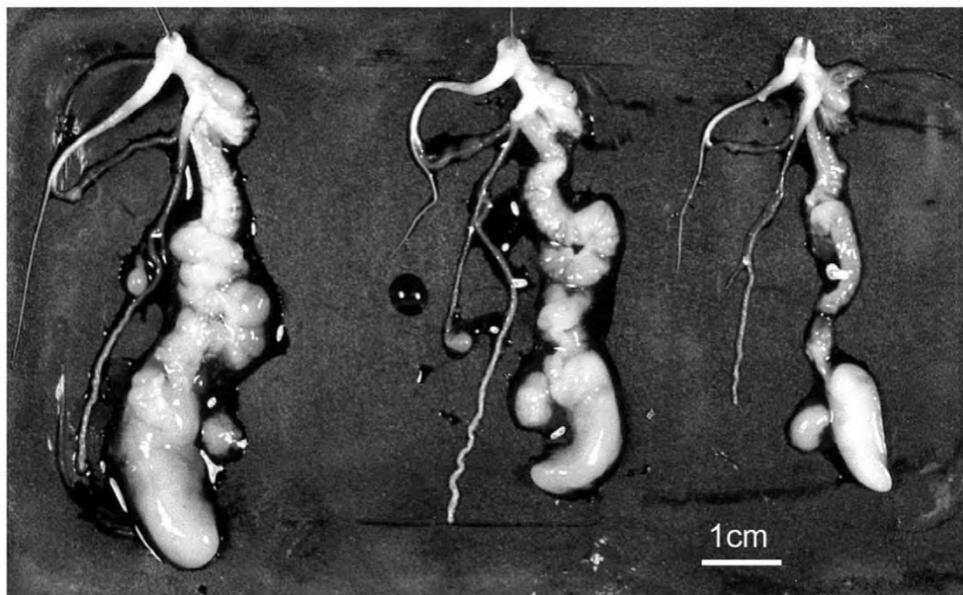


Fig. 9. Appareil génital d'*Helix aperta* au moment des accouplements. A gauche le tractus d'un individu de type femelle, à droite celui d'un individu de type mâle (de Vaufleury et Gimbert, 2009)

II-1-6-2-Description de l'appareil reproducteur d'*Helix aperta* :

Plusieurs auteurs ont décrit l'appareil génital d'*Helix aperta* et l'ont comparé à celui d'autres espèces d'escargots (Germain, 1930; 1931 ; Ktari et Rezig, 1976). Selon Germain l'appareil génital est constitué de deux glandes multifides avec chacune 17-49 branches ; une vésicule séminale pourvue d'un long canal et d'un long diverticulum ; d'un pénis plus court que l'épiphallus ; d'un flagellum plus court que le pénis et l'épiphallus réunis et selon Ktari et Rezig (1976), le tractus génital de cette espèce est étroitement comparable avec celui de *Cornu aspersum* (**Fig. 10**).

Comme tous les gastéropodes pulmonés, les multiples fonctions de l'appareil génital de l'escargot *Helix aperta* sont :

- production des spermatozoïdes et des ovules ;
- stockage et transport des gamètes matures dans un endroit approprié dans l'appareil génital ;
- rôle structural et physiologique dans l'accouplement,
- transfert de l'autosperme au système reproducteur du partenaire pendant l'accouplement ;
- réception de l'allosperme ;
- fournir un emplacement approprié pour la fertilisation des ovules ;
- couvrir le zygote de couches nutritives et protectrices ;
- Ponte des œufs ;
- Résorption du reste des produits de la reproduction en excès (Gomez, 2001).

II-1-6-3-Période de reproduction :

Suite à leur étude sur des individus adultes collectés près d'Orbetello et de Castelnuovo Berardenga (Sienne, Toscane), et maintenus au laboratoire pour des observations continues, Giusti et Andreini (1988) ont remarqués que l'espèce *Helix aperta* se reproduit préférentiellement du début du mois d'octobre jusqu'à mi-décembre. Et selon Tafoughalt-Benbellil (2010) et Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2011), l'escargot *Helix aperta* est mieux adapté à se reproduire en automne en jours décroissants et températures plus élevées après une longue estivation stimulant la gamétogénèse, qu'au printemps, en jours croissants et températures basses, après l'hibernation inhibant la gamétogénèse.

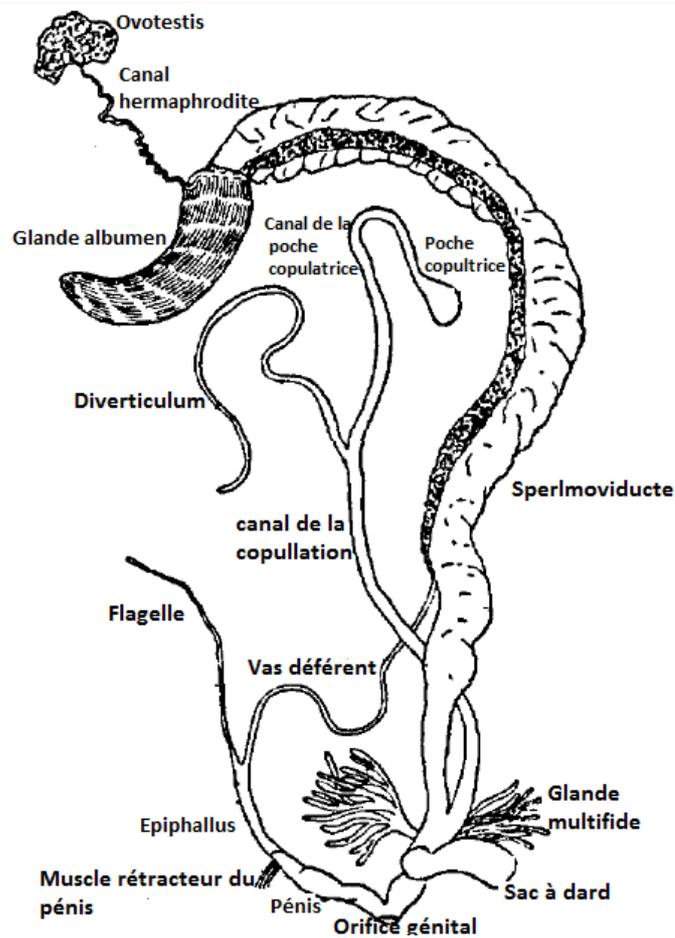


Fig. 10. Morphologie de l'appareil reproducteur d'*Helix aperta* (Germain, 1930)

II-2-Localisation et description des trois stations d'échantillonnage :

L'étude de la variation morphologique de l'appareil génital, a concerné trois lots d'escargots adultes appartenant à l'espèce *Helix aperta*. Les trois lots ont tous été collectés dans la région de Bejaïa, aux niveaux de trois stations différentes, à savoir : La station de DAR NACER, la station de Sidi Ahmed (Cimetière de Sidi Ahmed) et enfin la localité de Baccaro.

II-2-1-Localisation géographique des trois stations d'échantillonnage :

La localisation des trois stations d'échantillonnage est représentée dans la **Fig.11**.



Fig. 11. Photo de localisation des trois stations d'échantillonnage

II-2-1-1-La station de Dar Nacer :

La première station d'échantillonnage est située à 3 Km au Nord du chef lieu de la wilaya de Bejaïa (Nord d'Algérie) dont les coordonnées géographiques sont : 36°46'N 5°3'E (**Fig.11**).

II-2-1-2-La station de Sidi Ahmed (Cimetière de Sidi Ahmed) :

La deuxième station concernée par l'échantillonnage est située à 2,6 Km du chef lieu de la wilaya de Bejaïa (Nord d'Algérie) (**Fig. 11**) avec les coordonnées géographiques suivantes : 36°45'N 5°3'E.

II-2-1-3-la localité de Baccaro :

La troisième station d'échantillonnage est située dans la localité de Baccaro, située à 22 km à l'est de Bejaïa (Nord d'Algérie) (**Fig. 11**) dont les coordonnées géographiques sont : 36°39'N 5°E.

II-2-2-Données climatiques de la région d'étude :

Les facteurs climatiques notamment le degré thermique et hygrométrique ont une importance considérable sur l'activité de l'espèce *Helix aperta* comme tous les Helicidae. Charrier et Daguzan (1980) et Chevalier (1982) rapportent que lorsque les températures sont incompatibles avec leur activité (inférieures à 7°C ou supérieures à 27°C) ou que l'humidité relative est en-deçà de leur optimum (75-95 % Hr), les Helicidae cessent toute activité et rentrent dans des phases de diapause c'est-à-dire hibernation ou estivation. Il nous a paru donc intéressant de caractériser le climat de la région où sont prélevés les escargots concernés par notre étude.

Les données météorologiques de la région (les températures, les précipitations et l'humidité) sont fournies par la station météorologique de Bejaïa, située à une dizaine de kilomètres du site de prélèvement. Cette station possède les caractéristiques suivantes:

- Coordonnées géographiques : 36° 43' N. 05° 04' E.
- Altitude : 1,75 m.
- Période : 1978-2012 pour les données de la température, de 1970-2012 pour les données des précipitations et de 2009-2013 pour l'humidité.
- Localisation : Aéroport Abane Ramdane, Béjaïa.

II-Description de l'espèce Helix aperta et localisation de la zone d'étude

II-2-2-1-La température :

Sur la base des valeurs mensuelles minimales, maximales et moyennes de la température de l'air, enregistrées dans la région de Bejaïa, sur une période de 34 ans (entre 1978 et 2012) (**Tableau I**), on déduit globalement une température moyenne annuelle de 18,43°C. Les mois les plus froids correspondent à janvier et février avec des températures moyennes égales à 11,75 °C et 11,85 °C respectivement.

Les minima pour ces deux mois sont de 4,60°C pour janvier et 4°C pour février. En revanche, les mois les plus chauds sont juillet et août où on enregistre des températures moyennes de 25,25 °C et 26,3 °C respectivement. Les valeurs des maxima enregistrées sont de 33°C pour juillet et 33,50 °C pour août (**Tableau I**).

Tableau I. Températures mensuelles minimales, maximales et moyennes exprimées en degrés Celsius (°C) dans la région de Béjaïa pour la période : 1978-2012 (station météorologique de Béjaïa)

	Mois											
T (°C)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Maxima	18,90	19,70	23,10	24,70	25,00	30,00	33,00	33,50	31,10	28,80	23,80	20,10
Minima	4,60	4,00	7,60	8,20	10,80	15,00	17,50	19,10	16,70	12,40	8,80	6,10
Moyennes	11,75	11,85	15,35	16,45	17,9	22,5	25,25	26,3	23,9	20,6	16,3	13,1

II-2-2-2-Les précipitations :

Les données mensuelles des précipitations enregistrées dans la région de Bejaïa pour la période allant de 1970 à 2012 (**Tableau II**) montrent que la moyenne des cumuls annuels atteint 799,58 mm. Les maxima sont enregistrés durant les mois de décembre et janvier où la pluviométrie atteint 128,11 mm et 107,52 mm respectivement. Cependant, les mois les moins pluvieux correspondent à juillet (6,34 mm) et août (10,03 mm).

II-Description de l'espèce Helix aperta et localisation de la zone d'étude

Tableau II. Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) dans la région de Béjaia pour la période : 1970-2012 (station météorologique de Bejaia)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Total
Pluviométrie (mm)	107,52	91,28	84,14	73,77	42,66	15,29	6,34	10,03	57,41	80,73	102,27	128,11	799,85

II-2-2-3-L'humidité :

Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relatives de la région de Bejaïa, pour une période de 5 ans (2009-2013) sont consignées dans le **Tableau III**.

Les valeurs moyennes de l'humidité fluctuent autour de 79% et attestent de l'influence du milieu marin.

Tableau III. Moyennes mensuelles de l'humidité de la région de Bejaïa (2009-2013)

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Humidité (%)	79,6	79,2	79	81	79,8	78,4	76,8	77,4	80	77,8	79,2	76,4

III-Matériels et méthodes

III-1-La collecte des échantillons :

Des escargots adultes ont été collectés dans trois stations différentes couvrant la distribution naturelle de l'escargot *Helix aperta*. La collecte a eu lieu au hasard sans suivre une méthode d'échantillonnage précise. Pour les trois stations, la collecte c'est étalée sur la période allant du mois de novembre 2013 jusqu'au mois de janvier 2014.

L'escargot *Helix aperta* comme tous les Helicidae a une activité nocturne, mais peut aussi émerger pendant le jour après de fortes pluies. La collecte a donc été effectuée le matin tôt ou par temps pluvieux et sombre.

Les adultes ne présentent pas une lèvre de renforcement à l'ouverture de la coquille, qu'on appelle le péristome. La reconnaissance des adultes été donc basée sur la couleur brune foncée de la coquille (**Fig. 12**).



Fig. 12. Echantillon d'escargots adultes *Helix aperta*

III-2-Le choix des stations :

Dans le cadre de notre étude, nous avons opté pour trois stations d'échantillonnage, La **Fig.11** donne leur localisation. Le choix des stations été lié à plusieurs facteurs, notamment l'accessibilité et la présence de l'espèce.

Le nombre d'individus étudiés pour chacune des trois stations d'échantillonnage est résumé dans le **tableau IV**.

Tableau. IV. Le nombre d'individus de chaque station d'échantillonnage

Station	Dar Nacer	Sidi Ahmed	Baccaro
Nombre d'individus	48	30	14

III-3-La dissection des escargots *Hélix aperta* :

III-3-1-Matériels utilisés au laboratoire :

- une trousse de dissection
- des épingles pour fixer les escargots
- de la patte à modelé utilisée comme support pour fixer les individus
- des boîtes de Pétri
- une solution de $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ a servi pour anesthésier les animaux
- une seringue pour injecter la solution du $MgCl_2 \cdot 6H_2O$
- une loupe binoculaire
- Une balance pour peser les escargots
- un pied à coulisse pour mesurer le diamètre et la longueur de la coquille
- une feuille millimétrique pour mesurer les différentes parties de l'appareil génital

III-3-2-Dissection des escargots :

Avant chaque dissection, les escargots ont été anesthésiés (**Fig. 14**) avec 5ml d'une solution de $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ à une concentration de 50g/l. L'injection était effectuée à l'aide d'une seringue au niveau du pied de l'escargot. Une fois que l'animal est complètement immobilisé nous procédons à l'enlèvement de la coquille, à l'aide d'une pince (**Fig. 15**).

L'appareil génital est ensuite retiré sous une loupe binoculaire, en allant de l'orifice génital jusqu'aux parties distales de celui-ci qui se trouvent sous la coquille des escargots (au niveau des viscères) (**Fig. 16 et 17**).



Loupe binoculaire



Pied à coulisse



Trousse de dissection



Balance



Seringue

Fig. 13. Matériels utilisés au laboratoire



Fig. 14. Escargot anesthésié



Fig. 15. Escargot sans coquille



Fig. 16. Escargot disséqué



Fig. 17. Retirent de l'appareil génital

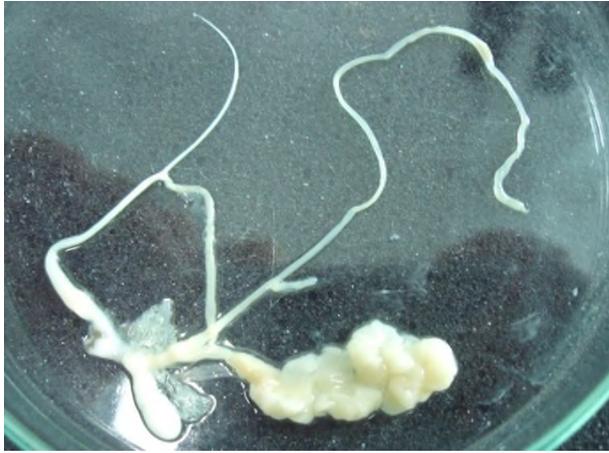


Fig. 18. Appareil génital retiré

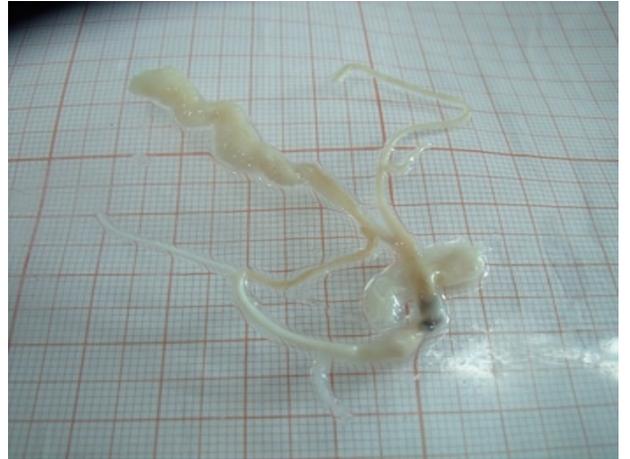


Fig. 19. Appareil génital étalé sur une feuille millimétrique

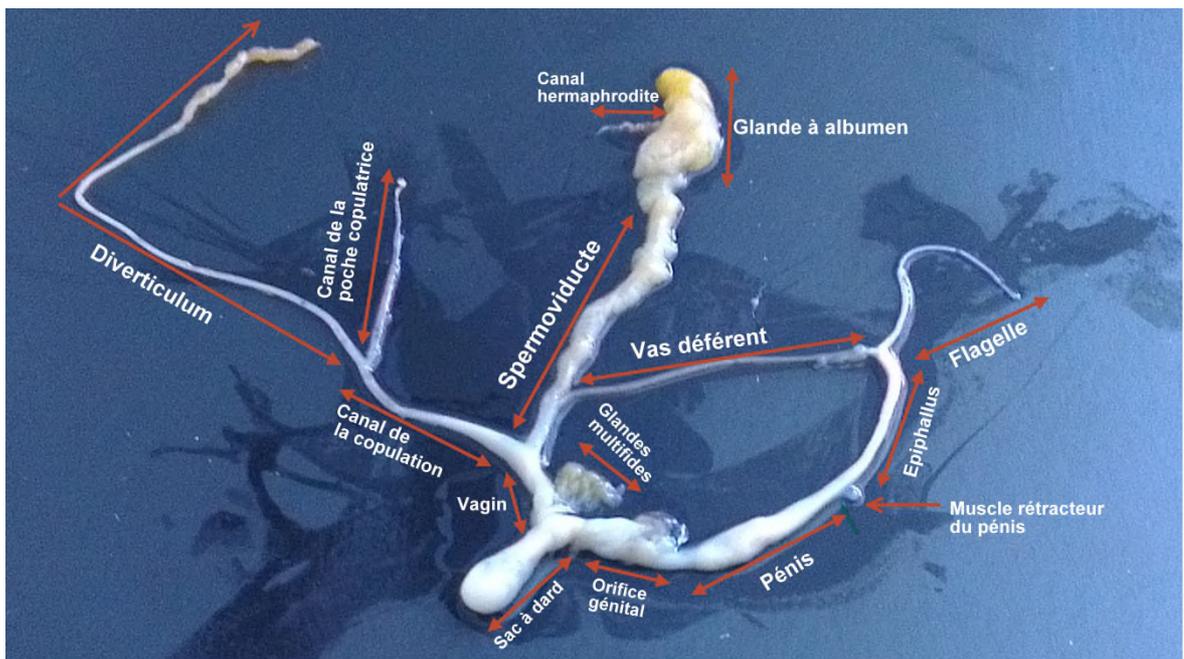


Fig. 20. Appareil reproducteur d'*Helix aperta* (photo originale)

III-3-3-Mesures de l'appareil génital :

Une fois retirées, les différentes parties de l'appareil génital ont ensuite été étalées sur du papier millimétrique puis mesurées (**Fig. 19**). Les mesures (correspondant essentiellement à celles de Madec et Guiller (1993,1994) sont présentés dans la **Fig. 21**.

III-3-4-Mesures de la coquille :

Deux mesures de la coquille, la longueur (L) et le diamètre (D) comme elles ont été définies par Cox (1960, cité par Kohn et Riggs, 1975) ont été effectués (**Fig. 22**).

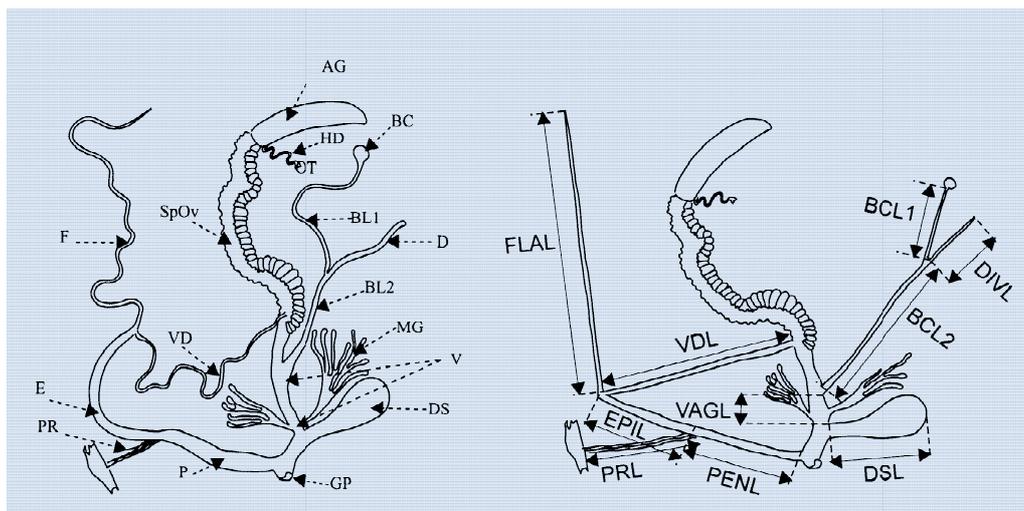


Fig. 21. A gauche. Dessin schématique de l'appareil reproducteur d'un *Helix*.

AG : glande à albumen ; **BC** : bourse copulatrice ; **BL1** et **BL2** : partie proximale et distale de la bourse copulatrice ; **D** : diverticulum ; **DS** : sac à dard ; **E** : epiphallus ; **F** : flagelle ; **GP** : port génital ; **HD** : canal hermaphrodite ; **MG** : glande multifide ; **OT** : ovotestis (gonade) ; **P** : pénis ; **PR** : muscle rétracteur du pénis ; **SpOv** : spermoviducte ; **V** : vagin ; **VD** : vas déférent.

A droite. Mesures des différentes parties de l'appareil génital. **BCL1** : longueur de la partie proximale de la bourse copulatrice ; **BCL2** : longueur de la partie distale de la bourse copulatrice ; **DIVL** : longueur du diverticulum ; **DSL** : longueur du sac à dard ; **EPIL** : longueur de la partie proximale de l'épiphallus ; **FLAL** : longueur du flagelle ; **PENL** : longueur du pénis ; **PRL** : longueur du muscle rétracteur du pénis ; **VAGL** : longueur du vagin ; **VDL** : longueur du vas déférent.

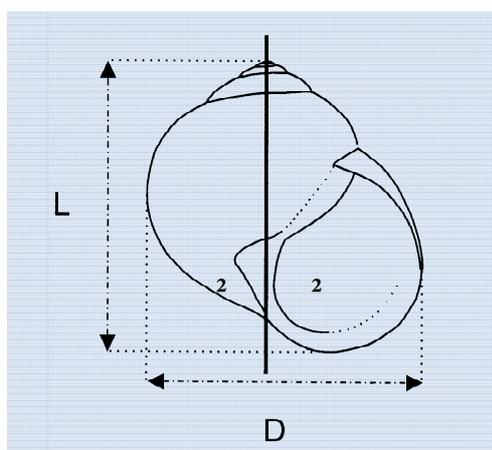


Fig. 22. Les mesures de la coquille d'*Helix aperta*. La longueur (L) et le diamètre (D) sont perpendiculaires et parallèles définis à l'axe de l'enroulement

III-4-Traitement statistique des données :

Différents tests statistiques de comparaison entre les individus des trois stations sont utilisés, à l'aide du logiciel Statistica et XLSTAT 2006.

La comparaison de moyennes des données quantitatives est réalisée par une analyse de la variance (ANOVA).

Un coefficient de variation est calculé afin de comparer la variabilité des différents caractères génitaux au sein et entre les trois stations étudiées.

Une CAH est réalisée pour regrouper les différents individus des trois stations étudiées selon la similarité de leurs caractères génitaux.

La corrélation entre les différents caractères génitaux est donnée par l'ACP.

IV-Résultats et discussions

IV-Résultats et Discussions :

IV-1-Résultats :

Afin de mettre en évidence la variation morphologique de l'appareil génital d'*Helix aperta*, nous avons réalisé une étude morphométrique ou biométrique, en mesurant les différentes parties de l'appareil génital chez des escargots adultes de cette espèce, ainsi que les dimensions de leur coquille. L'étude a concerné trois échantillons, provenant de trois populations différentes.

Les résultats obtenus sont ensuite soumis à plusieurs tests statistiques afin d'évaluer et de révéler les variations possibles entre les différentes stations.

IV-1-1-Variations morphométriques de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* au sein des trois stations étudiées :

IV-1-1-1-Variations morphométriques de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* au sein de la station de Dar Nacer :

Les coefficients de variation des caractères génitaux mesurés, chez les individus collectés au niveau de la station de Dar Nacer, sont représentés dans la **Fig. 23**. D'après ces résultats, on remarque une variation importante des paramètres mesurée. Les coefficients de variation les plus importants ont été notés pour le vas déférent (VDL, CV = 42,80%), le canal de la poche copulatrice (BCL1, CV = 58,30%), le diverticulum (DIVL, CV = 41,40%) et le muscle rétracteur du pénis (PRL, CV = 72,81%). On remarque aussi que les caractères génitaux montrent des coefficients de variation plus importants que ceux des dimensions (L et D) de la coquille.

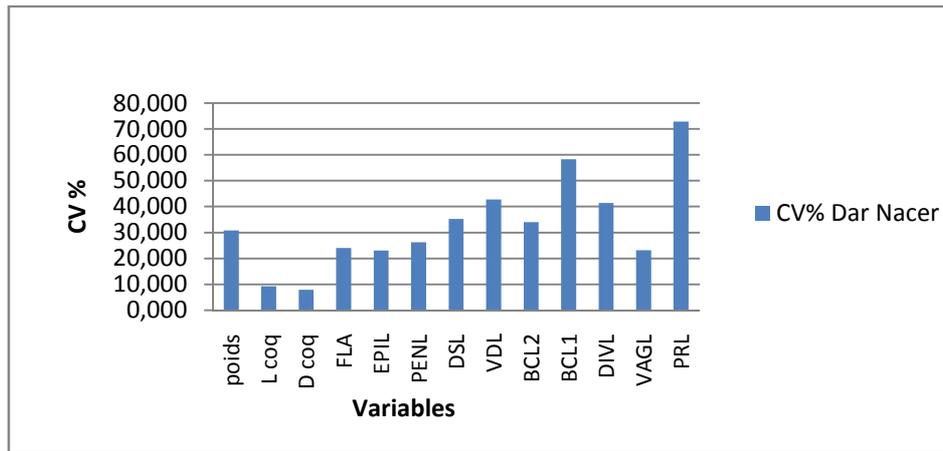


Fig. 23. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau de la station de Dar Nacer

IV-1-1-2-Variations morphométriques de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* au sein de la station de Baccaro :

D'après les données de la Fig. 24 il existe une variation intra-populationnelle, des caractères génitaux mesurés, au sien de la station de Baccaro. Ces derniers présentent des coefficients de variations plus importants que celui du poids des individus ainsi que ceux des dimensions (L et D) de la coquille. Nous avons constaté que le vas déférent (VDL), le canal e la poche copulatrice (BCL1) et le diverticulum (DIVL), sont les caractères génitaux qui montrent les plus grands coefficients de variation au sein de cette population (CV = 40,87%, CV = 36,36%, CV = 38,39% respectivement).

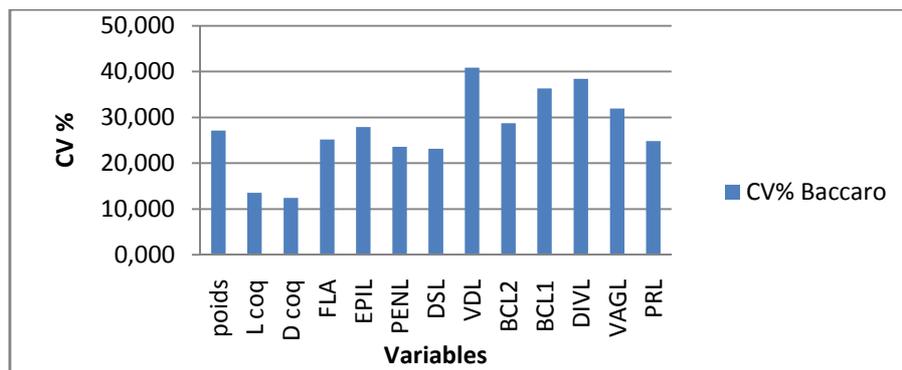


Fig. 24. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau de la station de Baccaro

IV-1-1-3-Variations morphométriques de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* au sein de la station de Sidi Ahmed :

La représentation graphique des coefficients de variation calculés pour les différents paramètres mesurés pour la station de Sidi Ahmed est donnée par la **Fig. 25**. D'après cette dernière, tous les caractères génitaux mesurés varient considérablement. D'autre part les résultats indiquent que le poids des escargots ainsi que les dimensions (L et D) de leur coquille présentent les coefficients de variation les plus faibles.

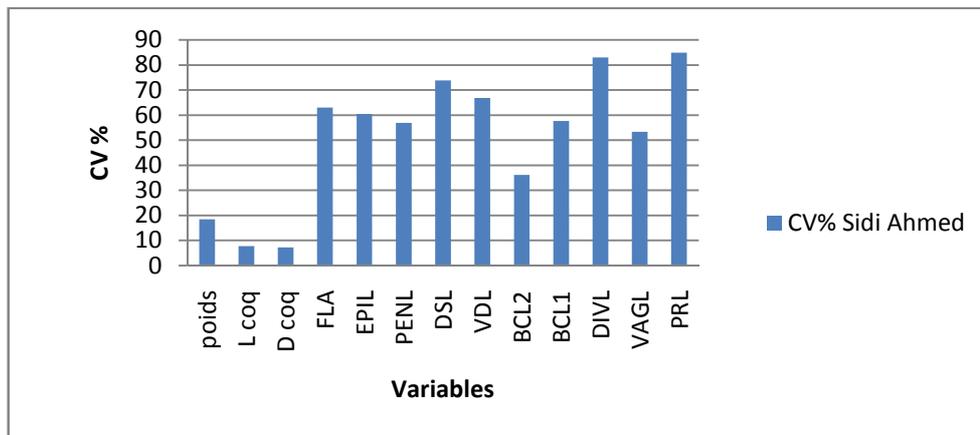


Fig. 25. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau de la station de Sidi Ahmed

IV-1-2-Variations morphométriques de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* entre les trois stations étudiées :

L'ensemble des résultats obtenus, concernant la variation des paramètres mesurés de l'appareil reproducteur d'*Helix aperta* au niveau des trois stations étudiées, est représentée dans la **Fig. 26**.

Les données (**Fig. 26**) montrent une variation importante, à la fois dans les organes génitaux mesurés ainsi que dans le poids des individus et les dimensions (L et D) de leurs coquilles, entre les trois populations étudiées. Les résultats indiquent également que la station de Sidi Ahmed se distingue par les coefficients de variation les plus importants comparée aux deux autres stations. En effet, dans cette station, les coefficients de variation des organes génitaux semblent assez importants notamment le diverticulum (CV = 83%), le muscle rétracteur du pénis (CV = 84,95%), le sac à dard (CV = 73%) et le vas déférent (CV =

66,83%). Alors que dans les deux autres stations à savoir Dar Nacer et Baccaro, les organes reproducteurs montrent des coefficients de variations assez comparables. D'autre part, les résultats indiquent que le canal de la bourse copulatrice (BCL1) mesuré chez les individus de la population de Dar Nacer, avec CV = 58,30%, varie presque de la même façon que celui mesuré chez les animaux appartenant à l'échantillon de Sidi Ahmed (CV = 57,59%).

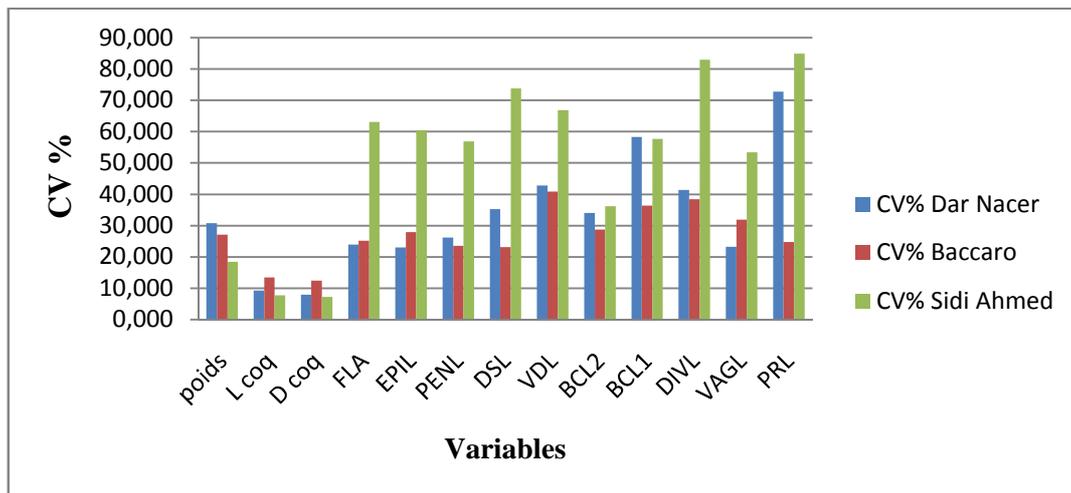


Fig. 26. Coefficients de variation des paramètres mesurés au niveau des appareils génitaux chez les escargots collectés au niveau des trois stations étudiées

IV-1-3-Relations entre les individus des trois stations étudiées :

La Fig. 27 représente la répartition des individus des trois stations étudiées selon les ressemblances ou les différences aux niveaux des paramètres mesurés. Le nuage de points montre clairement que les individus des trois stations ne se répartissent pas de la même manière. La figure montre également que la plus part des individus de la station de Dar Nacer se rapprochent de ceux de la station de Sidi Ahmed. Alors que les individus de la population de Baccaro ont tendance à s'éloigner des individus des deux autres stations.

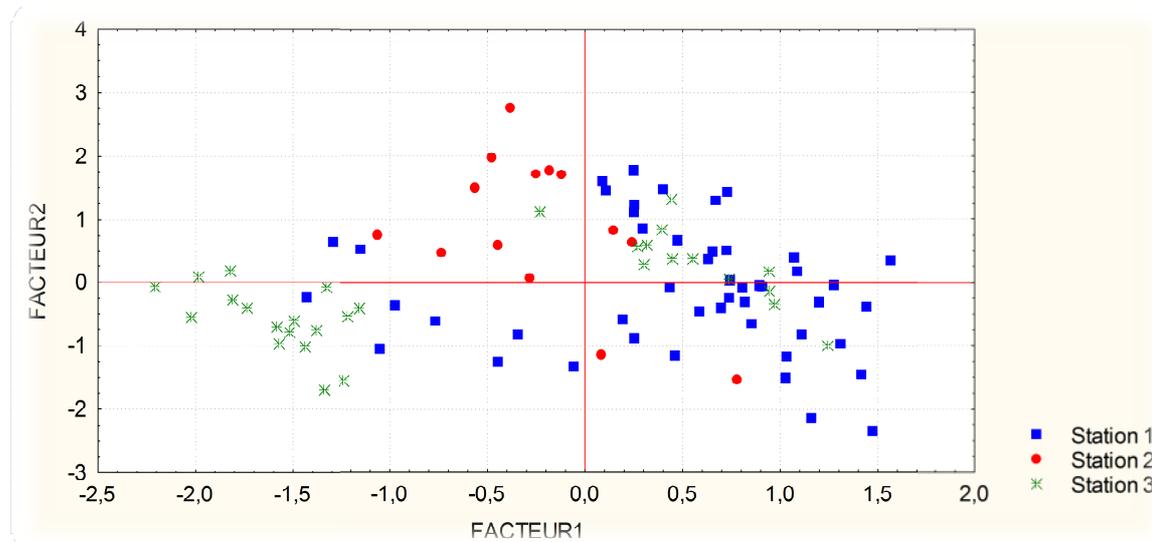


Fig. 27. Nuage de points présentant la relation entre les trois stations étudiées

IV-1-4- Corrélations entre les paramètres mesurés au niveau de l'appareil génital, du poids et des mesures de la coquille chez des escargots *Helix aperta* appartenant à trois populations différentes :

La matrice de corrélation totale entre les paramètres mesurés est représentée dans le **Tableau V**.

La représentation graphique des corrélations entre les paramètres mesurés est donnée par la **Fig. 28**. D'après le cercle de corrélation, aucune corrélation n'est constatée entre le poids des escargots et les mesures des différentes parties de l'appareil génital (maximum $r = 0,35$, $p < 0,05$) (**Tableau V**). Même constatation pour les mesures de la coquille (L et D) et les mesures des différentes parties de l'appareil génital avec $r = 0,53$ entre la longueur (L) de la coquille et la longueur du vas déférent (VDL) ($p < 0,05$) maximum. Par contre nous avons remarqué une superposition à la fois entre les dimensions (L et D) de la coquille, ainsi qu'une relation étroite entre les différentes parties de l'appareil génital. En effet, la plus part des organes génitaux mesurés au niveau des trois stations étudiées, montrent des corrélations importantes entre eux. Les données révèlent l'existence d'une corrélation positive importante entre la longueur du flagelle (FLAL) et la longueur de l'épiphallus (EPIL), dans les trois échantillons étudiés, avec un ($r = 0,88$). Néanmoins, la matrice de corrélation indique l'absence d'une corrélation importante entre le canal de la poche copulatrice (BCL1) et les autres caractères génitaux (maximum $r = 0,44$ entre le BCL1 et SDL). Cependant nous avons constaté que le muscle rétracteur du pénis (PRL) ne présente pas de corrélation positive ni avec les autres caractères génitaux, ni avec le poids et les dimensions (L et D) de la coquille.

Tableau. V. Matrice de corrélation totale entre tous les paramètres mesurés ($p < 0,05$) * : corrélation positive importante.

POIDS	POIDS	L_COQ	D_COQ	FLAL	EPIL	PRL	PENL	DSL	VDL	BCL2	BCL1	DIVL
L_COQ	0,71933526*											
D_COQ	0,68497376*	0,92414222*										
FLAL	0,35522181	0,50466727	0,5163016									
EPIL	0,31947519	0,48744333	0,49350311	0,88790955*								
PRL	-0,0204473	-0,2366232	-0,3059717	-0,3088432	-0,3165601							
PENL	0,18382512	0,44624086	0,44332862	0,75311148*	0,84988171*	-0,3514510						
DSL	0,21320461	0,34113611	0,3464428	0,76295946*	0,80456316*	-0,3686185	0,7550909*					
VDL	0,31825715	0,53870064	0,50474251	0,77281173*	0,77998612*	-0,3503270	0,7181424	0,66540867*				
BCL2	0,14812941	0,29313448	0,29492218	0,54914733	0,56784234	-0,1935976	0,55093546	0,57771465	0,58765239			
BCL1	0,30867874	0,20866427	0,18906497	0,39827278	0,36645934	-0,2849523	0,40009963	0,44984423	0,37338908	0,23646259		
DIVL	0,23398077	0,43385096	0,44449382	0,78055966*	0,79660802*	-0,2875923	0,76646342*	0,71978143*	0,77974718*	0,69380303*	0,25988141	
VAGL	0,24189653	0,30194669	0,27727276	0,68035867*	0,67506178*	-0,2625422	0,59837176	0,57364853	0,67813895*	0,46131817	0,36453217	0,61277904*

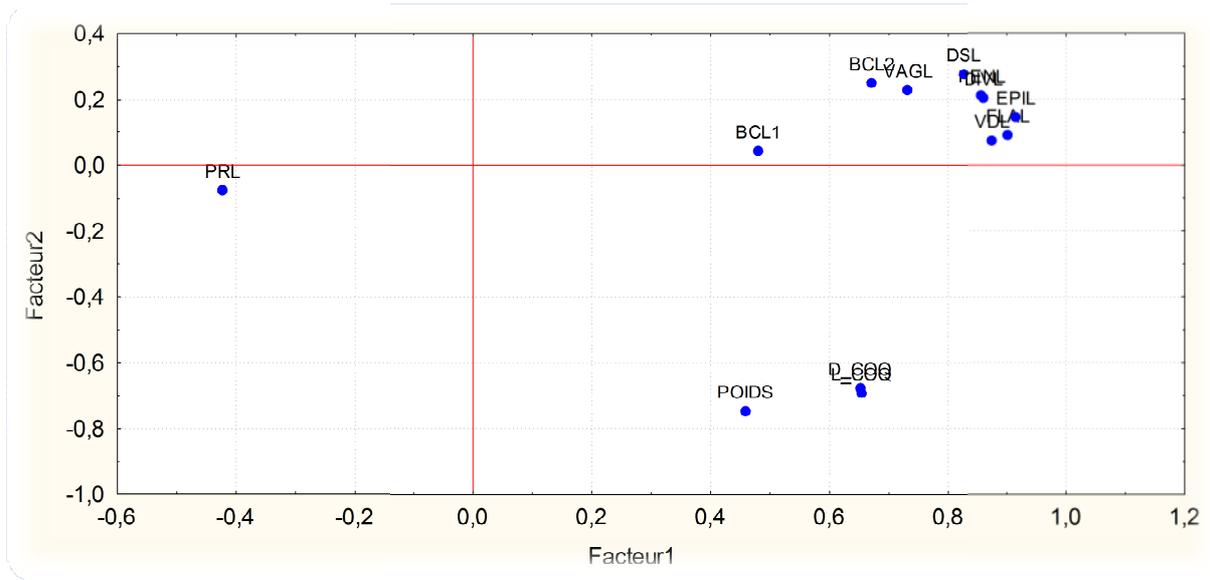


Fig. 28. Cercle de corrélation entre les paramètres mesurés ($p < 0,05$)

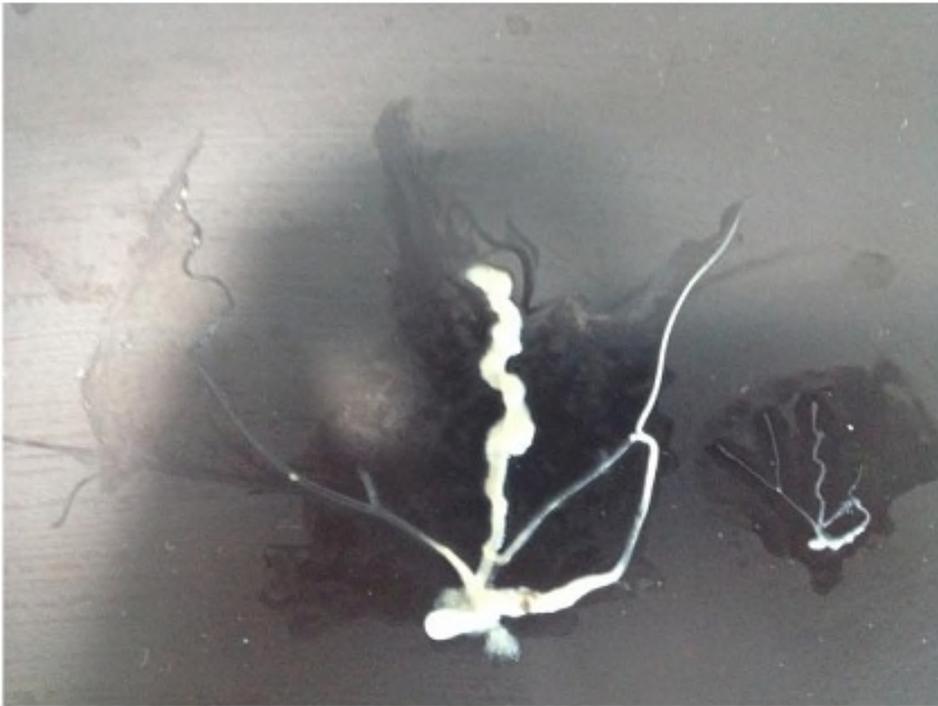


Fig. 29. La différence dimensionnelle entre deux appareils génitaux chez deux individus adultes de l'espèce *Helix aperta* ayant 3 mm de différence dimensionnelle au niveau de leurs coquilles (Celui à gauche : L : 26 mm, D : 25 mm. Celui à droite : L : 23 mm, D : 22 mm)

IV-2-Discussions :

La grande variabilité intra-spécifique dans les phénotypes et ou dans des fréquences d'allèles a été rapportée dans des espèces d'escargots. Il est prévu qu'un ensemble de caractères appropriés pourraient complètement différencier des populations d'une même espèce (Tursh, 1998), et le manque d'investigations sur la variabilité des organes génitaux des espèces du genre *Helix*, qui a mené probablement à la confiance répandue en utilisation de ces organes pour distinguer des espèces (Hesse, 1920 ; Cesari, 1978 ; Grossu, 1983).

La variation morphologique de l'appareil reproducteur des Gastéropodes pulmonés, ont fait l'objet de plusieurs recherches sur différentes espèces, tant pour des espèces qui proviennent de la nature (Jordaens *et al.*, 2007 ; Van Osselar et Tursch, 2000 ; Madec et Guiller, 1994 ; Madec, 1989), qu'en conditions contrôlées de laboratoire (Madec et Daguzan, 1993).

IV-2-1-Variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* dans les trois stations étudiées :

Les résultats de notre étude montrent qu'il existe une variation morphométrique de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta*, au sein et entre les trois stations étudiée. Cela indique l'existence d'une différence intra-spécifique des caractères génitaux chez cette espèce.

Ce résultat est confirmé par le test de comparaison des moyennes, qui indique une différence significative ($p < 0,05$), aux niveaux de tous les paramètres mesurés, entre et au sein des trois échantillons étudiés. Ce résultat est en accord avec les constatations de Giusti *et all.* (1995), qui ont observé chez *Helix aperta* des différences dans la dimension de certaines parties du tractus génital selon la provenance des individus. Plusieurs travaux ont également rapportés la grande variabilité intra-spécifique des organes de l'appareil génital des escargots terrestres même au sein des populations (exemple Back-huys, 1972 pour *Theba pisana* Müller, 1744 ; Tomiyama, 1988 pour *Satsuma tanegashimae* (Pilsbry) ; Outeiro, Mato, Riballo et Rodriguez, 1990 pour les espèces de *Cochlicopa* ; Madec et Guiller, 1994 pour *Helix aspersa*). Ceci a mené à la reconsidération de la puissance discriminante de ces caractères (Outeiro *et al.*, 1990).

Les résultats obtenus dans cette étude, montrent une variabilité intra-spécifique et inter-populationnelle importantes de toutes les mesures génitales. D'autre part, les données indiquent que les coefficients de variation calculés pour les organes génitaux sont beaucoup plus importants que ceux calculés pour les mesures de la coquille (L et D). Ce résultat pourrait être expliqué par le fait que l'appareil génital pourrait se développer indépendamment de la coquille. En effet, la **Fig.29**, montre deux organes génitaux, appartenant à deux escargots adultes n'ayant pas une différence dimensionnelle importante au niveau de leurs coquilles, alors que leurs appareils génitaux sont différents (très développé chez l'un et non mature chez l'autre).

La variabilité morphométrique constatée dans les organes génitaux indépendamment du diamètre et de la longueur de la coquille, au sein et entre les trois populations étudiées, peut s'expliquer par le fait que quelques individus soient favorisés pendant leur croissance par une combinaison optimale de facteurs climatiques et alimentaires leur ayant permis de connaître une première saison de reproduction au bout d'un an. Tandis que d'autres, nés à un moment plus défavorable, n'atteignant la maturité sexuelle qu'après plusieurs années ponctuées par de nombreuses suspensions d'activité (Madec, 1989). Comme elle peut être également expliquée par l'influence de plusieurs facteurs de nature ; environnementale (Madec et Guiller, 1994), comportementale (De Vaufleury et Gimbert, 2009), développementale (Bride et Gomot, 1991) ou génétique (Madec, 1989).

Il faut également insister sur le rôle déterminant joué par l'augmentation de la densité d'une population, qui a pour conséquence, une cinétique démographique (augmentation de l'immigration des animaux adultes) et une altération dans le développement de l'appareil génital des individus. L'analyse de ces effets sur une population de *Cepea nemoralis* réalisée par Oosterhoff (1977) semble tout à fait applicable au cas d'*Helix aperta*.

Nos résultats indiquent que le vas déférent (VDL), le canal de la poche copulatrice (BCL1) et le diverticulum (DIVL), sont les caractères génitaux qui montrant les plus grands coefficients de variation, au niveau des trois stations étudiée. Plusieurs auteurs ont constaté des différences intra-spécifiques dans le complexe : diverticulum (DIVL) et canal de la bourse copulatrice (BCL1) et l'ont même utilisé comme critère de classification taxonomique de certaines espèces d'Helicidae (Kleiner, 1913 ; Germain, 1930, chevalier, 1980), ou pour déterminer les affinités entre les groupes de la famille des Helicidae (Aparicio et Ramos,

1988). D'autre part, Madec et Guiller (1994) ont étudié la variation géographique de l'appareil génital de l'escargot *Helix aspersa* dans des populations provenant de quelques pays de l'Europe et du Maghreb, les auteurs ont constatés une grande variation des caractères génitaux suivant : le flagelle (FLAL), le diverticulum (DIVL), le vas déférent (VDL), le vagin (VAGL) et le sac à dard (DSL), par rapport aux autres caractères génitaux étudiés.

IV-2-2-Relation entre les stations étudiées :

Il semble que les individus collectés au niveau de la station de Dar Nacer sont plutôt semblables, dans les caractères mesurés avec ceux collectés au niveau de la station de Sidi Ahmed. Ce résultat pourrait bien être expliqué par le fait que les deux stations sont proches géographiquement, et peut supposer que les individus soient de la même population. Alors que la plus part des individus collectés au niveau de la station de Baccaro sont différents dans les caractères mesurés des deux autres stations. Autres facteurs peuvent influencer aussi cette variation des caractères génitaux d'une population d'escargots à une autre. En effet, en plus des facteurs climatiques et la position géographique des habitats, peut s'ajouter la différence dans le cycle de vie des escargots. Daguzan (1985) et Albuquerque de Matos (1985), indiquent qu'un arrosage régulier suffit pour supprimer l'estivation, ce qui favorisera un développement continu de l'appareil génital des individus. Et vue que la station de Baccaro est un terrain agricole, donc arrosé régulièrement, fait que les individus d'*Helix aperta* récoltés au niveau de cette station pourraient avoir un cycle de vie différent de celui des individus des deux autres stations échantillonnées.

IV-2-3-corrélations entre les paramètres mesurés :

Les données obtenues de la matrice de corrélation indiquent l'absence d'une corrélation importante entre les caractères génitaux et les dimensions (L et D) de la coquille. Ce résultat a été fort remarqué par Van Osselar et Tursch, (2000), qui ont étudié la variabilité de l'appareil reproducteur entre les deux espèces *Helix pomatia* L., 1758 et *Helix lucorum* L., 1758 (Gastéropodes, Stylommatophores). Nous avons constaté aussi que le poids des escargots n'a aucune influence sur le développement de l'appareil génital, avec une corrélation très faible ($r = 0,35$ maximum entre le poids et le flagelle, matrice de corrélation à $p < 0,05$). Par contre, le poids des escargots et la taille de leur coquille sont très corrélés ($r = 0,71$ entre le poids et la longueur de la coquille, matrice de corrélation $p < 0,05$). Ces résultats peuvent être expliqués par l'influence de plusieurs facteurs sur le cycle de vie des escargots *Helix aperta*, qui

peuvent être d'origine environnementale (Madec et Guiller, 1994), comportementale (De Vaufleury et Gimbert, 2009), développementale (Bride et Gomot, 1991) ou génétique (Madec, 1989).

Chez *Helix aperta*, l'épiphallus (EPIL) est très corrélé avec le flagelle (FLAL) ($r = 0,88$, matrice de corrélation $p < 0,05$). Ces deux caractères génitaux ont un rôle dans la formation du spermatophore pendant l'accouplement. Comme première approximation, la longueur du spermatophore peut être prise pour être (FLAL+EPIL). C'est la somme des longueurs de l'épiphallus (responsable de la formation de la tête, du cou et du corps du spermatophore), et du flagelle (responsable de la formation de la queue) (Lind, 1973 in Van Osselar et Ttursch, 2000).

Dans notre étude nous avons constaté que la longueur du diverticulum (DIVL) et la longueur du canal de la bourse copulatrice (BCL1), sont faiblement corrélés ($r = 0,25$, test de corrélation à $p < 0,05$). D'après Van Osselar et Tursch (2000), la longueur du diverticulum joue un rôle primordial dans l'augmentation de la probabilité que le spermatophore ne soit pas digéré par la poche copulatrice. Le diverticulum est un caractère génital qui est très utilisé dans la détermination des espèces en taxonomie (Madec et Guiller, 1994). Ces même auteurs, ont observé chez les spécimens d'*Helix aspersa* de chacune des deux sous-divisions du nord africain (Celle de l'Est : à partir de la Tunisie jusqu'à la Kabylie. Et celle de l'Ouest : de la Kabylie jusqu'au Maroc) que le diverticulum est le caractère génital le plus variable dans ces groupes d'escargots. Comme nous l'avons remarqué aussi dans le cas de l'espèce *Helix aperta*. En effet, les résultats de notre étude indiquent clairement que la longueur du diverticulum est la plus importante et la plus distinguée de tous les autres caractères génitaux mesurés.

Conclusion

Conclusion :

Le présent travail est une étude sur la variation de la morphologie des organes reproducteurs chez l'escargot *Helix aperta*. Pour cela, une étude biométrique a été menée en mesurant 10 caractères génitaux et deux caractères de la coquille, sur des individus adultes récoltés au niveau de trois stations différentes dans la région de Bejaïa. Des analyses statistiques sont ensuite réalisées pour révéler la variation des organes génitaux au sein et entre les différentes stations échantillonnées.

Les résultats obtenus dans cette étude, nous ont permis de montrer une variation morphométrique intra-spécifique et inter-populationnelle au niveau de l'appareil reproducteur d'*Helix aperta*. Il s'est avéré que les caractères génitaux ont des coefficients de variation plus importants comparés à ceux du poids des escargots et la taille de leur coquille. Cela pourrait être expliqué par le fait que le poids des individus n'a aucune influence sur le développement de l'appareil génital d'*Helix aperta*, par contre, il est très corrélé avec la taille de leur coquille.

La variabilité morphométrique des organes génitaux est indépendante de la taille (L et D) de la coquille. Cette variabilité peut s'expliquer par le fait que quelques individus soient favorisés pendant leur croissance par une combinaison optimale de facteurs climatiques et alimentaires, comme elle peut être due à l'influence d'autres facteurs environnementaux, comportementaux, développementaux, ou génétiques.

Les résultats indiquent aussi que le vas déférent (VDL), le canal de la poche copulatrice (BCL1) et le diverticulum (DIVL), sont les caractères génitaux qui ont les plus grands coefficients de variation dans les trois stations étudiées.

Notre étude a révélée une différence dans les caractères génitaux étudiés au niveau des trois stations étudiées, en effet les individus récoltés au niveau de la station de Dar Nacer et ceux récoltés au niveau de la station de Sidi Ahmed sont semblables alors que la plus part des individus collectés au niveau de la station de Baccaro sont différents des deux autres stations étudiées.

D'autre part, l'étude des caractères génitaux chez *Helix aperta*, nous a permis de constater une grande corrélation entre le flagelle et l'épiphallus, ces organes males qui

contribuent à la formation du spermatophore. Néanmoins nos résultats n'indiquent aucune corrélation entre le diverticulum et le canal de la poche copulatrice.

Cependant, les résultats de cette étude constituent une contribution à la compréhension de la variation des caractères génitaux d'*Helix aperta*, et qui pourrait désormais être approfondie par :

- étude de plus d'individus dans plusieurs endroits de la zone de répartition de l'espèce comme il a été déjà fait pour l'espèce *Helix aspersa*, afin de d'apporter des informations sur la variation géographiques de ces caractères.
- l'étude de la variation saisonnière de l'appareil reproducteur d'*Helix aperta* pourrait rapporter des informations sur le cycle de vie de cette escargot ;
- faire une description histologique de la structure des organes reproducteurs de l'espèce, et la comparer entre les populations ;
- Enfin un travail pluridisciplinaire de la biologie des populations, qui impliquera notamment l'acquisition de données écologiques, physiologiques, génétiques, taxonomiques et biogéographiques dont la synthèse, constituera le seul moyen l'identité des populations et de comprendre l'histoire évolutive d'*Helix aperta*.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abeloos, M. (1944). Recherches expérimentales sur la croissance. La croissance des Mollusques Arionidés. *Bull. Biol. Fr. Belg*, 78: 215-256.

Albuquerque de Matos, R. M. (1985). Variação intraspecifica morfos e sua determinação genetic en *Helix aspersa*. *Pub. Ocas. Soc. Port. Malac*, 5: 15-30.

Aparicio, M. T. et Ramos, M. A. (1988). A comparative study of the morphology of the pulmonate snail *Pseudotachea litturata* (Pfeiffer) and other species of *Pseudotachea*, *Iberus* and *Cepaea*. *J of Molusc Stud*, 54: 287-294.

Asselin, A. (1985). Analyse critique, mise au point et application d'une méthode permettant d'étudier la croissance de l'escargot petit gris *Helix aspersa Müller*. D.E.A. Ecologie, Rennes, 40 p.

Atkinson, D. (1994). Temperature and organism size – a biological law for ectotherms? *Adv. Ecol. Res*, 25: 1-58.

Aubert, C. (1995). Momento de l'éleveur d'escargots, *ITAVI*. Réédition 1998.

Backhuys, W. (1972). Notes on *Theba pisana ustulata* (Low, 1852), the land snail of the Salvages Islands. *Basteria*, 36: 117-129.

Bailey, S. E. R. (1981). Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa* and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. *J. Comp. Physiol*, 142: 89-94.

Beese, K. (2007). The evolution of male and female reproductive traits in simultaneously hermaphroditic terrestrial Gastropods. Thèse de Doctorat, Université de Bâle (Suisse).

Blanckenhorn, W.U. (1998). Adaptive phenotypic plasticity in growth, development and body size in the yellow dung fly. *Evolution*, 52: 1394-1407.

Blanckenhorn, W.U. (1999). Different growth responses to temperature and resource limitation in three fly species with similar life histories. *Evol. Ecol*, 13: 395-409.

Block, M.R. et Hew, H.Y.C. (1960). Schedule of spermatogenesis in the Pulmonate snails *Helix aspersa*, with special reference to histone transition. *J. Biophys. Biochem. Cytol*, 7: 515-535.

Bole-Richard, M. A., Croisille, Y., Gomot, L. et Bride, J. (1983). A comparative electrophoretic study on proteins and annual cycle of the land snail *Helix aspersa*. *C.R. Séances Soc. Biol. et Fil*, 177 (1) : 37-44.

Bonnet, J. C. (1990). Escargot biologie et élevage, multiplication et croissance des escargots, 3-4p.

Bonnefoy-Claudet, R., Deray, A. et Gomot, L. (1983). Action de la lumière de longueurs d'onde différentes sur la reproduction de l'escargot *Helix aspersa*. *CR. Soc. Biol*, 177: 504-512.

Bouchard-Chantereaux, N.R. (1939). Observations sur les mœurs de divers Mollusques terrestres et fluviatiles observés dans le département du Pas-de-Calais. *Ann. Sci. Natur. (Zool.)*, 11: 295-307.

Bonnefoy-Claudet, R. et Deray, A. (1984). Influence de la durée d'hibernation sur l'activité reproductrice de l'escargot *Helix aspersa Müller*. *CR. Soc. Biol*, 178: 42-49.

Bonnefoy-Claudet, R., Deray, A. et Griffond, B. (1987). La reproduction de l'escargot *Helix aspersa Müller* en fonction des conditions d'environnement : données synthétiques. *Haliotis*, 16: 57-67.

Breucker, H. (1964). Cytologische untersuchungen des Zwitterganges und des spermoviduktes von *Helix pomatia*. *Protoplasma*, 58: 1-41.

Bride, J. et Gomot, L. (1991). Asynchronisme du développement du tractus génital de l'escargot *Helix aspersa* pendant la croissance et la reproduction. *Reprod Nutr Dev*, 31 : 81-96.

Bride, J. et Griffond, B. (1981). Etude comparée de la gonade d'*Helix aspersa* témoins et tentaculectomisés. *Gen. and Comp. Endocrinology*, 45: 527-532.

Bryant, R. (1994). Culture des escargots comestibles, culture et exploitation agricole 770 : 1-2p.

Cañin, A.J. (1983). Ecology and Ecogenetics of terrestrial molluscan populations. Russel Hunter W.D. ed., Academic Press, London, *The mollusca*, Vol.6: *Ecology*, 597-647.

Cameron, R.A.D. (1973). Some woodland mollusc faunas from Southern England. *Malacologia*, 14: 355-371.

Carrick, R. (1939). The life history and development of *Agriolimax agrestis* L., the grey field slug. *Trans. Roy. Soc. Edimb*, 59: 563-597.

Cesari, P. (1978). La malacofauna del territorio italiano. 1° contributo : il genere *Helix*, *Conchiglie*, 14: 35-89.

Charrier, M. (1981). Contribution à l'étude des effets de groupement sur la croissance de l'escargot « Petit-gris » *Helix aspersa Müller* (Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 122 : 29-38.

Charrier, M. et Daguzan, J. (1979). Etude de la croissance de l'escargot « Petit-gris » *Helix aspersa Müller* (Mollusque Gasteropode Pulmoné). *Haliotis*, 9 (1) : 15-18.

Charrier, M. et Daguzan, J. (1980). Etude de la consommation alimentaire et de la reproduction de l'escargot « Petit-gris » *Helix aspersa Müller* (Gasteropode Pulmoné terrestre) élevé sous abri. *Haliotis*, 10 (1) : 41-44.

Chevalier, H. (1982). Facteurs de croissance chez les Gasteropodes Pulmonés terrestres paléartiques en élevage. *Haliotis*, 12 : 29-46.

Chung, J. D. (1986). Stimulation of genital eversion in the land snail *Helix aspersa* by extracts of the glands of the dart apparatus. *J. Exp. Zool.*, 238: 129-139.

Cosel, R.V. (1992). Sea shells of tropical West Africa. Edition l'ORSTOM, 64p.

Crowell, H.H. (1973). Laboratory study of calcium requirements of the brown snail *Helix aspersa Müller*. *Proc. Malac. Soc. Lond.*, 40 : 491-503.

Daguzan, J. (1982). Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-gris *Helix aspersa Müller* (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore) 2. Evolution de la population juvénile de l'éclosion à l'âge de 12 semaines en bâtiment et en conditions contrôlées. *Ann. Zootech*, 31 (2): 87-110.

Daguzan, J. (1985). Contribution à l'élevage de l'escargot Petit-gris *Helix aspersa Müller* (Mollusque Gastéropode Pulmoné Stylommatophore) 3. Elevage mixte (reproduction en bâtiment contrôlé et engraissement en parc extérieur) : activité des individus et évolution de la population juvénile selon la charge biotique du parc. *Ann. Zootech*, 34 (2): 127-148.

Daguzan, J. et Verly, D. (1987). Etude expérimentale de l'effet de la densité sur la reproduction de l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa Müller*). *Haliotis*, 19: 105-115.

Davidowitz, G., D'Amico, L.J. et Nijhout, H.F. (2004). The effects of environmental variation on a mechanism that controls insect body size. *Ecol. Evol. Res.*, 6: 49-62.

Davis, P. (1994). Parasitic snails and slugs of Western Australia, Agriculture Australia Occidental perth, 2; 5p.

- Deray, A. et Laurent, J. (1987).** Lumière et dynamique de croissance chez l'escargot *Helix aspersa maxima* (Gros-gris) en conditions hors sol contrôlées. *C. R. Société Biol. Paris*, 181: 79-186.
- de Vaufleury, A. et Gimbert, F. (2009).** Obtention du cycle de vie complet d'*Helix aperta* Born de sites tunisiens en conditions contrôlées. Influence de la photopériode, *C. R. Biologie*, 332: 795-805.
- Désiré, C. H. et Villeneuve, F. (1962).** L'escargot petit gris, livre de zoologie, Edition BORDAS, Paris, 62 ; 68p.
- Dillaman, R.M. (1981).** Dart formation in *Helix aspersa*. *Zoomorphology*, 97: 247-261.
- Enée, J. (1980).** Contribution à l'étude de la croissance de l'escargot *Helix aspersa Müller*. Ontogénèse de l'appareil génital et recherche cytologique sur la différenciation et la sécrétion de la prostate. Thèse 3ème cycle, Université de Franche-comté, Besançon, France.
- Enée, J., Bonnefoy-Claudet, R. et Gomot, L. (1982).** Effet de la photopériode artificielle sur la reproduction de l'escargot *Helix aspersa Müller*. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 294: 357-360.
- Fearnley, R. H. (1994).** Intraspecific brood parasitism in the land snail *Helix aspersa Müller* (Pulmonata: Gastropoda): a new behavioural strategy for the mollusca. *J. Moll. Stud*, 60: 193-195.
- Garnault, P. (1988).** Sur les phénomènes de la fécondation chez *Helix aspersa* et *Arion empiricorum*. *Zool. Anz.*, 11: 37-31.
- Gerace, A. et Redy, P. (2003).** The snail common *Helix aspersa*, guide of agriculture, 86p.
- Germain, L. (1930).** Mollusques terrestres et fluviatiles (1ère partie), in : P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, Paris, 21: 1-477.
- Germain, L. (1931).** Mollusques terrestres et fluviatiles (2e partie), 26 planches, in : P. Lechevalier Ed. Faune de France, Paris, 22 : 478-897.
- Giusti, F. et Lepri, A. (1980).** Aspetti morfologici ed etologici dell accoppiamento in alcune specie della famiglia helicidae (Gastropoda, Pulmonata). *Atti Accad. Fisciencia. Siena* : 11-17.
- Giusti, F. et Andreini, S. (1988).** Morphological and ethological aspects of mating in two species of the family Helicidae (Gastropoda Pulmonata) *Theba pisana* (Müller) and *Helix aperta* (Born), *Monitore Zool. Ital. (N.S.)*, 22: 331-363.

- Giusti, F., Manganeli, G. et Schembri, P.J. (1995).** The non-marine molluscs of the Maltese Islands, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino, Monographie,15: 486-497.
- Gomez, B.J. (2001).** Structure and functioning of the reproductive system . Pp. 307-330 in G. M. Barker, ed. *The biology of terrestrial molluscs*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon.
- Gomot, A. (1990).** Photoperiod and temperature interaction in the determination of reproduction of the edible snail *Helix pomatia*. *J. Reprod. Fertil*, 90: 581-585.
- Gomot, A. (1994).** Contribution à l'étude de la croissance d'escargots du genre *Helix* : influence de facteurs de l'environnement. Nutrition et composition biochimique. Contrôle neuro-endocrine. Thèse de doctorat, Université de Franche-comté, Besançon, France.
- Gomot, A. et Gomot, L. (1995).** Brain grafts of cerebral ganglia have effectiveness in growth restoration of damaged *Helix aspersa* mesocerebrum. *Brain Res*, 682: 127-132.
- Gomot, A. (1997).** Double labelling of neural grafts for identification of sites mediating growth in snails. *Biol. Cell*, 89:133-140.
- Gomot, L., Enée, J. et Laurent, J. (1982).** Influence de la photopériode sur la croissance pondérale de l'escargot *Helix aspersa* Müller en milieu contrôlé. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 294: 749-752.
- Gomot, P., Griffond, B et Gomot, L (1986).** Effets de la température sur la spermatogénèse d'Escargots *Helix aspersa* maintenus en repos artificiel. *CR. Acad. Sci. Paris*, 302 :27-32.
- Gomot, L. et Deray, A. (1987).** Les escargots. *La Recherche*, 186: 302-311.
- Gomot, P., Gomot, L. et Griffond, B. (1989).** Evidence for a light compensation of the inhibition of reproduction by low temperatures in the snail *Helix aspersa*. Ovotestis and albumen gland responsiveness to different conditions of photoperiods and temperatures. *Biol. Reprod*, 40: 1237-1245.
- Gomot, L. et Griffond, B. (1993).** Action of epigenetic factors on the expression of hermaphroditism in the snail *Helix aspersa*. *Comp. Biochem. Phys.* 104A: 195-199.
- Goodfriend, G.A. (1986).** Variation in land snail shell form and size and its causes: a review. *Syst. Zool*, 35 (2): 204-223.
- Griffond, B. et Bolzoni-Sungur, D. (1986).** Stages of oogenesis in the snail, *Helix aspersa*: cytological, cytochemical and ultrastructural studies. *Reprod. Nutr. Develop*, 26 (2A): 461-474.

- Griffond, B., Gomot, P. et Gomot, L. (1992).** Influence de la température sur le déroulement de l'ovogenèse chez l'escargot *Helix aspersa*. *J. Therm. Biol*, 17: 185-190.
- Grossu, A. V. (1983).** Gastropoda Romaniae. *Stylommatophora*. Editura Litera, Bucarest.
- Heller, J. (2001).** Life-history strategies, in: J.M. Baker (Ed.), *The Biology of Terrestrial Molluscs*, C.A.B. International, Wallingford, UK, pp. 413-445.
- Heese, P. (1920).** Genus *Helix*. In *Iconographie der Europäischen Land & Süßwasser Mollusken* (Rossmässler), 23 : 115-229, pl., 647-660.
- Herzberg, F. et Herzberg, A. (1962).** Observations on reproduction of *Helix aspersa*. *Amer. Midland Naturalist*, 68: 297-306.
- Jess, S. et Marks, R.J. (1998).** Effect of temperature and photoperiod on growth and reproduction of *Helix aspersa* var. *maxima*. *J. Agr. Sci*, 130: 367-372.
- Jordanens, K. Bruyndoncx. L., Van Goethem. J. et Backeljau. T. (2008).** Morphological and anatomical differentiation of three land snail of the genus *Rhynchtrochus* (Gastropoda : Pulmonata : Camaenidae). *J. Mollusc. Stud*, 75: 1-8.
- Kerney, M.P. et Cameron, R.A.D. (1979).** A field guide to the land snails of Britain and NW Europe. William Collins Sons and Co. Ltd., London.
- Kiddy, H. (1999).** Tous au sujet des escargots, 36; 38p.
- Kleiner, E. (1913).** Untersuchung am Genitalapparat von *H. nemoralis*, *H. hortensis* und einer weiteren Reihe von Lang gezüchteter Bastarde der beiden Arten. *Zürich Vierteljahrsch. Natf. Ges.* 58:188-190.
- Kohn, A. J. et Riggs, A. C. (1975).** Morphometry of the *Conus* shell. *Systematic Zoology*, 24 : 346-359.
- Ktari, M. H. et Rezig, M. (1976).** La faune malacologique de la Tunisie septentrionale, *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, 11: 31-74.
- Lamotte, M. (1951).** Recherches sur la structure génétique des populations naturelles de *Cepaea nemoralis* L., *Bull. Biol. France, Suppl*, 35: 1-239.
- Laurent, J., Deray, A. et Grimard, A.M. (1984).** Influence de la photopériode, du degré d'hétérogénéité de la population sur la dynamique de croissance et la maturation sexuelle de l'escargot *Helix aspersa*. *C. R. Soc. Biol*, 178: 421-441.

- Lazaridou-Dimitriadou, M. (1978).** Consommation alimentaire, production et bilan énergétique chez *Euparypha pisana* (Müller) (Gastéropode Pulmoné). *Ann. Nutr. Alim*, 32: 1317-1350.
- Le Calve, D. (1995).** Etude de l'œuf de l'escargot petit-gris *Helix aspersa* Müller et de l'influence de la température sur le développement embryonnaire. Thèse de Doctorat, Université de Rennes, France.
- Lecompte, O. (1995).** Etude préliminaire de la plasticité de quelques traits de vie chez deux races du Pulmoné terrestre *Helix aspersa*. Mémoire de DEA, Université de Rennes, France.
- le Guhenec, M.F. (1985).** Etude de l'influence de la lumière sur la croissance et la reproduction de l'escargot Petit-gris (*Helix aspersa* Müller). Contrat GNPE. Université de Rennes I- Centre de Recherches INRA Rennes, France.
- Lind, H. (1973).** The fonctionnal signifiacnce of the spermatophore and the fate of spermatozoa in the genital tract of *Helix pomatia*. *J. Zool*, 169: 279-301.
- Madec, L. (1989).** Etude de la différenciation de quelques populations géographiquement isolée du Mollusque terrestre *Helix aspersa* Müller (Gastropode Pulmoné) : aspects morphologiques, écophysiologicals et biochimiques. Thèse de Doctorat, Université de Rennes, France.
- Madec L, Daguzan J. (1993).** Geographic variation of reproductive traits in the land snail *Helix aspersa* Müller studied under laboratory conditions. *Malacologia*, 33: 119–135.
- Madec, L. et Guiller, A. (1993).** Observation on distal genitalia and mating activity in three conchologically distinct forms of the land snail *Helix aspersa* Müller. *Jl of Mollusc Stud*, 59 : 455-460.
- Madec, L. et Guiller, A. (1994).** Geographic variation of distal genitalia in the land snail *Helix aspersa* (Mollusca: Gastropoda). *J. Zool, Lond.* 233: 215-231.
- Madec, L., Guiller, A., Coutellec-Vreto, M.A. et Desbuquois, C. (1998).** Size-fecundity relationships in the land snail *Helix aspersa*: preliminary results on a form outside the norm. *Invertebr. Reprod. Develop*, 34: 83-90.
- Madec, L., Desbuquois, C. et Coutellec-Vreto, M.A. (2000).** Phenotypic plasticity in reproductive traits: Importance in the life history of *Helix aspersa* (Mollusca: Helicidae) in a recently colonized habitat. *Biol. J. Linn. Soc*, 69: 25-39.

- Oosterhoff, L.M. (1977).** Variation in growth rate as an ecological factor in the land snail *Cepaea nemoralis* (L). *Nether. J. Zool*, 27: 1-132.
- Outeiro, A., Mato, S., Riballo, I. et Rodriguez, T. (1990).** On *Cochlicopa lubrica* (Muller, 1774) and *Cochlicopa lubricella* (Porro, 1837) (Gastropoda: Pulmonata: Cochlicopidae) in the Sierra de O Courel (Lugo, NW Spain). *Veliger*, 33 (4): 408-415.
- Perez, J. (1868).** Recherches sur la génération des Gastéropodes. *Mem. Soc. Phys. Hist. Nat. Bordeaux*, VI : 393-442.
- Perrot, J. L. (1937).** Observations cytologiques sur les œufs d'*Helix pomatia*, au niveau de l'ovospermiducte et du vagin. *Z. Zellf. Mikr. Anat*, XXVII: 326-335.
- Pollard, E. (1973).** Growth classes in the adult Roman snail (*Helix pomatia* L.). *Oecologia, (Berl.)*, 12: 209-212.
- Pollard, E. (1975).** Differences in shell thickness in adult *Helix pomatia* L. from a number of localities in southern England. *Oecologia*, 21: 85-92.
- Pollard, E., Cooke, A. S. et Welch, J.M. (1977).** The use of shell features in age determination of juvenile and adult Roman snails *Helix pomatia*. *J. Zool., Lond*, 183: 269-279.
- Potts, D. C. (1972).** Population ecology of *Helix aspersa*, and the nature of selection in favourable and unfavorable environment. Thèse de Ph. D. Université de Californie, Santa Barbara.
- Raven, C. H. R. P. (1958).** Morphogenesis: the analysis of Molluscan development. Pergamon Press.
- Rezig, M. (1979).** Les escargots comestibles en Tunisie, *Echanges, Tunis*, 1: 387-396.
- Sacchi, C. F. (1972).** Ecologie comparée des Gastéropodes Pulmonés des dunes méditerranéennes et atlantiques. *Natura*, 62 (3): 277-358.
- Sacchi, C. F. (1955).** Il contributo dei molluschi terrestri alle ipotesi del « ponte siciliano ». Elementi tirrenici ed orientali nella malacofauna del Maghreb. *Arch. Zool. Ital*, 40: 49-181.
- Sacchi, C. F. (1958).** Les mollusques terrestres dans le cadre des relations biogéographiques entre l'Afrique du Nord et l'Italie. *Vie et milieu*, 9: 11-52.
- Saleudin, A. S. M., Farrel, C. L. et Gomot, L. (1983).** Brain extract causes amoeboid movement in vitro in oocytes in *Helix aspersa* (Mollusca). *Int. J. Invert. Reprod*, 6: 31-34.

Thompson, T. (1973).– Euthyneuron and other molluscan spermatozoa. *Malacologia*, 14: 167-206.

Schileyko, A. A. (1978). Nazemnye Molljuskij Nadsemejstva Helicoidea. Fauna SSSR, Molljuskij, III (6) (Helicoidea). *Zoologicheskij Institut, Akademija nauk SSSR, novaya serija*, 117 : 360p. (in Russia).

Schütt, H. (2001). Die Türkische Landschnecken 1758-2000. *Acta Biologica Benrodis, Suppl*, 4: 550.

Sokolove, P. G. et McCrone, J. (1978). Reproductive maturation in the slug *Limax maximus*, and the effects of artificial photoperiod. *J. Comp. Physiol*, 125: 317-325.

Solem, A. (1978). Classification of the Land Mollusca. Pulmonates, Vol 2A, Fretter V., Peake J. ed., *Academic Press, London*, 49-98.

Stephens, C. I. et Stephens, G. C. (1966). Photoperiodic stimulation of egg-laying in the land snail *Helix aspersa*. *Nature*, 212: 1582.

Stern, D. (2001). Body-size evolution: How to evolve a mammoth moth. *Curr. Biol*, 11: 917-919.

Tafoughalt-Benbellil, S. (2010). Etude de l'influence de la durée de la photopériode et de la température sur la croissance et la reproduction des escargots de l'espèce *Helix aperta* Born (Gasteropoda : Helicidae). Thèse de Doctorat. Université de Bejaia.

Tafoughalt-Benbellil, S., Sahnoune, M., de Vaufleury, A. et Moali, A. (2009). Effects of temperature and photoperiod on growth and reproduction of the land snail *Helix aperta* Born (Gastropoda, Pulmonata). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 64: 207-219.

Tafoughalt-Benbellil, S., Sahnoune, M., de Vaufleury, A. et Moali, A. (2011). Influence of sampling date on reproduction in the land snail *Helix aperta* kept under controlled conditions of temperature and photoperiod. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 66 : 43-54.

Tardy, J. (1982). Facteurs de croissance chez les Mollusques Gastéropodes enthyneures. *Haliotis*, 12: 91-110.

Thompson, R. (1996). Raising snail, Alternative Farming Système Information Center. National Agricultural library, Beltsville. *Maryland Série, SRB 96 (05)*: 705-235.

Tomiyaama, K. (1988). Studies on the intraspecific variation in a land snail *Satsuma tanegashimae* (Pilsbry) (Stylommatophora : Camaenidae). Variation of genital system structure. *Venus*, 47: 98-103.

- Tompa, A. (1982).** X-ray radiographic examination of dart formation in *Helix aspersa*. *Neth. J. Zool*, 32 (1): 63-71.
- Tompa, A. S. (1984).** Landsnail (Stylommatophora). Dans *The Mollusca*, Vol.7: Reproduction, Russel-Hunter ed., Academic Press, London, 47-131.
- Tompa, A. S. et Wilbur, K.M. (1977).** Calcium mobilisation during reproduction in snail *Helix aspersa*. *Nature*, 270: 53-54.
- Tursch, B. (1998).** Taxonomic problems in the genus *Oliva*. *Phuket Marine Biological Center Special publication*, 18 : 263-284.
- Van Osselaer, C. H., Tursch, B. (2000).** Variability of the genital system of *Helix pomatia* L., 1758 and *Helix lucorum* L., 1758 (GASTROPODA: STYLOMMATOPHORA). *J. Moll. Stud.* (2000), 66 : 499-515.
- Vianey-Liaud, M. (1979).** Influence du jeûne et de la renutrition sur l'oviposition et la gamétogénèse chez le planorbe *Biomphalaria glabara* (Gasteropode Pulmoné Basommatophore). *Malacologia*, 18 (1-2): 401-406.
- Weatherley, A. H. et Gill, H.S. (1987).** The biology of fish growth. Academic Press, London.
- Williamson, P. (1976).** Size-weight relationships and field growth rates of the landsnail *Cepaea nemoralis* L.. *J. Anim. Ecol.*, 45: 875-885.
- Wolda, M. (1972).** Changes in shell size in some experimental populations of the land snail *Cepaea nemoralis* L.. Argamon. *Isr. J. Malac*, 3:63-71.
- Wolda, M. et Kreulen, D.A. (1973).** Ecology of some experimental populations of the landsnail *Cepaea nemoralis* L. II. Production and survival of eggs and juveniles. *Neth. J. Zool*, 23: 168-188.
- Zundel, D. (1981).** L'escargot, biologie, élevage, pathologie, Thèse Doctorat Vétérinaire, 103, Université de Toulouse.

Résumé :

Dans ce travail, nous avons présenté les résultats obtenus de l'étude de la variation morphologique de l'appareil reproducteur de l'escargot *Helix aperta* Born (Gastéropode, Pulmoné) dans la région de Bejaïa. Notre démarche a été empirique pour révéler cette variation au sein et entre trois populations différentes. 92 individus adultes d'*Helix aperta* ont été récoltés pour une étude biométrique. Pour cela, 10 caractères génitaux et 02 caractères de la coquille (longueur et diamètre) ont été mesurés pour tous les individus récoltés dans les trois stations échantillonnées. Les résultats obtenus nous ont permis de déduire une grande variabilité intra-spécifique et inter-populationnelle des caractères génitaux d'*Helix aperta*. Nous avons constaté que l'appareil reproducteur se développe indépendamment du poids des individus et la taille de leur coquille. Cette variabilité pourrait être expliquée par une influence de différents facteurs de nature différentes ; environnementale, comportementale, développementale ou bien de nature génétique. D'après les résultats, il a été constaté que Le vas déférent, le diverticulum et le canal de la poche copulatrice sont les caractères qui ont des coefficients de variation les plus importants dans les trois stations étudiées. Les relations entre les caractères génitaux ont révélés une corrélation entre le flagelle et l'épiphallus, mais aucune corrélation entre le diverticulum et le canal de la poche copulatrice.

Mots clés : *Helix aperta*, Appareil génital, variation, Gastéropodes, Mollusques.

Abstract:

In this work, we presented the results of the study of morphological variation of the reproductive system of the snail *Helix aperta* Born (Gastropod, pulmonate) in the region of Bejaia. Our empirical approach was to reveal the variation within and between three different populations. 92 adult individuals of *Helix aperta* were harvested for biometric study. For this, 10 genital characters and 02 shell characters (length and diameter) were measured for all individuals collected from the three stations sampled. The results allowed us to infer a great intraspecific variability and interpopulationnelle characters genital *Helix aperta*. We found that reproductive continues regardless of individual weight and size of their shell. This variability could be explained by an influence of different factors of different kinds; environmental, behavioral, developmental or genetic. From the results, it was found that the vas deferens, the diverticulum and the channel of the copulatory pouch are characters that have the most significant in the three study sites coefficients of variation. The relationship between genital characters have revealed a correlation between the flagellum and epiphallus, but no correlation between the diverticulum and the channel of the copulatory pouch.

Keywords: *Helix aperta*, genital, Variation, Gastropods, Mollusks.

الملخص:

في هذا العمل، قدمنا نتائج دراسة الاختلاف الصرفي في الجهاز التناسلي للحلزون أبيرتا (البطني الأقدام، pulmonate) في منطقة بجاية. وكانت مقاربتنا للكشف عن تباين التجريبية داخل وبين ثلاث مجموعات سكانية مختلفة. تم جمع 92 الأفراد البالغين من اللولب أبيرتا للدراسة البيومترية. لذلك، تم قياس 10 حرفا و 02 حرفا قذيفة التناسلية (الطول والقطر) لجميع الأفراد التي جمعت من عينات من ثلاث محطات. سمحت لنا النتائج المتحصل عليها للاستدلال على التغير الداخلي المحدد واسع وبين السكان التناسلية الشخصيات اللولب أبيرتا. وجدنا أن الجهاز التناسلي يتطور بشكل مستقل من وزن الأفراد وحجم قذيفة بهم. ويمكن تفسير هذا التباين من خلال تأثير عوامل مختلفة من أنواع مختلفة؛ البيئية والسلوكية والتنموية أو الوراثية. من نتائج، فقد وجد أن الأسهر، ورتج وقناة الحقيبة كوبولاتوري هي الأحرف التي تحتوي على أهم المواقع في دراسة معاملات ثلاثة من الاختلاف. وقد كشفت العلاقة بين الأحرف التناسلية وجود علاقة بين السوط و epiphallus، ولكن عدم وجود ارتباط بين رتج وقناة الحقيبة كوبولاتوري.

الكلمات الرئيسية: اللولب أبيرتا، التناسلية، والتباين، الرخويات، الرخويات.