

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université Abderahmane MIRA de Bejaia
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences biologiques de l'environnement**

Mémoire de fin de cycle

*œ En vue de l'obtention du diplôme de : Master en Sciences Naturelles de
l'Environnement œ*

Thème

***Etude de la variabilité morphométrique de
l'appareil reproducteur de deux espèces :***

*œ Helix aperta et Helix aspersa œ
(Gastéropodes, stylommatophores)*

Présenté par :

✚ M^r. BAZIZEN L'hcene

Membres du jury :

✚ Présidente: M^{me}. BELBACHIR A.

✚ Promotrice : M^{me}. TAFOUGHALT S.

✚ Examineur 1: M^r. AIT SIDHOM D.

✚ Examineur 2 : M^r. LAIMOUCHE A.

œ Promotion 2013/2014 œ



Ce mémoire n'aurait pu voir le jour sans le soutien moral et les conseils de plusieurs personnes que je voudrais remercier.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma sincère gratitude à ma promotrice : M^{me} TAFOUGHALT pour son suivi, sa patience, sa compréhension et ses précieux conseils.

Ainsi que les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail : la Présidente : M^{me} BELBACHIR et les examinateurs : M^r AIT SIDHOM et M^r LAIMOUCHE.

Je remercie M^r BEKDOUCHE et M^{me} KADJI pour leur aide concernant l'analyse statistique des résultats.

Je remercie aussi M^{lle} BOUCHEBBAH pour son aide et son assistance pendant mon travail au laboratoire, et M^{lle} ABDELLI pour la qualité de ses photographies.

Je suis heureux de pouvoir remercier mes tantes et oncles ainsi que mes cousines et cousins pour leur soutien.

Je remercie également tous mes amis et collègues pour leur aide et sympathie, ainsi que tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie pour les connaissances qu'ils m'ont transmises.

En fin je tiens à remercier spécialement ma chère famille pour son soutien moral et matériel durant mes études. Ce mémoire lui est dédié.



Résumé

Notre travail a pour objectif, premièrement, l'étude de la variabilité morphométrique de l'appareil reproducteur des deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*, ainsi que la relation de cette variabilité avec le poids des individus et les mesures de la coquille. Deuxièmement, les différences des dimensions des organes génitaux entre les deux espèces étudiées ont été investiguées. Cette étude a démontré, d'abord, l'existence d'une importante variabilité dimensionnelle des organes génitaux chez les deux espèces étudiées, ensuite, une corrélation positive entre les mesures de ces organes et celles du poids ainsi que la coquille. Enfin, deux organes génitaux, à savoir le flagellum et le canal proximal de la bourse copulatrice, se sont avérés intéressants pour la discrimination entre les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*, car ces deux organes sont d'une dimension supérieure chez *Helix aspersa*.

Mots-clés

Appareil reproducteur, *Helix aperta*, *Helix aspersa*, variabilité morphométrique, corrélation positive, poids, dimensions de la coquille, caractères discriminants.

Abstract

Our research aims for, firstly, the study of genitalia morphometric variability of the two species *Helix aperta* and *Helix aspersa*, and the relation of this variability with individual's weight and shell size. Secondly, differences in dimensions of the genital organs between the two studied species were investigated. This study showed, first, the existence of an important dimensional variability of genital organs in both studied species, then, a positive correlation between organs' measurements and those of weight and shell. Finally, two genital organs, that are flagellum and proximal duct of bursa copulatrix, proved to be interesting to discriminate between the two species *Helix aperta* and *Helix aspersa*, because both organs are greater in *Helix aspersa*.

Key-words

Genitalia, *Helix aperta*, *Helix aspersa*, morphometric variability, positive correlation, weight, shell size, discriminating characters.

هدف بحثنا هو، أولاً، دراسة التغيرات القياسية في الجهاز التناسلي عند النوعين هيلكس أبرتا هيلكس أسبرسا و علاقة هذا التغير مع وزن الأفراد و قياسات الصدفة. ثانياً، تم البحث في اختلافات قياسات الأعضاء التناسلية بين النوعين المدروسين. بينت هذه الدراسة، أولاً، تواجد تغيرات معتبرة في قياسات الأعضاء التناسلية لكلا النوعين، ثم، تواجد علاقة ارتباط اجابية بين قياسات الأعضاء و قياسات الوزن و تبيين عضوين تناسليين، الذان هما السوط و قناة الكيس الإقتراني القريبة، للتفريق بين النوعين هيلكس أبرتا هيلكس أسبرسا، لأن كلا العضوين أطول عند هيلكس أسبرسا.

مفاتيح

الجهاز التناسلي، هيلكس أبرتا، هيلكس أسبرسا، التغيرات القياسية، اجابية، الوزن، قياسات الصدفة، الصفات المميزة.

Table des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	iv
Chapitre I : Introduction	1
Chapitre II : Synthèse bibliographique	3
2-1- Généralités sur les Helicidae	3
2-1-1- La systématique.....	3
2-1-2- La morphologie.....	3
2-1-2-1- Le corps.....	3
2-1-2-1-1- La tête.....	4
2-1-2-1-2- Le pied.....	4
2-1-2-1-3- La masse viscérale.....	4
2-1-2-2- La coquille.....	4
2-1-3- Anatomie.....	6
2-1-3-1- L'appareil génital.....	6
2-1-3-1-1- Le dard.....	8
2-1-3-2- L'appareil respiratoire.....	10
2-1-3-3- L'appareil circulatoire.....	10
2-1-3-4- L'appareil digestif.....	10
2-1-3-5- Le système nerveux.....	10
2-1-4- Activité au cours de l'année.....	11

2-1-5- La reproduction.....	11
2-1-5-1- Formation des gamètes.....	11
2-1-5-1-1- La spermatogenèse.....	11
2-1-5-1-2- L'ovogenèse.....	12
2-1-5-2- L'accouplement.....	12
2-1-5-2-1- L'introduction.....	13
2-1-5-2-2- Le tir de dard.....	13
2-1-5-2-3- La copulation.....	14
2-1-5-3- La fécondation.....	15
2-1-5-4- Formation de l'œuf.....	15
2-1-5-4-1- Formation de l'albumen de l'œuf.....	15
2-1-5-4-2- Formation de la coque de l'œuf.....	15
2-1-5-5- Ponte, incubation et éclosion des œufs.....	15
2-1-5-6- Contrôle endocrinien de la reproduction chez les Helicidae.....	16
2-1-5-7- Influence des conditions environnementales sur la reproduction des Helicidae.....	16
2-1-5-7-1- Influence de la photopériode.....	16
2-1-5-7-2- Influence de la température.....	17
2-1-5-7-3- Influence de l'interaction photopériode-température.....	17
2-1-5-7-4- Influence de l'alimentation.....	18
2-1-5-7-5- Influence de la durée d'hibernation.....	18
2-1-6- La croissance.....	18
2-1-6-1- Influence de la photopériode.....	18
2-1-6-2- Influence de la température.....	19

2-1-6-3- Interférence entre la température et la photopériode.....	19
2-1-7- Variation du cycle de vie chez les Helicidae.....	19
2-2- Présentation d'<i>Helix aperta</i>.....	21
2-2-1- Place taxonomique et description.....	21
2-2-2- Répartition géographique.....	22
2-2-3- La reproduction.....	22
2-2-3-1- L'appareil génital.....	22
2-2-3-2- La variation morphologique de l'appareil reproducteur d' <i>Helix aperta</i>	24
2-3- Présentation d'<i>Helix aspersa</i>.....	26
2-3-1- Place taxonomique et description.....	26
2-3-2- Répartition géographique.....	27
2-3-3- La reproduction.....	27
2-3-3-1- L'appareil reproducteur.....	28
2-3-3-2- La variation biométrique et morphologique de l'appareil reproducteur d' <i>Helix aspersa</i>	28
Chapitre III : Matériel et méthodes.....	30
3-1- Matériel utilisé.....	30
3-2- Méthodologie.....	34
3-2-1- Travail du terrain.....	34
3-2-1-1- Récolte des échantillons.....	34
3-2-1-1-1- Localisation de la station d'échantillonnage.....	34
3-2-1-1-2- Description de la station d'échantillonnage.....	35
3-2-2- Travail au sein du laboratoire.....	36

3-2-2-1- Pesée des individus et mesurage de la coquille.....	36
3-2-2-2- Extraction de l'appareil reproducteur.....	37
3-2-2-3- Mesurage des appareils reproducteurs.....	40
3-2-3- Analyse statistique des résultats.....	42
Chapitre IV : Résultats.....	43
4-1- La variabilité des douze paramètres étudiés.....	43
4-2- Les corrélations entre les douze paramètres étudiés.....	45
4-3- Comparaison des mesures des organes génitaux des deux espèces <i>Helix aperta</i> et <i>Helix aspersa</i>	48
Chapitre V : Discussion.....	50
5-1- La variabilité morphométrique des organes génitaux des espèces <i>Helix aperta</i> et <i>Helix aspersa</i>	50
5-2- Les corrélations.....	51
5-3- Les caractères génitaux discriminant les deux espèces <i>Helix aperta</i> et <i>Helix aspersa</i>	51
Chapitre VI : Conclusion.....	53
Références bibliographiques.....	54
Annexes.....	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Aspect extérieur de l'escargot. A. Vue de profil. B. vue de face.....	3
Figure 2 : Coquille de l'escargot. A. vue de face. B. coupe.....	5
Figure 3 : Schéma de l'anatomie interne de l'escargot.....	6
Figure 4 : Schéma représentant la morphologie des l'appareil reproducteur des escargots pulmonés terrestres.....	7
Figure 5 : Le dard de l'escargot <i>Helix aspersa</i>	9
Figure 6 : Dessin schématique d'un dard calcaire chez l'escargot naticoïde <i>Helix aperta</i> ...	9
Figure 7 : Escargots <i>Helix pomatia</i> au cours de la parade nuptiale.....	13
Figure 8 : Posture d'accouplement chez <i>Cornu aspersum aspersa</i> Müller (Franck Buron-Musseau).....	14
Figure 9 : Un escargot de l'espèce <i>Helix aspersa</i> pondant ses œufs.....	16
Figure 10 : Mécanismes de régulation du nombre d'individus dans une population de <i>Cepaea nemoralis</i>	20
Figure 11 : <i>Helix aperta</i> (individu adulte).....	21
Figure 12 : Distribution géographique de l'espèce <i>Helix aperta</i>	22
Figure 13 : Dessin de l'appareil génital d' <i>Helix aperta</i>	24
Figure 14 : 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 mâle.....	25
Figure 15 : <i>Helix aspersa</i> (individu adulte).....	26
Figure 16 : Distribution géographique de l'espèce <i>Helix aspersa</i>	27
Figure 17 : L'appareil génital d' <i>Helix aspersa</i>	28

Figure 18 : La balance électronique au laboratoire d'écologie.....	30
Figure 19 : Pied à coulisse.....	30
Figure 20 : Trousse à dissection.....	31
Figure 21 : Ciseaux fins 11 cm.....	31
Figure 22 : Pince forte 14 cm.....	32
Figure 23 : Aiguille-pointe-lancéolée.....	32
Figure 24 : Carte de localisation du site d'étude.....	34
Figure 25 : Dessin schématique de la coquille d'<i>Helix aperta</i>. La longueur (L) et le diamètre (D) ont été définis en positionnant l'axe de torsion de la coquille perpendiculairement par rapport à l'horizon (de la même façon ont été prises les mesures de la coquille d'<i>Helix aspersa</i>).....	36
Figure 26 : Mesure de la longueur (L) de la coquille de l'escargot.....	37
Figure 27 : Mesure du diamètre (D) de la coquille de l'escargot.....	37
Figure 28 : Anesthésie de l'escargot.....	37
Figure 29 : Extraction de la coquille de l'escargot.....	37
Figure 30 : Fixation de l'escargot pour la dissection.....	38
Figure 31 : Dissection de l'escargot.....	38
Figure 32 : Illustration des téguments droit et à gauche, et quelques parties visibles du tractus génital.....	39
Figure 33 : Sens de l'extraction de l'appareil génital de l'escargot.....	39
Figure 34 : Illustration d'une partie du tractus génital extraite de l'escargot.....	40
Figure 35 : Le mesurage sous la loupe des organes reproducteurs de l'escargot.....	40
Figure 36 : La méthode de mesurage de l'appareil reproducteur de l'escargot.....	41

Figure 37 : Dessin schématique représentant les mesures prises pour l'appareil génital.....42

Figure 38 : Les coefficients de variation des paramètres mesurés chez les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*.....44

Figure 39 : La grande variabilité dimensionnelle de deux appareils reproducteurs chez deux individus adultes de l'espèce *Helix aperta* ayant 3 mm de différence dimensionnelle entre leurs coquilles (Celui à gauche : L : 26 mm, D : 25 mm. Celui à droite : L : 23 mm, D : 22 mm).....44

Figure 40 : A gauche : l'appareil reproducteur d'un individu de l'espèce *Helix aperta* (l'ovotestis et la glande a albumen ont été coupés). A droite : l'appareil reproducteur d'un individu de l'espèce *Helix aspersa*.....49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° I : Coefficients de variation (C.V) des douze paramètres mesurés chez les deux espèces <i>Helix aperta</i> et <i>Helix aspersa</i>	43
Tableau N° II : Test de corrélation entre les douze paramètres mesurés pour <i>Helix aperta</i>. * : corrélé (niveau de signification : = 0,05).....	46
Tableau N° III : Test de corrélation entre les douze paramètres mesurés pour <i>Helix aspersa</i>. * : corrélé (niveau de signification : = 0,05).....	47
Tableau IV : Comparaison des mesures des organes génitaux. Test t de Student (= 0,05). t : valeur t observée.....	48

Chapitre I: Introduction

Introduction

La morphométrie des organismes vivants et de leurs organes est très variable suite à la multitude des facteurs qui l'influencent. Cette variabilité s'applique à l'appareil reproducteur des deux espèces *Helix aperta* (Born, 1778) et *Helix aspersa* (Müller, 1774) qui sont des gastéropodes, pulmonés, terrestres. Ces derniers montrent des variations considérables de leurs histoires de vie suivant la diversité des habitats, la taille ou le stade de vie des individus (Heller, 2001).

Des différences de dimensions de certaines parties du tractus génital de populations de différentes localités ont été observées chez *Helix aspersa* (Madec & Guiller, 1994). De Vaufleury et Gimbert (2009) rapportent que la différence dans le comportement sexuel induit des différences dans la structure de l'appareil génital d'*Helix aperta*, ce qui est similaire à l'asynchronisme du développement du tractus génital d'*Helix aspersa* relaté par Bride & Gomot (1991). Madec (1989) suppose que les différences intra-populationnelles qu'il a constatées dans les dimensions de quelques organes génitaux d'*Helix aspersa* ont une origine génétique et non géographique.

Dès les années 80, plusieurs biologistes se sont intéressés à l'étude de la reproduction des Helicidae. Des données originales sur l'appareil reproducteur de ces derniers ont été publiées par Giusti & Lepri (1980). Une autre étude sur le même sujet a été publiée par Tompa (1984). Plusieurs articles ont rapporté la variabilité intra-spécifique élevée des organes génitaux des escargots terrestres, même au sein des populations (Exemple : 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*).

Le problème de discrimination entre les différentes espèces d'escargots comestibles n'est pas seulement d'intérêt scientifique mais aussi économique. Malgré que d'autres critères, tel que les dimensions ainsi que la physionomie de la coquille, peuvent contribuer à la classification des escargots terrestres en différents taxons, l'étude de la variabilité morphométrique de leurs organes génitaux reste utile dans le cas où les caractéristiques de la coquille sont très similaires entre les espèces étudiées. *Helix aperta* et *Helix aspersa* sont deux espèces d'escargots commercialisées, parce qu'elles sont utilisées dans la gastronomie. La chair de ces deux espèces est appréciée mais elle est différente en termes de qualité entre les deux, ce qui implique l'attribution de prix différents sur le marché mondial.

Eu égard aux intérêts déjà cités, et vu l'absence d'informations sur la variabilité des organes génitaux d'*Helix aperta*, sachant que cette dernière est une espèce rare, des études plus approfondies qui en traitent devraient avoir lieu.

La présente étude a pour dessein l'investigation de la variation biométrique intra et interspécifique de l'appareil génital au sein d'une population d'*Helix aperta* et d'une autre d'*Helix aspersa* originaires de Sidi Ahmed, un quartier de la ville de Bejaia, ainsi que la supposition des différents facteurs qui en sont responsables.

Chapitre II :

Synthèse bibliographique

Chapitre II : Synthèse bibliographique

2-1- Généralités sur les Helicidae

Les Helicidae, comme tous les gastéropodes, se déplacent en glissant sur un pied unique ventral, et souvent pourvus d'une coquille univalve enroulée en hélice (Guyard, 2009). La respiration chez les Helicidae est assurée par un poumon qui est une cavité très vascularisée (Gireaud, 2008). A l'instar des gastéropodes, les Helicidae sont caractérisés par une masse viscérale enroulée à l'intérieur de la coquille et se trouvant derrière la cavité palléale (Guyard, 2009).

2-1-1- La systématique

Embranchement :	Mollusques
Classe :	Gastéropodes
Sous-classe :	Pulmonés
Super Ordre :	Stylommatophores
Ordre :	Sigmurethra
Sous-ordre :	Holopoda
Super-famille :	Helicoïdae
Famille :	Helicidae (Müller, 1774) (Kerney et Cameron, 1979).

2-1-2- La morphologie

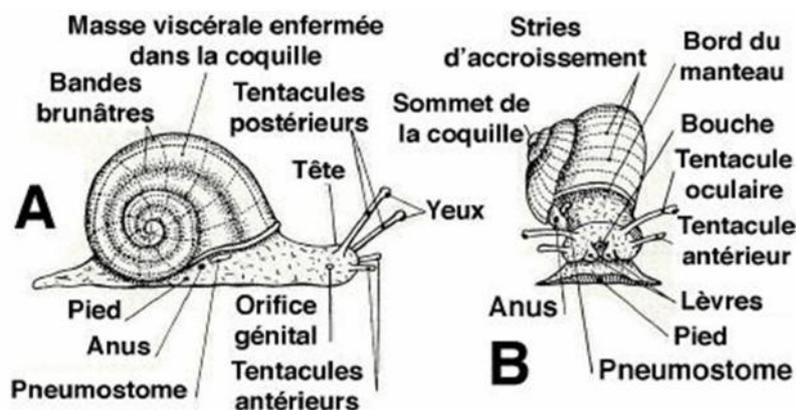


Fig. 1. Aspect extérieur de l'escargot. A. Vue de profil. B. vue de face (Guyard, 2009).

2-1-2-1- Le corps

Le corps des Helicidae, mou et visqueux en raison de la présence de mucus, est constitué de trois parties : la tête, le pied et la masse viscérale (Fig. 1) (Didier, 2006).

2-1-2-1-1- La tête

Elle comporte la bouche qui s'ouvre vers le bas et les organes des sens constitués de deux paires de tentacules (**Didier, 2006**). Les tentacules antérieurs, petits et renflés en bouton à leur extrémité, ont un rôle tactile et gustatif ; les tentacules postérieurs, les plus grands, également renflés au sommet, portent à leur extrémité un œil logé du côté externe et un organe olfactif (Fig. 1) (**Guyard, 2009**).

2-1-2-1-2- Le pied

Le pied est musculeux, large et plat (**Didier, 2006**). Il est en contact avec le sol par une surface plane, la sole pédieuse (Fig. 1). L'épiderme recouvrant cette sole sécrète un mucus abondant qui facilite la reptation et laisse une traînée brillante sur le sol après le passage de l'animal (**Guyard, 2009**).

2-1-2-1-3- La masse viscérale

La masse viscérale, dont la plus grande partie est enfermée dans la coquille, est enroulée en spirale (Fig. 1) (**Didier, 2006**). Elle est limitée en avant par le bord du manteau qui renferme la cavité palléale jouant le rôle d'un poumon. Un peu plus en arrière, on voit, à travers les téguments, le cœur, flanqué à droite du rein. Le rectum longe le bord du dernier tour de la masse viscérale et débouche près du pneumostome par l'anus. Le reste de la masse viscérale ou tortillon, correspondant aux premiers tours de la coquille, est occupé par l'hépatopancréas, la glande de l'albumine et, près du sommet, la gonade, ou ovotestis qui est une glande hermaphrodite (**Guyard, 2009**).

2-1-2-2- La coquille

La coquille des escargots est un squelette externe sécrété par la face dorsale et le bord libre du manteau. Elle est composée essentiellement de carbonate de calcium (**Gireuad, 2008**).

La coquille est formée d'une seule pièce (univalve), et résulte de l'enroulement en hélice d'un cône très allongé (Fig. 2). L'ouverture de la coquille est bordée par le péristome, et le sommet est l'apex. L'enroulement se fait autour d'un axe creux, la columelle ; cet axe débouche à l'extérieur près du péristome par un petit orifice, l'ombilic, encerclé par le dernier tour de la coquille. C'est autour de la columelle que s'attache le muscle rétracteur du pied ou muscle columellaire (**Guyard, 2009**).

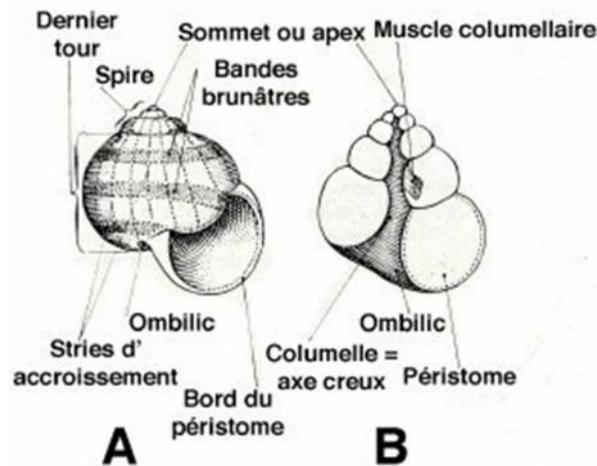


Fig. 2. Coquille de l'escargot. A. vue de face. B. coupe. (Guyard, 2009).

La coquille comporte de fines stries d'accroissement qui sont parallèles à son ouverture. L'escargot est capable de réparer sa coquille. Une fois que la croissance est terminée, le bord de la coquille s'épaissit (coquille bordée) (Didier, 2006).

D'après Gireaud (2008), La coquille est constituée de trois couches principales superposées :

- **le périostracum** ou **cuticule** : c'est la couche externe, elle est constituée de conchyoline, substance azotée à consistance cornée, et assure la protection des couches profondes. Les colorants pour la couleur de la coquille sont habituellement localisés dans cette partie.
- **l'ostracum** ou **couche des prismes** : c'est une couche moyenne, plus ou moins épaisse, constituée de calcite et de fibres de conchyoline.
- **la couche lamelleuse** ou **la nacre** : elle résulte de l'empilement régulier de lames de conchyoline et de lames calcaires. C'est la disposition feuilletée des lames qui donne les couleurs de la nacre.

Chaque espèce d'escargot possède une forme et une couleur de coquille spécifique. Ils font d'ailleurs partie des critères de classification des escargots (Gireaud, 2008).

2-1-3- Anatomie

D'après Guyard (2009), L'anatomie interne des Helicidae montre une dissymétrie remarquable qui résulte de modifications subies par la masse viscérale au cours du développement. D'après le même auteur, cela peut être schématisé ainsi :

- Tout d'abord, une flexion du tube digestif qui prend la forme d'un U, ses deux extrémités, bouche et anus, étant assez rapprochées.
- Puis, une torsion de la masse viscérale par rapport à la région céphalo-pédieuse ; cette torsion ramène en avant l'ouverture de la coquille et la cavité palléale, située primitivement en arrière. Le système nerveux présente également les traces de cette torsion, la chaîne nerveuse ventrale est alors croisée en X ou en 8.
- Enfin la masse viscérale s'enroule en hélice, provoquant ainsi l'atrophie des organes pairs se trouvant du côté adjacent à l'axe de torsion, tels l'oreillette et le rein.

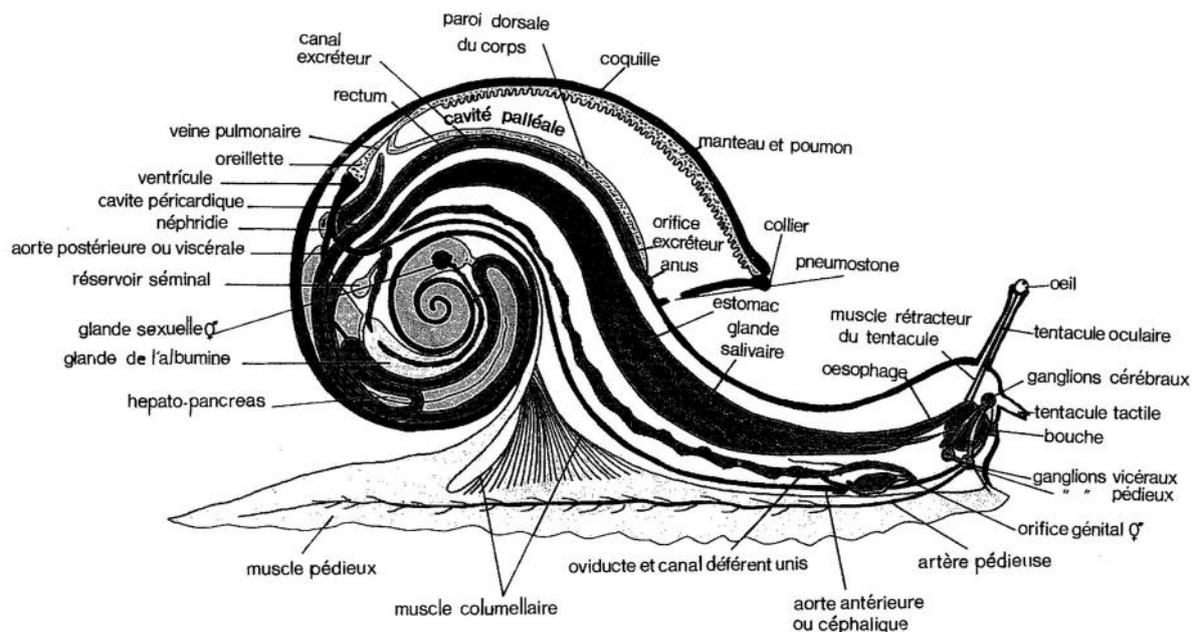


Fig. 3. Schéma de l'anatomie interne de l'escargot (James, 1904 in Aupinel *et al.*, 1990)

2-1-3-1- L'appareil génital

Chez les Helicidae, l'appareil génital est hermaphrodite. Cette particularité explique la complexité de l'appareil génital composé d'organes à la fois mâle et femelle (Aupinel *et al.*, 1990). Selon Aupinel *et al.*, (1990) et Guyard (2009), l'appareil génital comporte (Figs. 3 et 4) :

- Une gonade ou ovotestis, dans laquelle se forment les spermatozoïdes et les ovules, située près du sommet du tortillon;
- Un canal hermaphrodite servant à l'évacuation des gamètes ;
- Une glande de l'albumine qui fabrique les réserves vitellines de l'œuf ;
- Un spermoviducte où cheminent d'une part les spermatozoïdes et d'autre part les ovules.

A l'issue de ce canal, l'appareil génital se divise en deux voies :

- Le spermiducte aboutit à l'orifice génital par une partie terminale, le pénis. Ce dernier se prolonge postérieurement par une glande étroite et filiforme, la glande du fouet ; sur le pénis, s'attachent les muscles rétracteurs du pénis.
- L'oviducte débouche dans un vagin en forme de sac qui s'ouvre également à l'orifice génital ; au fond du vagin, la poche du dard sécrète le dard. Le vagin est flanqué d'une paire de glandes multifides, très ramifiées, sécrétant un mucus. Enfin, du vagin part un fin canal aboutissant à la bourse copulatrice.

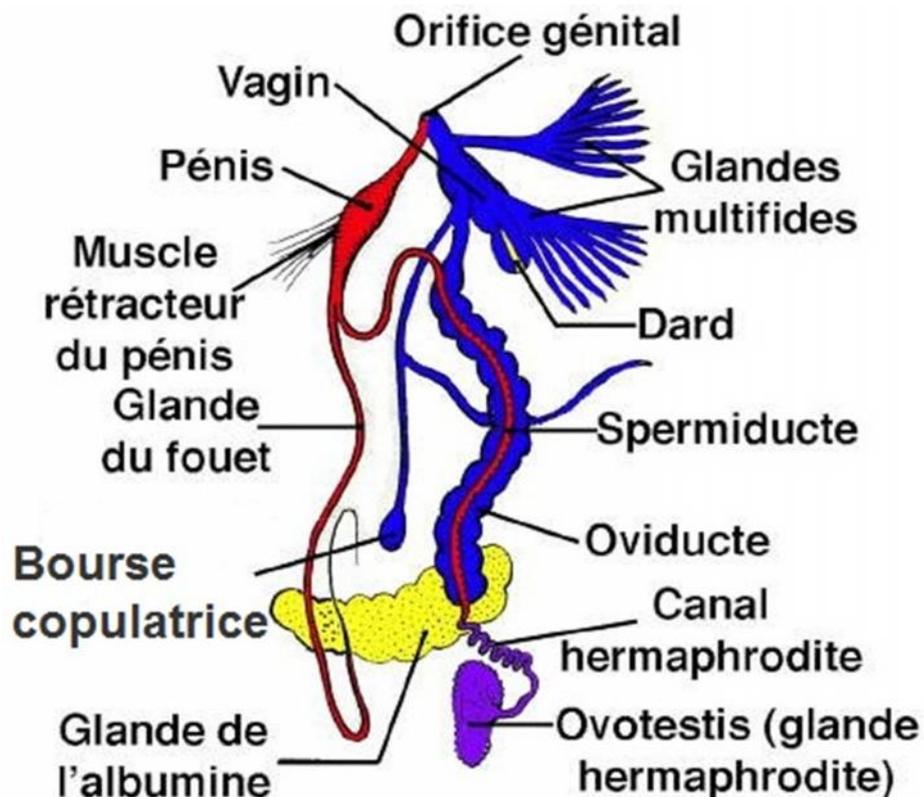


Fig. 4. Schéma représentant la morphologie de l'appareil reproducteur des escargots pulmonés terrestres (Guyard, 2009)

2-1-3-1-1- Le dard

- **La structure du dard**

Le dard est une lance calcaire tirée sur le corps du partenaire, chez plusieurs espèces d'escargots terrestres stylommatophores de la famille des Helicidae, pendant le courtisement qui précède la copulation réciproque chez ces hermaphrodites simultanés (Fig. 5) (**Leonard, 1992**). Le dard se compose d'un axe creux avec quatre lames perpendiculaires à celui-ci. Il possède une extrémité basique appelée la fusée et une deuxième extrémité pointue (Fig. 6) (**Hunt, 1979**). La production ou la régénération du dard, chez *Helix aspersa*, prend approximativement six jours. Sa forme qui est spécifique à l'espèce est souvent utilisée par les malacologues pour distinguer les espèces étroitement liées (**Dillaman, 1981 ; Tompa, 1984**).

- **La fonction du dard**

L'emploi du dard constitue une composante insolite du comportement sexuel de certaines espèces d'Helicidae. Plusieurs hypothèses sont émises concernant la fonction du dard :

Selon **Leonard (1991, 1992)**, le dard agit comme un stimulus mécanique de la fécondation. Il stimule le comportement mâle (plutôt que le comportement femelle) dans les deux partenaires tireur et receveur.

Les résultats de l'étude menée par **Koene (1998)** démontrent que l'action du dard ne constitue pas seulement un simple apport de calcium parce qu'il est rarement incorporé par le récipiendaire et parce qu'il ne contient qu'une petite quantité de calcium. Cependant, la plupart des dards qui sont utilisés perforent la peau et entrent en contact avec l'hémolymphe. Le mucus qui est produit par les glandes digitiformes et recouvre le dard contient une substance qui affecte les organes reproducteurs. L'effet observé suggère que, lorsque le dard est reçu, davantage de sperme est emmagasiné par le récepteur. L'auteur conclut que l'escargot se sert de son dard pour transférer une substance dans le partenaire, afin de moduler le stockage du sperme reçu.



Fig. 5. Le dard de l'escargot *Helix aspersa* (Gireaud, 2008)

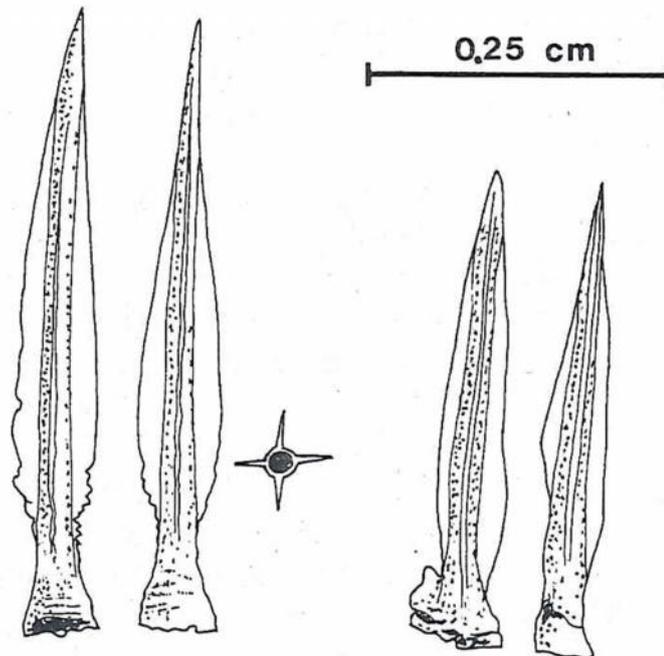


Fig. 6. Dessin schématique d'un dard calcaire chez l'escargot naticoïde *Helix aperta* (Giusti et Andreini, 1988)

2-1-3-2- L'appareil respiratoire

La respiration chez les Helicidae est assurée par un poumon qui est une cavité très vascularisée (Fig. 3). L'orifice pulmonaire appelé pneumostome, permettant l'entrée et la sortie de l'air, est situé sur le côté droit de l'animal, sous la coquille (**Gireaud, 2008**).

2-1-3-3- L'appareil circulatoire

Le cœur est situé juste en arrière de la cavité palléale (Fig. 3). La dissymétrie résultant de l'enroulement en hélice de la masse viscérale a fait disparaître une oreillette. Du ventricule se détache une artère se divisant en deux : l'aorte antérieure qui donne une artère salivaire, une branche génitale et une branche palléale ; et l'aorte postérieure se ramifie surtout dans l'hépto-pancréas (**Guyard, 2009**).

Le sang, ou hémolymphe, contient un pigment particulier, l'hémocyanine (pigment respiratoire contenant du cuivre, caractéristique des gastéropodes et des céphalopodes). Il est incolore sous sa forme désoxydée et bleu intense sous sa forme oxydée (**Aupinel et al, 1990**).

2-1-3-4- L'appareil digestif

L'appareil digestif des Helicidae est constitué de la bouche qui est bordée par une lèvre inférieure et deux latérales. En écartant les lèvres, on observe la mâchoire en forme de croissant. A l'intérieur de la bouche, se trouve une langue, appelée radula, constituée de plusieurs milliers de denticules ordonnées en rangées parallèles (Fig. 3) (**Désiré et Villeneuve, 1962**).

La bouche donne accès dans un bulbe buccal ou pharynx. De ce dernier, le tube digestif se continue vers l'arrière par un œsophage qui se renfle ensuite en jabot conduisant à une poche sphérique, l'estomac, entouré par l'hépto-pancréas (Fig. 3). La mastication est facilitée par une salive abondante fournie par deux glandes salivaires allongées de part et d'autre de l'œsophage et du jabot. L'intestin, long, revient vers l'avant pour former un rectum qui débouche par l'anus près du pneumostome (**Guyard, 2009**).

2-1-3-5- Le système nerveux

La partie principale du système nerveux est un collier œsophagien situé en arrière du bulbe buccal (Fig. 3). Ce collier porte un certain nombre de ganglions qui sont :

- Une paire de ganglions cérébroïdes dorsaux.

- Une masse ganglionnaire ventrale formée par la juxtaposition de plusieurs ganglions.

Des nerfs partant de ces ganglions ventraux et se ramifient dans la masse viscérale, d'autres partant des ganglions cérébroïdes et se rendent aux organes de sens de la tête (**Désiré et Villeneuve, 1962**).

2-1-4- Activité au cours de l'année

L'escargot présente des phases d'activité et d'inactivité saisonnières et journalières. L'activité des Helicidae est préférentiellement nocturne. Comme tous les mollusques, l'escargot est un poïkilotherme (animal à sang froid). Il s'est adapté aux variations thermiques saisonnières en développant des rythmes d'activité annuels marqués par deux états physiologiques : le premier, représenté par l'hibernation ou l'estivation, se caractérise par un ralentissement du métabolisme et intervient lors des températures basses (inférieures à 7°C) ou élevées (supérieures à 27°C), ou lorsque l'humidité relative (Hr) est en-deçà de son optimum (75-95 % Hr). Le deuxième se caractérise par une reprise de l'activité locomotrice, le déclenchement de la croissance des jeunes et la reproduction des adultes (**Charrier et Daguzan, 1980 ; Chevalier, 1982 ; Aupinel et al, 1990**). Pendant la vie ralentie, un épiphragme calcaire peut fermer l'ouverture de la coquille (**Guyard, 2009**).

2-1-5- La reproduction

Les Helicidae sont des espèces hermaphrodites. Néanmoins, cet hermaphrodisme est protérandrique (**Gireaud, 2008**). L'autofécondation n'a été que très rarement constatée chez les espèces du genre *Helix* alors qu'elle existe chez les limaces et les achatines (**Madec, 1989**).

2-1-5-1- Formation des gamètes

Les escargots du genre *Helix* montrent un cas d'hermaphrodisme à maturation asynchrone des gonocytes mâles et femelles. Ces gastéropodes sont munis d'un ovotestis qui est une glande hermaphrodite produisant à la fois des spermatozoïdes et des ovules (**Guyard, 1971**).

2-1-5-1-1- La spermatogenèse

Dès l'âge de deux mois, les premières divisions des spermatogonies se déroulent dans la gonade du jeune escargot (**Bride et Griffond, 1981**).

La durée de la spermatogenèse est de 30 à 32 jours (**Block et Hew, 1960**). La cellule souche se divise et donne naissance à une cellule fille: la protogonie. La grande spermatogonie issue de la protogonie va se diviser quatre ou cinq fois pour donner des petites spermatogonies. Puis chaque spermatogonie va subir un accroissement qui la transforme en spermatocyte de 1^{er} ordre. Cette dernière cellule va subir une méiose pour aboutir à un spermatocyte de 2^{ème} ordre. Chaque spermatocyte II va évoluer en une spermatide qui évoluera en spermatozoïde, le gamète mâle qui sera capable de féconder l'ovule (**Guyard, 1971**).

Chez les Helicidae, la spermatogenèse s'interrompt durant les périodes d'hibernation et d'estivation (**Perrot, 1937; Lind, 1973**).

2-1-5-1-2- L'ovogenèse

La cellule à destin femelle se différencie à partir d'une cellule souche dont la cellule fille peut être appelée protogonie ou ovogonie (Ø 10 µm). Cette dernière, après accroissement, division et différenciation, se déroulant en six stades, donnera un ovocyte vitéllogénique (120 x 200 µm) (**Guyard, 1971 ; Griffond et Bolzoni-Sungur, 1986**). Dans chaque tubule de la gonade cohabiteront désormais les cellules mâles en position médullaire et les ovocytes accolés contre la paroi (**Guyard, 1971**).

2-1-5-2- L'accouplement

Lorsque les deux escargots se rencontrent, tous les deux se livrent à une danse nuptiale : ils se flairent, se caressent et se mordillent (Fig. 7). Au moment de l'accouplement, les deux individus sont accolés par le côté antérieur et en position tête-bêche, ils cherchent à se pénétrer mutuellement, et cette introduction réciproque se prolonge jusqu'à l'écoulement du sperme (**Gomot et Enée, 1980**).

La parade dure une à quatre heures chez *Helix aspersa*. Elle débute par un contact labial et céphalique qui est accompagné de mouvements de la radula et morsures par intermittences (**Chung, 1986**).

Un phénomène intéressant se déroulant pendant l'accouplement est celui du tir de dard calcaire par l'un ou les deux associés (**Garofalo et al., 2001**).

L'accouplement chez les Helicidae passe par trois étapes : l'introduction, le tir de dard et la copulation (**Adamo et Chase, 1996**).



Fig. 7. Escargots *Helix pomatia* au cours de la parade nuptiale (Gireaud, 2008)

2-1-5-2-1- L'introduction

Les deux escargots échangent les stimulations par le croisement fréquent des tentacules, et un contact réciproque des lèvres (**Giusti et Andreini, 1988**). Pendant le temps où ce comportement ait lieu, l'oreillette génitale, qui est normalement interne, est lentement renversée par le pore génital et devient évidente comme un bombement blanc du côté droit de la tête. Ceci est désigné sous le nom de l'éversion génitale qui expose les ouvertures génitales mâle et femelle, mais l'organe reproducteur mâle est encore à l'intérieur de l'animal (**Adamo et Chase, 1996**). Ensuite les deux escargots se positionnent de façon à ce que leurs organes de contact se rencontrent. Le contact réciproque implique maintenant non seulement les tentacules et les lèvres mais aussi les organes de contact (**Giusti et Andreini, 1988**).

2-1-5-2-2- Le tir de dard

Le tir de dard est une caractéristique remarquable et inexplicée de la biologie des escargots terrestres. Juste avant la fécondation, la pression hydraulique s'accumule dans le

sinus de sang entourant l'organe logeant le dard, celui-ci est alors tiré et la fécondation commence (Adamo et Chase, 1996).

2-1-5-2-3- La copulation

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 (Breucker, 1964). Puis le pénis est sailli (éversion) et introduit dans le vagin du receveur : il y dépose le spermatophore qui sera emmagasiné dans le réceptacle séminal (spermathèque) jusqu'à la maturation des ovules (Guyard, 1971). Les deux individus se séparent après 4 à 12 heures (Fig. 8) (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. 8. Posture d'accouplement chez *Cornu aspersum aspersa* Müller (Franck Buron-Musseau)

2-1-5-3- La fécondation

La rencontre des gamètes s'effectue dans la chambre de fécondation, qui est rattachée à l'extrémité distale du canal hermaphrodite (Fig. 4). 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**). L'escargot peut stocker le sperme reçu pendant une année, mais il pond habituellement des œufs quelques semaines après la fécondation (**Gomot et Enée, 1980**).

2-1-5-4- Formation de l'œuf

2-1-5-4-1- Formation de l'albumen de l'œuf

L'élaboration de l'albumen de l'œuf s'effectue au niveau de la glande à albumen (Fig. 4) (**Enée, 1980**). La taille de cet organe peut être très variable selon la période du cycle reproducteur (**Tompa, 1984**).

2-1-5-4-2- 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**).

2-1-5-5- Ponte, incubation et éclosion des œufs

Quinze à vingt jours après l'accouplement, l'escargot va creuser un trou de 3 à 4 cm de profondeur dans une terre meuble et suffisamment humide, pour pouvoir y pondre ses œufs (**Basinger, 1931 ; Gireaud, 2008**). 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**). D'après **Herzberg et Herzberg (1962)**, l'escargot pond ses œufs un par un (Fig. 9), et 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. Plusieurs dizaines d'œufs sont pondus dans des trous que l'escargot creuse dans le sol puis rebouche (**Didier, 2006**). D'après **Madec (1989)**, un escargot peut pondre plusieurs fois dans la saison (moyenne : 2 fois ; maximum : 8). Le développement dure trois semaines, et l'éclosion des œufs donne naissance à de minuscules escargots à coquille transparente dont le mode de vie est identique à celui des adultes (**Didier, 2006**).



Fig. 9. Un escargot de l'espèce *Helix aspersa* pondant ses œufs (Gireaud, 2008)

2-1-5-6- Contrôle endocrinien de la reproduction chez les Helicidae

Une fonction endocrine a été détectée au niveau des tentacules céphaliques et de l'ovotestis chez les Helicidae (Griffond *et al.*, 1992).

La spermatogenèse est induite par des facteurs humoraux. Les organes effecteurs de ces facteurs masculinisants se trouvent dans le cerveau et les tentacules oculaires (Guyard, 1971).

L'ovogenèse 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).

2-1-5-7- Influence des conditions environnementales sur la reproduction des Helicidae

2-1-5-7-1- Influence de la photopériode

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.

Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009) rapportent que les escargots de l'espèce *Helix aperta* élevés sous de longues photopériodes (16h de jour) ont eu un nombre plus élevé d'accouplements et de pontes, et une plus longue période de reproduction. En revanche, les escargots élevés sous de courtes photopériodes (8h de jour), ont eu une reproduction moins performante.

Par contre, **De Vaufleury et Gimbert, (2009)** relatent que les escargots adultes de l'espèce *Helix aperta* récoltés du nord ouest de la Tunisie, à la fin de l'été se reproduisent (accouplement et ponte) lorsqu'ils sont transférés en élevage en jours courts (8h de jour) et à 20 °C.

2-1-5-7-2- Influence de la température

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.

Tafoughalt-Benbellil *et al.* (2009) ont démontré que les escargots de l'espèce *Helix aperta* élevés à 20°C avaient une reproduction plus importante (durée des accouplements et des pontes) et plus massive (nombre d'accouplements et de pontes) comparés à ceux élevés sous 15°C de température.

2-1-5-7-3- 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.

Le travail de **Tafoughalt-Benbellil *et al.*, (2009)** sur *Helix aperta* a révélé aussi une certaine interaction entre photopériode et température sur l'activité reproductrice (durée de

l'activité reproductrice, nombre d'accouplements et de pontes) avec un effet prédominant de la photopériode.

2-1-5-7-4- Influence de l'alimentation

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)** démonte qu'un apport minéral de CaCO₃ multiplie par deux la production d'œufs.

2-1-5-7-5- Influence de la durée d'hibernation

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.

2-1-6- La croissance

La taille à maturité, chez les ectothermes, est le produit du taux de croissance corporelle 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**).

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**).

2-1-6-1- Influence de la photopériode

L'effet de la durée de la photopériode sur la croissance des gastéropodes est très variable. **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).

D'après le travail de **Tafoughalt-Benbellil et al., (2009)** sur l'espèce *Helix aperta*, seule la température, pas la photopériode, a eu des effets significatifs sur la croissance corporelle. Après une période de 23 semaines d'élevage, et sous des photopériodes différentes (16h et 8h de jour), le poids moyen des animaux était environ 14g à 20°C, et 8g à 15°C.

Contrairement à ce qui est mis en évidence expérimentalement pour l'espèce *Helix aspersa*, **De Vaufleury et Gimbert, (2009)** rapportent, suite à leur étude des escargots *Helix aperta* récoltés en Tunisie, que la croissance des escargots est inhibée par une photopériode de jours longs (18h lumière/jour) et stimulée par celle des jours courts (8h lumière/jour).

2-1-6-2- Influence de la température

Dans plusieurs groupes d'ectothermes, la température est indiquée comme le facteur majeur immédiat expliquant la variation dans les taux de croissance et le développement du tractus génital (**Smith-Gill et Berven, 1979; van der Have et de Jong, 1996; Jarošík et al., 2004**). **Tafoughalt-Benbellil et al., (2009)** rapportent que la croissance et le temps du développement, des escargots juvéniles de l'espèce *Helix aperta*, étaient plus rapides à 20°C qu'à 15°C.

2-1-6-3- Interférence entre la température et la photopériode

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, ce qui montre une influence interactive de la température et de la photopériode sur la croissance.

En revanche, d'après **Tafoughalt-Benbellil et al., (2009)**. Il n'y a pas une influence interactive significative de la température et de la photopériode sur la croissance des jeunes escargots de l'espèce *Helix aperta*.

2-1-7- Variation du cycle de vie chez les Helicidae

Le cycle de vie d'*Helix aspersa* est extrêmement variable. Sa durée, généralement comprise entre deux et quatre ans (**Adam, 1960 ; Charrier, 1980**), peut considérablement se

prolonger dans un environnement défavorable, ceci étant dû au passage obligé des escargots par une longue hibernation et surtout, dans les milieux à été chaud et sec, par une longue estivation.

Ce ne sont cependant pas plus les variations macroclimatiques que celles du microclimat, qui déterminent l'allure de ce cycle. Les résultats de **Potts (1972) et Daguzan (1985)** indiquent qu'un ou plusieurs arrosages journaliers suffisent pour supprimer l'estivation qui se produirait en Californie et au Portugal. Ainsi, deux populations voisines, l'une vivant dans un milieu sauvage, l'autre dans un jardin régulièrement entretenu, seront caractérisées par des cycles de développement dont la durée peut considérablement varier, et une reproduction des adultes pouvant varier dans les mêmes proportions.

Au niveau intrapopulationnel, une même population peut être composée d'individus 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**). Il faut également insister sur le rôle déterminant joué par la densité et sur la cinétique démographique d'une population. L'analyse de ces effets sur une population de *Cepea nemoralis* réalisée par **Oosterhoff (1977)** semble tout à fait applicable au cas d'*Helix aspersa* (Fig. 10).

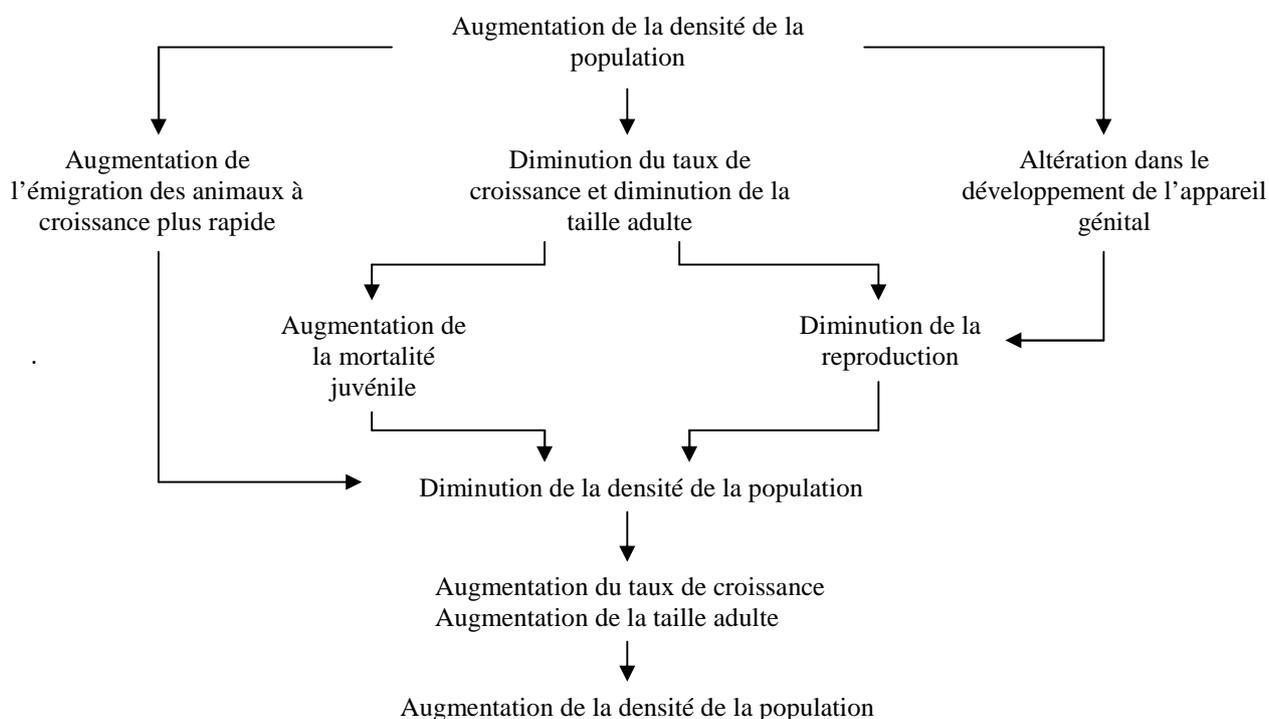


Fig. 10. Mécanismes de régulation du nombre d'individus dans une population de *Cepaea nemoralis* (D'après Oosterhoff, 1977)

2-2- Présentation d'*Helix aperta*

2-2-1- Place taxonomique et description

Embranchement :	Mollusques
Classe :	Gastéropodes
Sous-classe :	Pulmonés
Super Ordre :	Stylommatophores
Ordre :	Sigmurethra
Sous-ordre :	Holopoda
Super-famille :	Helicoïdae
Famille :	Helicidae
Sous-famille :	Helicinae
Genre :	<i>Helix</i>
Espèce :	<i>Helix aperta</i> (Born, 1778) (Kerney et Cameron, 1979).

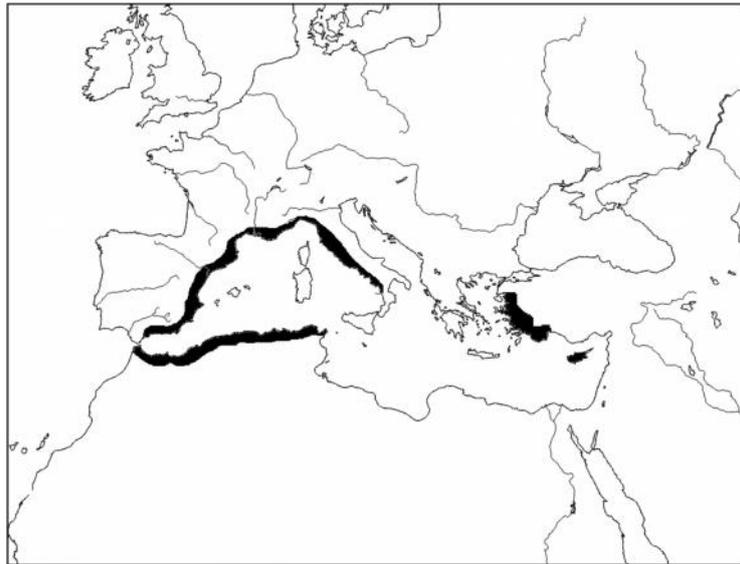
Helix aperta (Born, 1778), synonyme de *Cantareus apertus* ou *Helix naticoides*, est un animal terrestre phytophage se nourrissant de plantes herbacées et arborescentes. Il possède une coquille globuleuse (hauteur : 24 -30 mm, diamètre : 22- 28 mm), caractérisée par un aspect ridé, généralement d'une couleur brun verdâtre plus ou moins foncée (Fig. 11). Elle possède plusieurs bandes spirales fines. Le dernier tour est très large, arrondi, légèrement tourné vers le bas, avoisinant l'ouverture. On la retrouve à des altitudes inférieures à 900 m (**Germain, 1930; Germain, 1931 ; Ktari & Rezig, 1976; Cesari, 1978; Rezig, 1979; Giusti et al., 1995 ; Kerney et Cameron, 1999**).



Fig. 11. *Helix aperta* (individu adulte) (Tafoughalt-Benbellil, 2009)

2-2-2- Répartition géographique

La répartition géographique de cette espèce correspond pratiquement à une aire Méditerranéenne (Fig. 12). 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 & Cameron, 1979; Schütt, 2001**).



**Fig. 12. Distribution géographique de l'espèce *Helix aperta*
(Selon Kerney & Cameron, 1979)**

2-2-3- La reproduction

La reproduction d'*Helix aperta* n'est que très peu étudiée. Comme tous les helicidae, c'est une espèce hermaphrodite protandre, mais l'autofécondation n'a jamais été observée. **Giusti & Andreini (1988)** constatent que les individus de cette espèce, collectés près d'Orbetello et de Castelnuovo Berardenga (Sienne, Toscane) et maintenus au laboratoire pour des observations continues, s'accouplent préférentiellement de début octobre à mi-décembre.

2-2-3-1- L'appareil génital

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 & Rezig, 1976**). Selon **Ktari & Rezig (1976)**, le tractus génital de cette espèce est étroitement comparable avec celui de *Cornu aspersum*.

D'après **Giusti & Andreini (1988)** l'appareil génital d'*Helix aperta* (Fig. 13) est constitué de :

- Une gonade hermaphrodite (ovotestis) : dans laquelle les spermatozoïdes et les œufs sont produits.
- Un canal hermaphrodite (le canal de l'ovotestis) : qui est une vésicule séminale servant à emmagasiner l'autosperme.
- [Le complexe de poche de fécondation+ les réceptacles séminaux (spermathèque)] = serre.
- Une poche de fécondation : Dans laquelle les œufs sont ultérieurement fécondés par l'allosperme.
- La spermathèque : est composée d'un ou de plusieurs sacs fonctionnant comme des réceptacles d'allosperme après la copulation.
- La glande à albumen : est une structure assez développée qui se relie à la serre.
- Le spermoviducte : où les portions prostatique et utérine s'allongent côte à côte.
- Le complexe de la glande gamétolytique: composé d'un canal qui bifurque en un long diverticulum et au canal de la glande gamétolytique.
- La glande gamétolytique (la bourse copulatrice) : une structure qui digère l'excès de spermatozoïdes ou ceux immobiles reçus par le partenaire grâce à un spermatophore.
- Le vagin : est un court canal se terminant côte à côte avec le pénis dans le pore génital.
- Les glandes multifides (digitiformes) : sont plusieurs touffes de tubules minces.
- Le sac à dard : c'est un diverticule en forme de bouteille qui produit le dard.
- Le dard d'*Helix aperta* est mince et long, apparaissant comme une lance. Il possède quatre ailes latérales. Sa section transversale ressemble à une croix.
- Le vas déférent : est un long et mince canal qui sort de la partie prostatique du spermoviducte, et se termine dans l'épiphallus.
- Le flagellum : est un diverticule tubulaire, moyennement long, qui se termine au point de rencontre du vas déférent et de l'épiphallus. Le flagellum sécrète la queue du spermatophore pendant l'accouplement.
- L'épiphallus : se termine au point de rencontre du muscle rétracteur et du pénis. Il sécrète la tête du spermatophore.
- Le pénis : qui s'accroît à partir de l'épiphallus.
- L'orifice génital : contenant un pli qui est petit pendant la vie normale, mais élargi et sujet à l'éversion durant les préliminaires et l'accouplement. Chez *Helix aperta*, ce pli a l'allure d'une langue avec un côté antérieur concave.

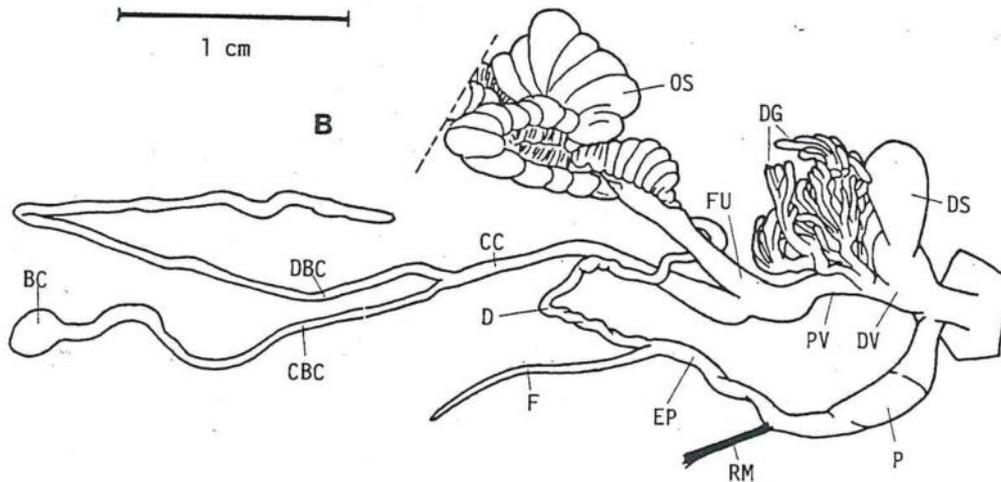


Fig. 13. Dessin de l'appareil génital d'*Helix aperta* (Giusti et Andreini, 1988)

Légende de la Fig. 13. :

Dans le dessin de l'appareil reproducteur de la figure 12 : l'ovotestis, le canal hermaphrodite, la glande à albumen et une part du spermoviducte ne sont pas représentés.

BC : bourse copulatrice ; CBC : canal de la bourse copulatrice ; CC : canal de copulation ; D : vas déférent ; DBC : diverticulum de la bourse copulatrice ; DG : glandes digitiformes ; DS : sac à dard ; DV : vagin distal ; EP : épiphallus ; F : flagellum ; FU : utérus ; P : pénis ; PV : vagin proximal ; RM : muscle rétracteur ; OS : spermoviducte.

2-2-3-2- La variation morphologique de l'appareil reproducteur d'*Helix aperta*

D'après **De Vaufleury & Gimbert (2009)**, 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. Ils rapportent également que le tractus génital d'un individu de type femelle (mesurant en moyenne 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. 14).

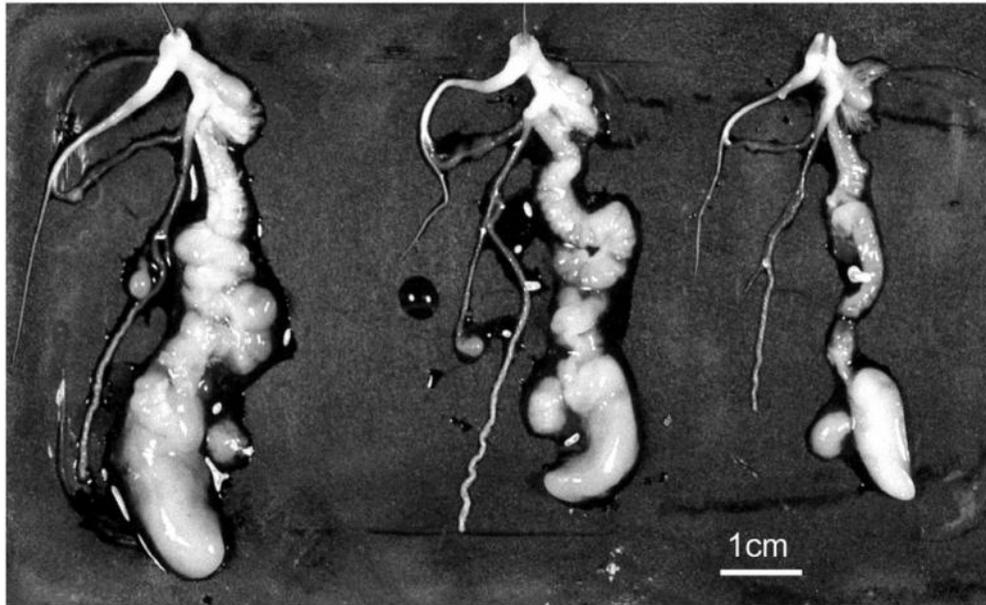


Fig. 14. Appareil génital d'*Helix aperta* au moment des accouplements. A gauche le tractus d'un individu de type femelle, à droite celui d'un individu de type mâle (de Vaufleury & Gimbert, 2009)

2-3- Présentation d'*Helix aspersa*

2-3-1- Place taxonomique et description

Embranchement :	Mollusques
Classe :	Gastéropodes
Sous-classe :	Pulmonés
Super Ordre :	Stylommatophores
Ordre :	Sigmurethra
Sous-ordre :	Holopoda
Super-famille :	Helicoïdae
Famille :	Helicidae
Sous-famille :	Helicinae
Genre :	<i>Helix</i>
Espèce :	<i>Helix aspersa</i> (Müller, 1774) (Kerney et Cameron, 1979).

L'escargot terrestre *Helix aspersa*, synonyme de *Cornu aspersum* ou *Cantareus aspersus*, possède une coquille d'une hauteur de 25-35 mm, et d'un diamètre de 25-40 mm, avec 4,5 à 5 tours de spires. Sa couleur est généralement brune plus ou moins pâle (Fig. 15). Cette espèce se trouve dans des habitats très variés. Elle est souvent associée à l'homme, dans les jardins et parcs, mais elle peut aussi se rencontrer dans des milieux dunaires, les bois, les rochers ou les haies (**Kerney et Cameron, 1999**).



Fig. 15. *Helix aspersa* (individu adulte)

2-3-2- Répartition géographique

Originaire du pourtour méditerranéen, l'escargot *Helix aspersa* se trouve également dans la région atlantique européenne, du Portugal jusqu'en Ecosse (Chevalier, 1977 ; Kerney et Cameron, 1999). Ses qualités gastronomiques font qu'elle se trouve dans de nombreuses régions anthropisées, comme l'Afrique, l'Océanie et l'Amérique (Fig. 16) (Chevalier, 1977).

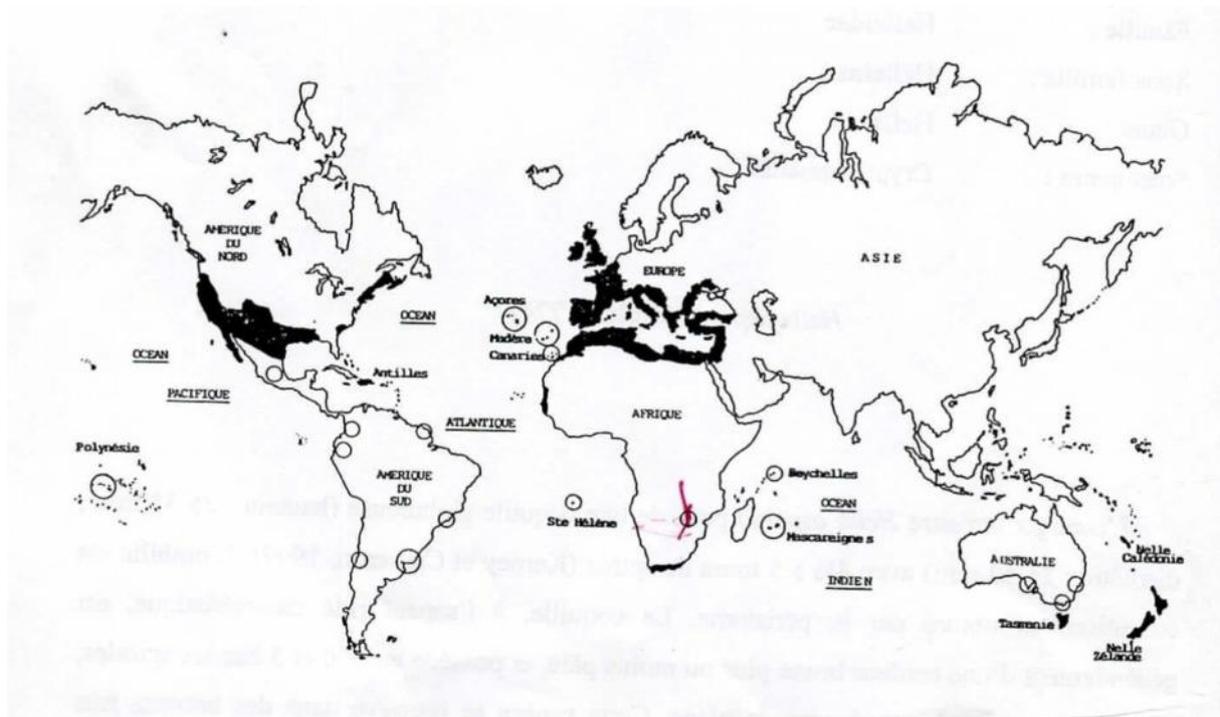


Fig. 16. Distribution géographique de l'espèce *Helix aspersa* (Madec, 1989)

2-3-3- La reproduction

Helix aspersa est une espèce hermaphrodite protandre, la fécondation croisée étant le mode normal de reproduction de l'espèce. La période et le cycle de reproduction sont fonction de la localisation géographique des animaux, et notamment des facteurs température, humidité relative et photopériode. En milieu océanique, la période de reproduction s'étend d'avril à juillet et peut se prolonger de manière facultative jusqu'à octobre. Par contre, en milieu méditerranéen semi-aride, la reproduction se divise en deux périodes, entre octobre et décembre d'une part, et entre février et avril d'une autre part (Madec, 1989).

2-3-3-1- L'appareil reproducteur

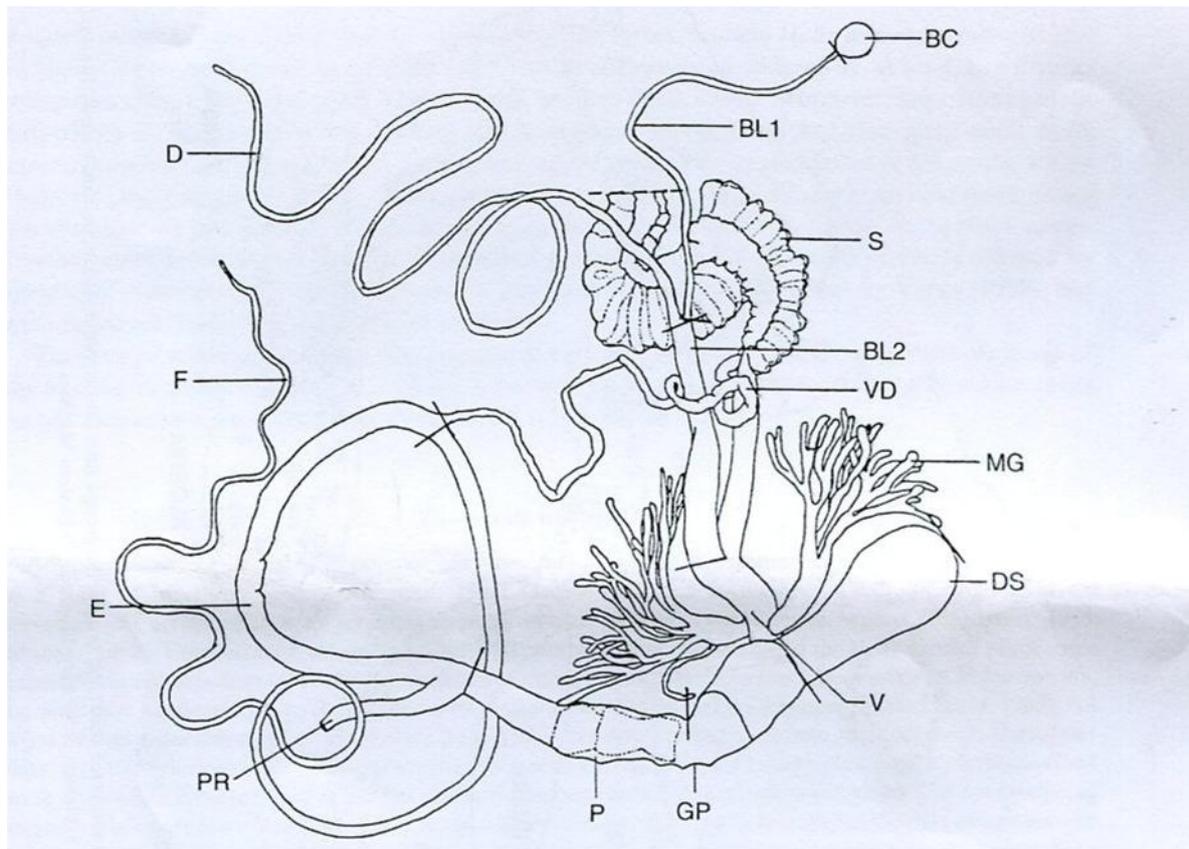


Fig. 17. L'appareil génital d'*Helix aspersa* (Madec et Guiller, 1994)

Légende de la Fig. 17. :

BC : bourse copulatrice ; BL1, BL2 : canal de la bourse copulatrice ; D : diverticulum ; DS : sac à dard ; E : épiphallus ; F : flagellum ; GP : pore génital ; MG : glandes digitiformes ; P : pénis ; PR : muscle rétracteur pénien ; S : spermoviducte ; V : vagin ; VD : vas déférent. (La gonade et une part du spermoviducte n'y sont pas représentés).

2-3-3-2- La variation biométrique et morphologique de l'appareil reproducteur d'*Helix aspersa* :

Madec et Guiller (1994) ont constaté, chez des individus d'*Helix aspersa* échantillonnés au nord africain, une variation biométrique des organes génitaux en allant de l'est vers l'ouest. Les escargots du Maghreb de l'est étaient caractérisés par des organes génitaux de plus petites dimensions par rapport à ceux de l'ouest maghrébin.

L'étude réalisée par **Bride et Gomot (1990)**, sur des individus de l'espèce *Helix aspersa*, a montré que la population peut être divisée en deux sous-ensembles dont l'évolution est caractérisée par un asynchronisme du développement du tractus génital. Les premiers présentent un murissement rapide du type femelle, les autres donnent des adultes au stade mâle. **Bride et Gomot (1990)** ont remarqué que chez des partenaires sexuels de même poids, le tractus génital peut être jusqu'à trois fois moins développé chez l'un que chez l'autre.

Madec (1989) a constaté des différences intra-populationnelles dans les dimensions de quelques organes génitaux des individus *Helix aspersa* originaires d'Alger. D'après ce chercheur, cette variabilité phénotypique ne semble liée ni à l'âge ni à l'état physiologique de l'animal, pas plus qu'à son origine géographique, mais il est possible qu'elle ait une origine génétique.

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes

3-1- Matériel utilisé

Dans notre étude, nous avons utilisé le matériel suivant :

- **Une balance électronique (Max : 600g ; d = 0,01g)**

Utilisée pour peser les individus (Fig. 18).



Fig. 18. La balance électronique au laboratoire d'écologie

- **Un pied à coulisse**

Le diamètre et la longueur des coquilles des escargots ont été mesurés à l'aide de cet outil (Fig. 19).



Fig. 19. Pied à coulisse

- **Le chlorure de magnésium ($MgCl_2 \cdot 6 H_2O$)**

Il sert d'anesthésie pour l'animal avant chaque dissection.

- **Trousse à dissection**

Elle a été utilisée dans la dissection des escargots, et l'extraction des appareils reproducteurs (Fig. 20).



Fig. 20. Trousse à dissection

Elle comporte douze instruments, les plus utilisés dans notre travail sont les suivants :

- ✓ **Ciseaux fins 11cm :**

Instrument de dissection permettant de découper le tégument de l'animal, et les différents tissus qui retiennent l'appareil génital (Fig. 21).



Fig. 21. Ciseaux fins 11 cm

✓ **Deux pinces fortes 14 cm :**

Utilisées pour ôter progressivement les différentes parties de l'appareil génital et à manipuler ce dernier pendant le mesurage (Fig. 22). Elles servent aussi à enlever la coquille de l'escargot.



Fig. 22. Pince forte 14 cm

✓ **Aiguille-pointe lancéolée :**

Elle nous a permis de séparer les différentes parties, de l'appareil géniteur, alliées par des tissus conjonctifs (Fig. 23).



Fig. 23. Aiguille-pointe-lancéolée

- **Boîte de Perti**

Utilisée pour y mettre l'animal pendant la dissection.

- **Des épingles et une patte à modeler**

Une couche de patte à modeler est étalée dans la boîte de Petri, et à l'aide de deux épingles, l'animal sera fixé dessus.

- **Une feuille millimétrique**

Elle est utile pour mesurer les différentes parties de l'appareil génital.

- **Une loupe**

Elle facilite l'observation des organes reproducteurs pendant le mesurage, notamment ceux de petites dimensions.

3-2- Méthodologie

3-2-1- Travail du terrain

3-2-1-1- Récolte des échantillons

Des individus adultes (ceux qui possèdent une coquille bordée) des deux espèces ont été récoltés au hasard, sans suivre une méthode de prospection précise, de populations naturelles se trouvant à la ville de Bejaia. Un seul échantillon est collecté pour chacune des deux espèces. L'effectif de chacun des deux échantillons est de trente. La collecte des individus des deux espèces a eu lieu pendant la fin du mois de janvier 2014, et a duré 6 jours.

3-2-1-1-1- Localisation de la station d'échantillonnage

La station se situe à Sidi Ahmed, un quartier se trouvant à la ville de Bejaia (Fig. 24).



Fig. 24. Carte de localisation du site d'étude

 : Station d'échantillonnage

Les coordonnées géographiques de la station, correspondant au point rouge sur la photo satellite de la figure n° 18, sont : 36°45'35,77''N, 5°04'37,93''E.

3-2-1-1-2- Description de la station d'échantillonnage

3-2-1-1-2-1- Données climatiques

Les données climatiques suivantes proviennent de la station météorologique de Bejaia.

La région de Bejaia présente un climat de type méditerranéen. D'après le climagramme d'Emberger, on peut situer cette région dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud.

➤ Les températures

La température annuelle moyenne à Bejaia durant la période 1978-2012 est de 18,18 °C. Les mois les plus froids, correspondant à la saison hivernale, sont ceux de janvier et de février avec respectivement des températures moyennes égales à 11,96 ° C et 12,22 ° C. Les températures minimales moyennes pour ces deux mois sont de 7,44 °C pour janvier et 7,54 ° C pour février. Juillet et août, correspondant à la saison estivale, sont les mois les plus chauds avec des températures moyennes de 24,96 ° C et 25,72 ° C respectivement. Les températures maximales moyennes pour ces deux mois sont de 29,53°C pour juillet et 30,23°C pour août.

➤ Les précipitations

La région de Bejaia reçoit en moyenne 799,85 mm de pluie par an (Pour la période 1970-2012). Durant cette période, les mois de janvier et décembre, correspondant à la saison hivernale, étaient les plus pluvieux avec respectivement 107,52 mm et 128,11 mm. Les minima sont notés en période estivale aux mois de juillet et août avec respectivement 6,34 mm et 10,03 mm.

➤ L'hygrométrie

L'humidité relative annuelle moyenne, pour la période 2009-2013, est de 78,71%.

3-2-1-1-2-2- Données floristiques

La végétation de la station d'échantillonnage est représentée par les strates herbacée et arbustive. La strate arbustive contient uniquement du ricin (*Ricinus communis*), quant à la strate herbacée, elle comporte principalement: le diss (*Ampelodesma mauritanica*), le chardon (*Galactites tomentosa*), l'inule visqueuse (*Inula viscosa*), *Echium sp* et *Picris pichroides*.

3-2-2- Travail au sein du laboratoire

Pour chaque individu, on a mesuré le poids de l'organisme, la longueur (=hauteur) (L) et le diamètre (D) de la coquille, et enfin neuf organes de l'appareil reproducteur. Donc, en totalité, douze paramètres ont été mesurés pour chaque individu.

3-2-2-1- Pesée des individus et mesurage de la coquille

L'animal est d'abord pesé. Ensuite, Deux mesures de la coquille, la longueur (hauteur) (L) et le diamètre (D) comme définit par **Van Osselaer et Tursch (2000)**, ont été prises avec un pied à coulisse (Figs. 25, 26 et 27).

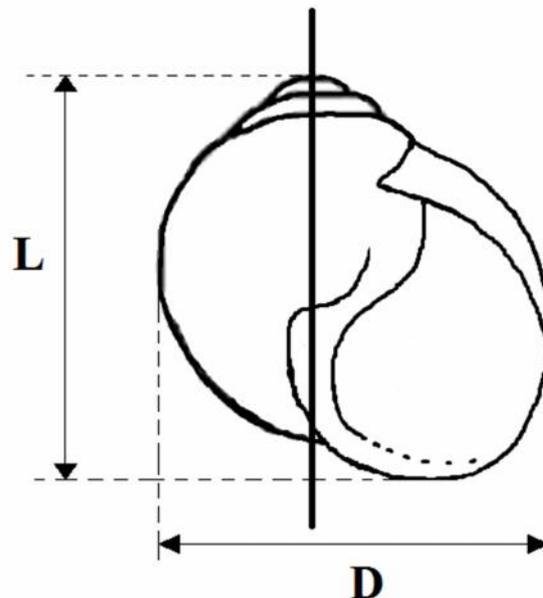


Fig. 25. Dessin schématique de la coquille d'*Helix aperta*. La longueur (L) et le diamètre (D) ont été définis en positionnant l'axe de torsion de la coquille perpendiculairement par rapport à l'horizon (de la même façon ont été prises les mesures de la coquille d'*Helix aspersa*)



Fig. 26. Mesure de la longueur (L) de la coquille de l'escargot



Fig. 27. Mesure du diamètre (D) de la coquille de l'escargot

3-2-2-2- Extraction de l'appareil reproducteur

Après avoir anesthésié l'animal en lui injectant une solution de chlorure de magnésium ($MgCl_2 \cdot 6 H_2O$) à l'aide d'une seringue, on lui a enlevé sa coquille en utilisant la pince forte 14cm (Figs. 28 et 29).



Fig. 28. Anesthésie de l'escargot

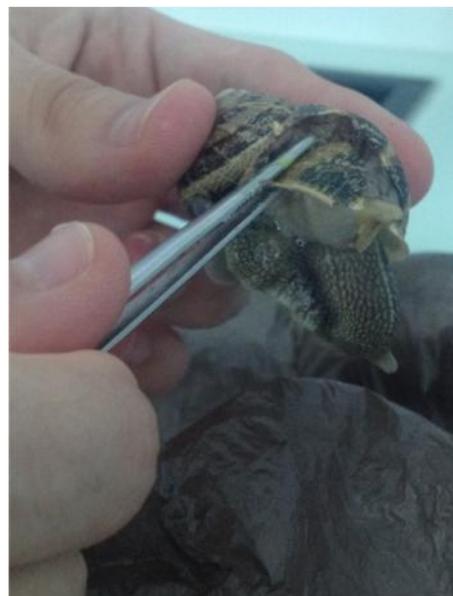


Fig. 29. Extraction de la coquille de l'escargot

Ensuite l'escargot a été fixé dans une boîte de Petri sur de la pâte à modeler au moyen d'épingles (Fig. 30).



Fig. 30. Fixation de l'escargot pour la dissection

La dissection a commencé par découper le tégument de l'escargot à partir de son orifice génital jusqu'à l'extrémité distale de son pied (Fig. 31).



Fig. 31. Dissection de l'escargot

On remet à droite et à gauche les volets de tégument formés (Fig. 32). Ainsi on peut entamer l'extraction de l'appareil reproducteur.

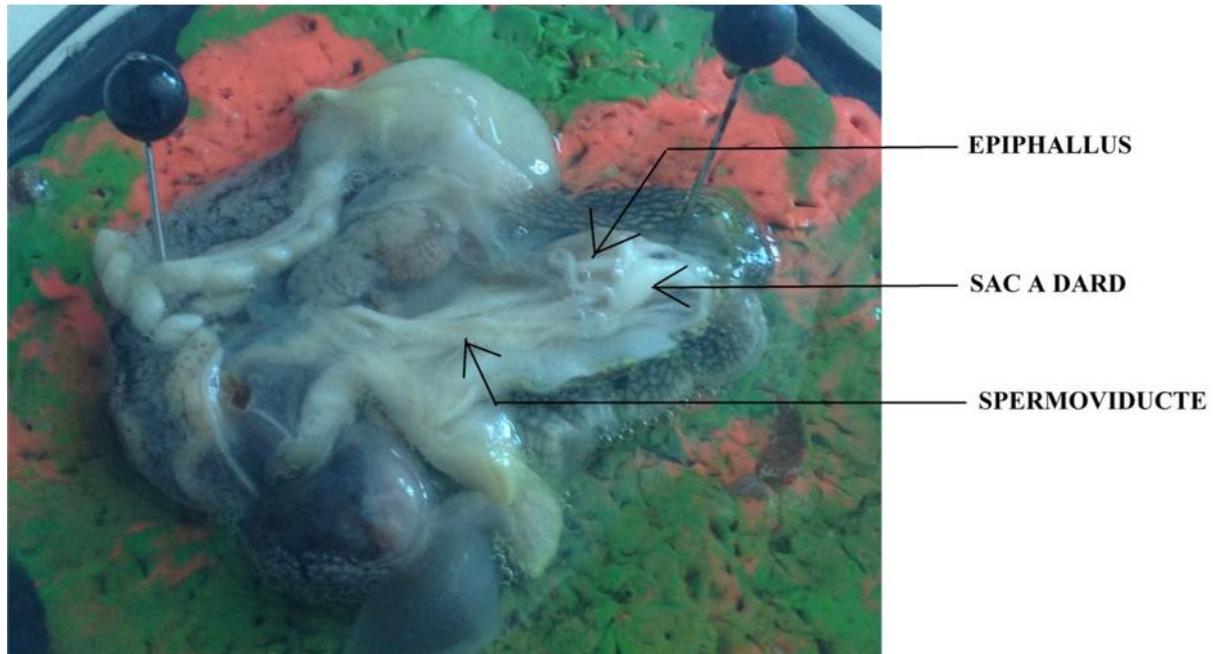


Fig. 32. Illustration des téguments droit et à gauche, et de quelques parties visibles du tractus génital

A l'aide des ciseaux et des pinces, on a ôté progressivement les organes reproducteurs, en allant de la partie distale de l'appareil génital vers celle proximale (Figs. 33 et 34).



Fig. 33. Sens de l'extraction de l'appareil génital de l'escargot

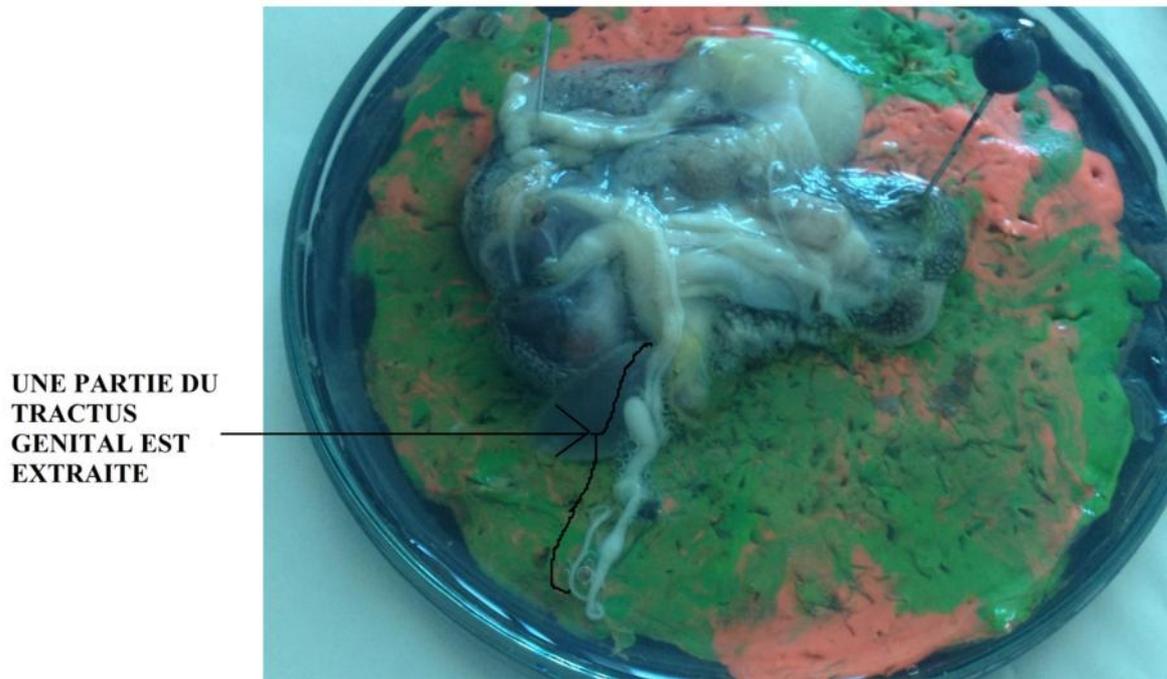


Fig. 34. Illustration d'une partie du tractus génital extraite de l'escargot

3-2-2-3- Mesurage des appareils reproducteurs

Une fois que l'appareil génital est extrait, on l'a mis sur une feuille millimétrique avec quelques gouttes d'eau pour qu'il ne sèche pas. Les organes reproducteurs ont pu alors être mesurés après les avoir bien alignés à l'aide des pinces. Quand les organes sont minuscules, on utilise la loupe pour les voir mieux. Neuf organes ont été mesurés (Figs. 35 et 36).



Fig. 35. Mesurage sous la loupe des organes reproducteurs de l'escargot



Fig. 36. La méthode de mesurage de l'appareil reproducteur de l'escargot

Les mesures, correspondant pour la plupart à celles de **Van Osselaer & Tursch (2000)**, sont les suivantes (Fig. 37) :

BCL1 : longueur de la partie proximale du conduit de la bourse copulatrice (à partir de la bourse jusqu'au point de jonction du diverticulum).

BCL2 : longueur de la partie distale du conduit de la bourse (à partir du point de jonction du diverticule jusqu'au point de jonction du conduit de la bourse au sermoviducte).

DIVL : longueur du diverticulum.

DSL : longueur du sac à dard.

EPIL : longueur de l'épiphallus (à partir du muscle rétracteur du pénis jusqu'au point de jonction du flagellum au canal déférent).

FLAL : longueur du flagellum (à partir de l'embout jusqu'au point de jonction du flagellum au canal déférent).

PENL : longueur du pénis (à partir de l'orifice génital jusqu'au muscle rétracteur).

VAGL : distance entre la jonction sac à dard/vagin jusqu'au point de jonction conduit de la bourse/oviducte-vagin.

VDL : longueur du canal déférent.

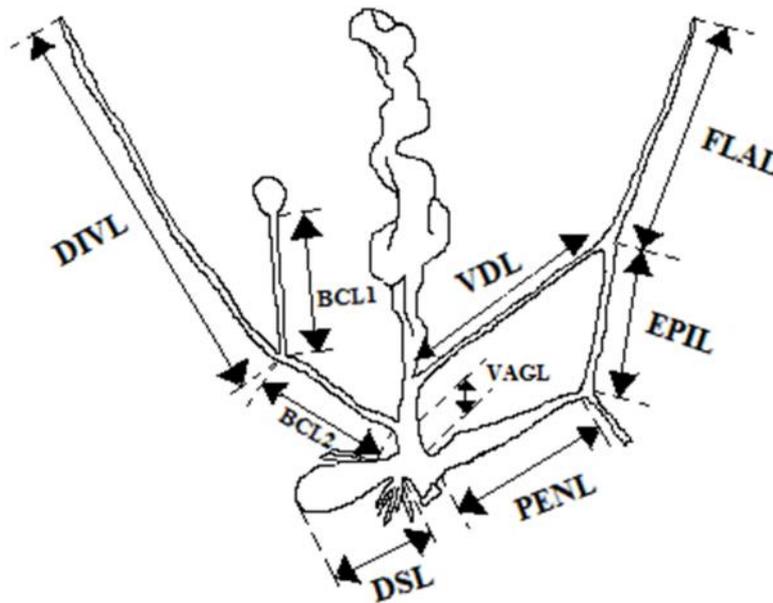


Fig. 37. Dessin schématique représentant les mesures prises pour l'appareil génital

3-2-3- Analyse statistique des résultats

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un calcul statistique: coefficients de variation, corrélations et comparaison des moyennes. Toutes les analyses ont été effectuées avec le programme XLSTAT.

Chapitre IV :

Résultats

Chapitre IV : Résultats

4-1- La variabilité des douze paramètres étudiés

Les résultats du tableau N° I montrent une variabilité intrapopulationnelle importante de la morphométrie des organes génitaux mesurés. Ces derniers présentent des coefficients de variation assez grands et plus importants que ceux des dimensions de la coquille L et D, et plus importants aussi que ceux du poids des individus des deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa* (Fig. 38). On remarque aussi, chez *Helix aperta*, que le diverticulum présente le coefficient de variation le plus élevé (C.V = 83,00 %). Chez *Helix aspersa*, le diverticulum et le flagellum sont les organes génitaux présentant les coefficients de variation les plus élevés (C.V DIVL = 75,73 %, C.V FLAL = 76,92 %). (Pour consulter les mesures brutes des douze paramètres, voir annexes N° 1 et N° 2).

Tableau N° I : Coefficients de variation (C.V) des douze paramètres mesurés chez les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*

Paramètre	Espèce	Coefficients de variation (%)	
		<i>Helix aperta</i>	<i>Helix aspersa</i>
Poids		18,44	31,53
FLAL		63,06	76,92
EPIL		60,47	64,34
PENL		56,91	49,86
DSL		73,83	64,77
VDL		66,83	56,77
BCL2		36,21	39,56
BCL1		57,69	42,87
DIVL		83,00	75,73
VAGL		53,40	58,68
L		7,73	11,47
D		7,20	11,33

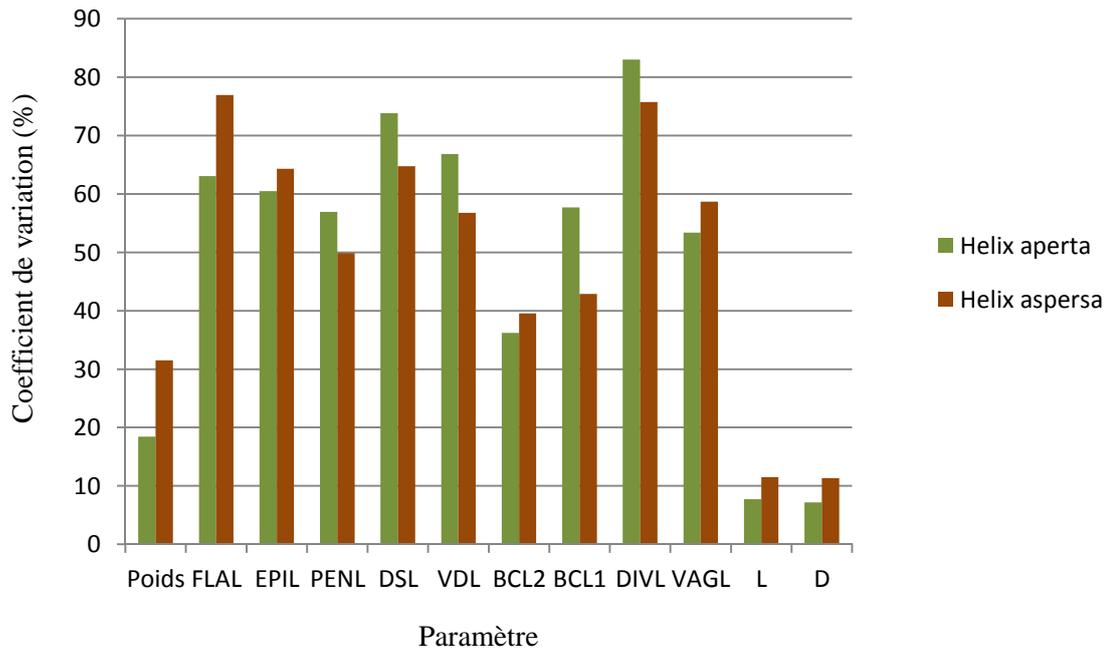


Fig. 38. Les coefficients de variation des paramètres mesurés chez les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*.

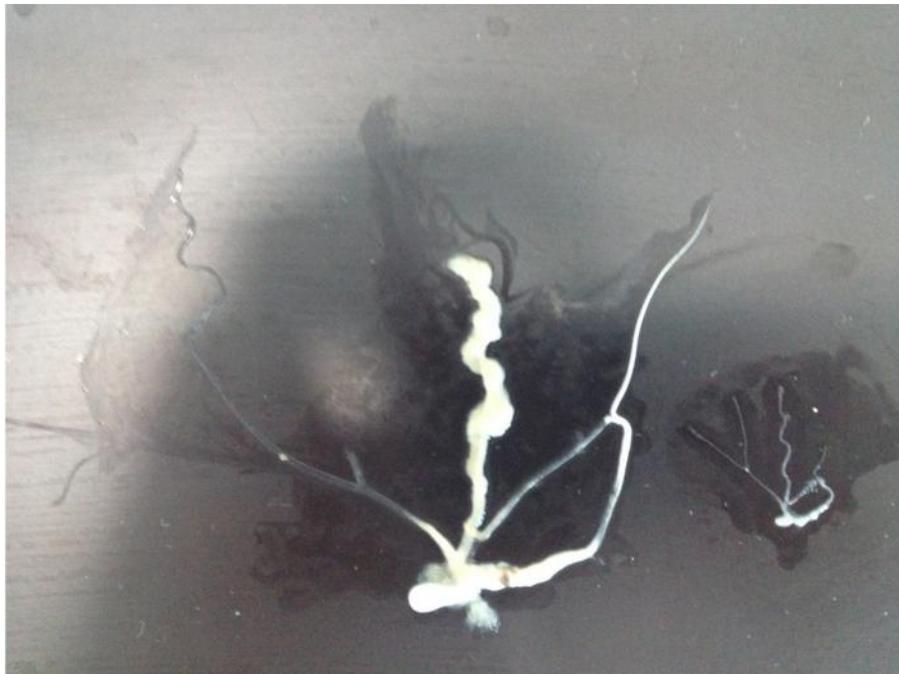


Fig. 39. La grande variabilité dimensionnelle de deux appareils reproducteurs chez deux individus adultes de l'espèce *Helix aperta* ayant 3 mm de différence dimensionnelle entre leurs coquilles (Celui à gauche : L : 26 mm, D : 25 mm. Celui à droite : L : 23 mm, D : 22 mm)

4-2- Les corrélations entre les douze paramètres étudiés

Les résultats des tableaux N° II et N° III révèlent l'existence d'une corrélation positive entre les organes génitaux de chacune des deux espèces étudiées. Au sein de l'espèce *Helix aperta*, tous les organes génitaux mesurés sont corrélés entre eux d'une façon significative (Tableau N° II, Test de corrélation, $p = 0,05$). La même constatation a été faite concernant les individus de l'espèce *Helix aspersa* dont tous les organes génitaux sont significativement corrélés entre eux (Tableau N° III, Test de corrélation, $p = 0,05$).

Le test de corrélation, dont les résultats sont représentés dans le tableau N° II, indique l'existence d'une corrélation positive significative (Test de corrélation, $p = 0,05$) entre les dimensions de la coquille (L et D) et huit organes génitaux mesurés chez *Helix aperta*, par contre l'organe BCL1 ne présente pas de corrélation ni avec la longueur (L) ($r = 0,34$), ni avec le diamètre (D) ($r = 0,20$) de la coquille. Pour *Helix aspersa*, huit organes génitaux sont corrélés positivement à un degré significatif (Tableau N° III, Test de corrélation, $p = 0,05$) avec la longueur (L) et le diamètre (D) de la coquille, contre un seul organe (BCL2) qui n'est pas corrélé ni avec la longueur (L) ($r = 0,33$), ni avec le diamètre (D) ($r = 0,26$) de la coquille.

Chez *Helix aperta*, le poids des individus est positivement corrélé d'une façon significative (Tableau N° II, Test de corrélation ; $p = 0,05$) avec huit organes génitaux (FLAL, EPIL, PENL, DSL, VDL, BCL2, DIVL et VAGL), cependant, aucune corrélation n'a été constatée entre le poids des individus et le canal proximal de la bourse copulatrice (BCL1) ($r = 0,21$). Chez *Helix aspersa*, tous les organes génitaux sont positivement corrélés d'une façon significative (Test de corrélation, $p = 0,05$) avec le poids des individus (Tableau N° III).

Tableau N° II : Test de corrélation entre les douze paramètres mesurés pour *Helix aperta*. * : corrélé (niveau de signification : = 0,05).

Variable	POIDS	FLAL	EPIL	PENL	DSL	VDL	BCL2	BCL1	DIVL	VAGL	L
FLAL	0,47*										
EPIL	0,56*	0,95*									
PENL	0,49*	0,93*	0,97*								
DSL	0,50*	0,92*	0,96*	0,94*							
VDL	0,41*	0,93*	0,94*	0,93*	0,96*						
BCL2	0,57*	0,82*	0,82*	0,78*	0,84*	0,83*					
BCL1	0,21	0,61*	0,64*	0,69*	0,66*	0,67*	0,58*				
DIVL	0,51*	0,89*	0,94*	0,95*	0,95*	0,94*	0,84*	0,75*			
VAGL	0,39*	0,84*	0,87*	0,87*	0,87*	0,88*	0,75*	0,74*	0,85*		
L	0,80*	0,66*	0,67*	0,59*	0,68*	0,64*	0,74*	0,34	0,65*	0,52*	
D	0,82*	0,56*	0,57*	0,45*	0,55*	0,51*	0,67*	0,20	0,52*	0,40*	0,88*

Tableau N° III : Test de corrélation entre les douze paramètres mesurés pour *Helix aspersa*. * : corrélé (niveau de signification : = 0,05).

Variable	POIDS	FLAL	EPIL	PENL	DSL	VDL	BCL2	BCL1	DIVL	VAGL	L
FLAL	0,68*										
EPIL	0,74*	0,87*									
PENL	0,71*	0,82*	0,92*								
DSL	0,73*	0,90*	0,88*	0,92*							
VDL	0,66*	0,80*	0,86*	0,87*	0,86*						
BCL2	0,38*	0,60*	0,64*	0,64*	0,68*	0,70*					
BCL1	0,49*	0,50*	0,61*	0,69*	0,62*	0,58*	0,58*				
DIVL	0,64*	0,79*	0,86*	0,88*	0,89*	0,91*	0,78*	0,61*			
VAGL	0,58*	0,78*	0,81*	0,83*	0,82*	0,86*	0,76*	0,67*	0,80*		
L	0,91*	0,61*	0,68*	0,68*	0,66*	0,63*	0,33	0,45*	0,64*	0,54*	
D	0,91*	0,59*	0,60*	0,63*	0,66*	0,57*	0,26	0,46*	0,56*	0,48*	0,91*

4-3- Comparaison des mesures des organes génitaux des deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*

Le tableau N° IV présente une comparaison des mesures des organes génitaux (test t de Student), ainsi que les mesures moyennes de ces derniers, et les écarts types.

Tableau IV : Comparaison des mesures des organes génitaux. Test t de Student ($\alpha = 0,05$). t : valeur t observée.

	Moyenne (mm)		t	Conclusion	Ecart type (mm)	
	<i>H.aperta</i>	<i>H.aspersa</i>			<i>H.aperta</i>	<i>H.aspersa</i>
FLAL	14,9	33,8	-3,74	a	9,39	26,00
EPIL	10,7	14,66	-1,89	b	6,47	9,43
PENL	9,9	10,86	-0,67	b	5,63	5,41
DSL	5,06	5,66	-0,62	b	3,74	3,67
VDL	15,53	16,03	-0,19	b	10,38	9,10
BCL2	10,66	11,06	-0,37	b	3,86	4,37
BCL1	10,93	18,76	-4,19	a	6,30	8,04
DIVL	32,53	43,86	-1,45	b	27,00	33,22
VAGL	3,6	2,83	1,65	b	1,92	1,66

a : La longueur de l'organe génital diffère significativement entre les deux espèces.

b : La longueur de l'organe génital ne diffère pas significativement entre les deux espèces.

Les données du tableau N° IV révèlent que la longueur du flagellum (FLAL) est significativement différente entre les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa* au seuil $\alpha = 0,05$. La valeur t observée est négative ($t = -3,74$), ce qui veut dire que la longueur du flagellum (FLAL) est d'une dimension supérieure chez *Helix aspersa* que chez *Helix aperta*.

La longueur du canal proximal de la bourse copulatrice (BCL1) est significativement différente entre les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa* au seuil $\alpha = 0,05$. La valeur t observée est négative ($t = -4,19$), ce qui veut dire que la longueur BCL1 est d'une dimension supérieure chez *Helix aspersa* que chez *Helix aperta* (Tableau N° IV).

En revanche, les mesures des sept autres organes génitaux ne diffèrent pas significativement entre les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa* (Tableau N° IV).



Fig. 40. A gauche : l'appareil reproducteur d'un individu de l'espèce *Helix aperta* (l'ovotestis et la glande a albumen ont été coupés). A droite : l'appareil reproducteur d'un individu de l'espèce *Helix aspersa*.

Chapitre V :

Discussion

Chapitre V : Discussion

Les caractères étudiés sont d'un intérêt taxonomique, ils ont déjà été non seulement à l'origine de la différenciation de nombreuses espèces de gastéropodes pulmonés (un exemple édifiant étant fourni par le cas des espèces *Helix pomatia* et *Helix lucorum* (**Van Osselaer et Tursch, 2000**)), mais également de la différenciation de sous-espèces (*Helix aspersa aspersa* et *Helix aspersa maxima* (**Madec, 1989**)).

5-1- La variabilité morphométrique des organes génitaux des espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*

Les résultats présentés dans cette étude montrent l'importante variabilité intrapopulationnelle attendue dans la morphométrie des organes génitaux chez les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*. Plusieurs articles ont rapporté la variabilité intraspécifique élevée des organes génitaux des escargots terrestres, même au sein des populations (Exemple : **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*).

Dans leur étude sur les organes génitaux de l'espèce *Helix aspersa*, **Madec et Guiller (1994)** ont observé également, chez les spécimens 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), des coefficients de variations élevés correspondant à la plupart des mesures qu'ils ont effectuées (FLAL, DIVL, VDL, VAGL, DSL). Comme nous aussi, **Madec et Guiller (1994)** ont remarqués, chez *Helix aspersa*, que la longueur du diverticulum (DIVL) est la mesure possédant le coefficient de variation le plus élevé.

Van Osselaer et Tursch (2000) ont aussi constaté, chez les deux espèces *Helix pomatia* et *Helix lucorum*, que les coefficients de variation des organes génitaux sont plus importants que ceux des dimensions de la coquille (L) et (D).

Cette variabilité morphométrique intrapopulationnelle des organes génitaux 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**). Il faut également insister sur le rôle

déterminant joué par la densité et sur la cinétique démographique d'une population. L'analyse de ces effets sur une population de *Cepea nemoralis* réalisée par **Oosterhoff (1977)** semble tout à fait applicable au cas d'*Helix aspersa* et *Helix aperta* (Voir Fig. 10. Page 20). D'autres causes peuvent être aussi à l'origine de cette variabilité : celle comportementale (**De Vaufleury et Gimbert, 2009**), développementale (**Bride & Gomot, 1991**) ou génétique (**Madec, 1989**).

5-2- Les corrélations

Il semble que le développement (la variabilité) des organes génitaux est dépendant de celui de la coquille chez les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*, malgré que d'autres causes puissent l'influencer (environnementales, comportementales, développementales ou génétiques). Cette corrélation positive entre le développement des organes génitaux et celui de la coquille est bien illustrée dans le schéma d'**Oosterhoff (1977)** (Fig. 10), où la diminution du taux de croissance et de la taille adulte est accompagnée d'une altération dans le développement de l'appareil génital.

Il semble aussi que le poids des individus influence le développement des organes génitaux, ce qui est bien illustré aussi par le schéma d'**Oosterhoff (1977)** (Fig. 10).

Comme le test de corrélation, la figure 39 montre aussi une corrélation du poids des individus ainsi que les dimensions (L et D) de la coquille avec le développement de l'appareil génital, mais cette corrélation n'est pas très importante. En effet, la différence entre les dimensions des coquilles des deux individus (différence = 3 mm) et celle entre leurs poids (différence = 1,47 g) ne sont pas très importantes, mais malgré ça, la différence entre les dimensions des appareils génitaux est très importante. Cette absence de proportionnalité dans la diminution de la croissance corporelle et celle de l'appareil génital s'explique par l'intervention d'autres facteurs influençant la diminution (la variabilité) de cet appareil génital. Ces facteurs peuvent être de nature environnementale (**Madec et Guiller, 1994**), comportementale (**De Vaufleury et Gimbert, 2009**), développementale (**Bride & Gomot, 1991**) ou génétique (**Madec, 1989**).

5-3- Les caractères génitaux discriminant les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*

Parmi les caractères génitaux étudiés, deux se sont avérés intéressants pour l'identification des deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa* :

- ✓ Le flagellum : qui est d'une longueur plus importante chez l'espèce *Helix aspersa*.
- ✓ Le canal proximal de la bourse copulatrice : qui est aussi d'une longueur plus importante chez *Helix aspersa*.

Notons que plusieurs auteurs ont déjà utilisé la longueur du canal proximal de la bourse copulatrice (BCL1) pour préciser la position taxonomique de quelques espèces du genre *Helix* (**Kleiner, 1913 ; Germain, 1930 ; Chevallier, 1980**).

Chapitre VI :

Conclusion

Conclusion

Les différents résultats obtenus au cours de notre travail, ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- L'appareil reproducteur des individus adultes des deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*, échantillonnés dans le site étudié (quartier Sidi Ahmed, ville de Bejaia), est d'une variabilité morphométrique très importante.
- Les dimensions (L) et (D) de la coquille ainsi que le poids des individus étudiés des deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa*, influencent la variation biométrique de leurs appareils reproducteurs.
- La variation dimensionnelle de l'appareil reproducteur des deux espèces étudiées est influencée par d'autres facteurs qui peuvent être de nature : environnementale, comportementale, développementale ou génétique.
- Les deux caractères génitaux discriminant les deux espèces *Helix aperta* et *Helix aspersa* sont : le flagellum et le canal proximal de la bourse copulatrice. Ces deux organes génitaux sont plus longs chez *Helix aspersa* que chez *Helix aperta*.

Cependant, pour approfondir cette étude et appuyer les résultats obtenus, nous suggérons :

- D'étudier plus de spécimens provenant de plusieurs localités afin de donner des résultats plus pertinents,
- D'apparier l'étude de la variation morphométrique des organes génitaux avec d'autres études écologiques, comportementales et génétiques afin de donner avec précision les facteurs influençant cette variabilité,
- D'effectuer des répétitions concernant les mesures des organes génitaux, afin de minimiser les erreurs.

Enfin, d'autres perspectives peuvent être envisagées à l'avenir comme l'étude de la variation de la morphologie structurale des organes génitaux d'*Helix aperta*, en impliquant l'histologie de ces organes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Adam, W. (1960). Mollusques, tome I, Mollusques terrestres et dulcicoles. *Institut royal des sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles*, 402 p.

Adamo S.A., Chase R. (1996). Dart shooting in Helicidae snails: An “honest” signal or an instrument of manipulation. *Journal. Theor. Biologie* 180 : 77-80.

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

Aupinel P., Bonnet J.C. et Vrillon L. (1990). l’escargot *Helix aspersa*, biologie-elevage. Consultable sur internet : http://bibliothèque.immatriel.fr/fr/read_book/9782738002471/e9782738002471_c02

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

Basinger, A.J. (1931). The European brownsnail in California. Report. Calif. Agric. Expert. Stat. Bull., 515, Univ. Californy, Berkeley, 20 p.

Blackenhorn, 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. & 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.

Bonnefoy-Claudet, R. & 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.

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

- Bride, J. & 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. & Griffond, B. (1981).** Etude comparée de la gonade d'*Helix aspersa* témoins et tentaculectomisés. *Gen. and Comp. Endocrinology*, 45: 527-532.
- Cesari, P. (1978).** La malacofauna del territorio italiano. 1 contributo : il genere *Helix*, *Conchiglie*, 14: 35-89.
- Charrier, M. & 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.
- Charrier, M. (1980).** Contribution à la biologie et à l'écophysiologie de l'escargot petit-gris : *Helix aspersa* Müller (Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). *Doctorat 3^e cycle, Rennes I*, 330p.
- Chevalier, H. (1982).** Facteurs de croissance chez les Gasteropodes Pulmonés terrestres paléartiques en élevage. *Haliotis*, 12 : 29-46.
- Chevallier, H. (1980).** Les escargots du genre *Helix* commercialisés en France. *Haliotis* 10 : 11-24.
- 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.
- 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. (1985).** Contribution à l'élevage de l'escargot petit-gris *Helix aspersa* Müller. 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.
- Davidowitz, G., D'Amico, L.J. & Nijhout, H.F. (2004).** The effects of environmental variation on a mechanism that controls insect body size. *Ecol. Evol. Res.*, 6: 49-62.

de Vaufleury, A., 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, CH., Villeneuve, F. (1962). Zoologie. Bordas, Paris. 62-68 p.

Didier, P. (2006). Elevage de l'escargot. Consultable sur internet : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11571/elevage-de-lescargot>

Dillaman, R.M. (1981). Dart formation in *Helix aspersa* (Mollusca, Gastropoda). *Zoomorph* 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. & 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.

Garofalo, J.F., Weissling, T., Duke, E.R., Bishop, L. (2001). Snails and slug management in south Florida, Miami Dade County cooperative extension service. 325-456 p.

Germain, L. (1930). Mollusques terrestres et fluviatiles (1ère partie), in : P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, vol. 21, Paris, pp. 1-477.

Germain, L. (1931). Mollusques terrestres et fluviatiles (2e partie), 26 planches, in : P. Lechevalier (Ed.), Faune de France, vol. 22, Paris, pp. 478-897.

Gireaud, O. (2008). Heliciculture. Consultable sur internet: <http://www.gireaud.net/heliciculture.htm>

Giusti, F. et Lepri, A. (1980). Aspetti morfologici ed etologici dell'accoppiamento in alcune specie della famiglia Helicidae (Gastropoda : Pulmonata). *Atti Accad. Fisiocr. Siena*: 11-17.

- Giusti, F., 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.
- 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, L. & Deray, A. (1987).** Les escargots. *La Recherche*, 186: 302-311.
- Gomot, L., Enée, J. & 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, L., Enée, J. (1980).** Biologie de la reproduction de l'escargot *Helix aspersa* Muller : Les phases de la croissance et de la différenciation sexuelle. *Atti. Accad. Fisiocrit. Sienna*, 37 : 73-85.
- Gomot, P. & Griffond, B. (1987).** Répercussion de la durée d'éclairement journalier sur l'évolution des cellules nourricières et de la lignée mâle dans l'ovotestis d'*Helix aspersa*. *Reprod. Nutr. Dév.*, 27: 95-108.
- Gomot, P., Gomot, L. & 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.
- Griffond, B. & 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. & Gomot, L. (1992).** Influence de la température sur le déroulement de l'ovogenèse chez l'escargot *Helix aspersa*. *J. Therm. Biol.*, 17: 185-190.

Guyard A. (1971). Etude de la différenciation de l'ovotestis et des facteurs contrôlant l'orientation sexuelle des gonocytes de l'Escargot *Helix aspersa* Müller. Thèse d'État soutenue à la Faculté des Sciences de l'Université de Franche-Comté.

Guyard A. (2009). L'escargot. Consultable sur internet: <http://baladesnaturalistes.hautetfort.com/archive/2009/10/10/1-escargot-de-bourgogne.html>

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.

Herzberg, F. & Herzberg, A. (1962). Observations on reproduction of *Helix aspersa*. *Amer. Midland Naturalist*, 68: 297-306.

Hunt, S. (1979). Structure and composition of love dart in *Helix aspersa*. *Tissue et Cell* 11: 51-61.

Jarošík, V., Kratochvíl, K., Honk, A. & Dixon, A.F.G. (2004). A general rule for the dependence of developmental rate on temperature in ectothermic animals. *Proc. R. Soc. London B (Suppl.)*, 271: 219-221.

Jess, S. & Marks, R.J. (1998). Effect of temperature and photoperiod on growth and reproduction of *Helix aspersa* var. *maxima*. *J. Agr. Sci.*, 130: 367-372.

Kerney, M.P. & Cameron, R.A.D. (1979). *A field guide to the land snails of Britain and NW Europe*. William Collins Sons and Co. Ltd., London.

Kerney, M.P., et Cameron, R.A.D. (1979). Afield guide to the land snails of Britain and North-West Europe. *Collins ed., London*, 288 p.

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.

Koene, J.M. (1998). Changes in the reproductive system of the snail *Helix aspersa* caused by mucus from the love dart. *The Journal of Experimental Biology* 201, 2313–2319.

Ktari, M.H. & Rezig, M. (1976). La faune malacologique de la Tunisie septentrionale, *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, 11: 31-74.

Le Calve, D. (1995). Etude de l'oeuf 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.

Leonard, J. L. (1990). The hermaphrodite's dilemma. *J. theor. Biol.* 147, 361-372.

Leonard, J. L. (1991). Sexual conflict and the mating systems of simultaneously hermaphroditic gastropods. *Am. Malacol. Bull.* 9, 45-58.

Leonard, J. L. (1992). The "Love-dart" in Helicid Snails: a Gift of Calcium or a Firm Commitment? *J. theor. Biol.* (1992) 159, 513-521.

Lind, H. (1973). The fonctionnal signifiante 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 isolées de l'espèce *Helix aspersa* Müller (Mollusque Gastéropode Pulmoné) : aspects morphologiques, écophysiologiques et biochimiques. Unpubl. PhD thesis, Rennes I University.

Madec, L. (1989). Etude de la différenciation de quelques populations géographiquement isolée du Mollusque terrestre *Helix aspersa* Müller (Gastropode Pulmoné) : aspects morphologiques, écophysiologiques et biochimiques. Thèse de doctorat, Université de Rennes, France.

Madec, L. et Guiller, A. (1994). Geographic variation of distal genitalia in the landsnail *Helix aspersa* (Mollusca: Gastropoda). *J. Zool., Lond.* 233: 215-231.

Oosterhoff, L.M. (1977). Variation in growth rate as an ecological factor in the landsnail *Cepaea nemoralis* (L). *Nether. J. Zool.* 27 : 1-132.

Perrot, J.L. (1937). Observations cytologiques sur les oeufs d'*Helix pomatia*, au niveau de l'ovospermiducte et du vagin. *Z. Zellf. Mikr. Anat.*, XXVII: 326-335.

Potts, D.C. (1972). Population ecology of *Helix aspersa*, and the nature of selection in favorable and unfavorable environments. *PhD. Thesis, Univ. Of California, Santa Barbara*, 187p.

- 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.
- Schütt, H. (2001).** Die Türkische Landschnecken 1758-2000. *Acta Biologica Benrodis*, Suppl., 4: 550.
- Smith-Gill, S.J. & Berven, K.A. (1979).** Predicting amphibian metamorphosis. *Am. Nat.*, 113: 563-585.
- Sokolove, P.G. & McCrone, J. (1978).** Reproductive maturation in the slug *Limax maximus*, and the effects of artificial photoperiod. *J. Comp. Physiol.*, 125: 317-325.
- Stern, D. (2001).** Body-size evolution: How to evolve a mammoth moth. *Curr. Biol.*, 11: 917-919.
- Tafoughalt-Benbellil, S. (2009).** 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. & 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.
- Tomiya, K. (1988).** Studies on the intraspecific variation in a landsnail, *Satsuma tanegashimae* (Pilsbry) (Stylommatophora: Camaenidae)-II. Variation of genital system structure. *Venus*, 47: 95-103.
- Tompa, A.S. & Wilbur, K.M. (1977).** Calcium mobilisation during reproduction in snail *Helix aspersa*. *Nature*, 270: 53-54.
- Tompa, A.S. (1984).** Landsnail (Stylommatophora). Dans *The Mollusca*, Vol.7: Reproduction, Russel-Hunter ed., Academic Press, London, 47-131.
- van der Have, T. M. & de Jong, G. (1996).** Adult size in ectotherms: Temperature effects on growth and differentiation. *J. Theor. Biol.*, 183: 329-340.

Van Osselaer CH., 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.

Wolda, M. & 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.

Annexes

Annexe N° 1 : Résultats correspondant à l'échantillon d'*Helix aperta* récolté de Sidiahmed en janvier 2014

Paramètre N° d'individu	Poids (g)	FLAL (mm)	EPIL (mm)	PENL (mm)	DSL (mm)	VDL (mm)	BCL2 (mm)	BCL1 (mm)	DIVL (mm)	VAGL (mm)	L (mm)	D (mm)
01	10,72	31	22	15	12	32	19	04	62	05	26	25
02	9,25	06	05	03	02	07	07	10	10	02	23	22
03	9,17	30	20	18	10	27	15	15	65	05	25	22
04	7,83	26	17	17	09	29	15	20	65	04	23	21
05	10,76	22	19	18	10	30	18	18	81	06	25	22
06	9,86	23	18	16	11	26	15	13	59	06	24	21
07	9,01	25	19	18	10	27	15	20	71	06	25	21
08	7,27	24	16	16	08	24	14	16	75	05	22	20
09	7,96	21	17	16	09	26	11	20	72	05	22	20
10	7,14	07	04	03	02	03	08	06	06	02	22	21
11	9,93	18	11	10	02	09	07	01	18	02	23	21
12	8,05	05	03	03	01	02	13	13	13	02	22	21
13	7,34	24	15	14	08	27	10	16	45	06	23	21
14	7,19	24	16	14	08	25	13	24	50	08	21	19
15	8,58	22	18	17	08	23	12	15	56	06	22	21
16	6,30	23	15	13	08	31	15	12	52	06	23	21
17	8,40	06	09	09	03	07	08	11	18	03	21	20
18	7,52	11	07	06	02	06	09	07	10	02	21	20
19	7,18	15	09	08	03	10	09	10	18	04	22	20
20	7,03	10	05	05	02	10	11	10	11	02	23	20
21	7,96	07	05	06	01	07	10	05	12	03	21	20
22	6,18	03	02	03	01	06	05	07	08	01	21	19
23	6,80	02	06	05	03	07	05	09	13	02	21	19
24	6,72	04	04	05	01	07	07	05	06	02	20	19
25	5,54	04	05	04	02	08	07	02	02	02	20	18
26	5,96	24	15	14	07	22	12	18	45	04	20	19
27	5,65	09	04	06	02	07	07	02	03	02	20	18
28	6,12	02	02	04	01	04	05	02	02	01	19	18
29	7,47	07	04	04	02	08	09	11	13	02	22	20
30	6,80	12	09	07	04	09	09	06	15	02	21	19

Annexe N° 2 : Résultats correspondant à l'échantillon d'*Helix aspersa* récolté de Sidiahmed en janvier 2014

Paramètre N° d'individu	Poids (g)	FLAL (mm)	EPIL (mm)	PENL (mm)	DSL (mm)	VDL (mm)	BCL2 (mm)	BCL1 (mm)	DIVL (mm)	VAGL (mm)	L (mm)	D (mm)
01	11	07	07	05	03	06	05	10	15	01	30	33
02	16,57	27	11	10	05	15	10	15	30	03	33	37
03	21,65	38	11	10	06	13	08	15	26	03	34	39
04	17,15	50	15	14	10	13	07	27	36	03	33	39
05	21,70	60	30	16	10	30	15	22	84	04	37	38
06	14,15	25	05	05	04	14	04	06	19	01	32	36
07	19,70	18	21	11	04	11	06	19	33	01	33	38
08	15,55	34	12	10	06	12	07	07	27	02	32	36
09	18	43	16	08	04	10	08	21	31	03	33	38
10	16,70	38	12	10	05	13	09	25	28	02	33	38
11	15,73	10	06	07	03	10	10	23	24	03	32	35
12	14,64	12	08	09	03	12	08	19	23	01	31	35
13	16,81	20	11	11	03	17	09	29	36	02	35	37
14	16,10	02	03	02	03	11	17	18	22	02	30	36
15	13,94	20	05	08	04	09	09	18	36	01	32	35
16	10,13	25	09	07	03	13	10	11	17	02	27	33
17	11,77	21	10	07	02	12	09	09	14	02	29	30
18	14,52	24	09	08	03	10	10	14	28	02	37	40
19	25,48	84	35	22	12	37	17	33	89	08	39	42
20	22,82	80	25	15	09	22	13	06	70	03	37	40
21	24,33	38	25	18	10	23	17	23	108	04	40	42
22	18,58	40	25	20	10	33	15	26	95	05	36	39
23	19,74	81	31	16	10	30	15	29	99	05	36	38
24	13,70	16	17	14	05	14	10	23	28	03	31	35
25	18,03	86	30	20	13	22	22	35	86	05	33	36
26	17,24	80	26	20	13	38	20	28	130	06	32	38
27	8,23	06	05	06	02	07	12	14	18	03	28	30
28	6,61	05	06	05	02	07	10	13	30	01	26	28
29	8,21	14	09	08	02	09	10	14	20	02	26	28
30	5,90	10	05	04	01	08	10	11	14	02	26	26