الجمهوريّة الجزائريّة الديمقراطيّة الشعبيّة
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار- عنّابة
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLÔME DE DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Étude écophysiologique de la reproduction de l'escargot terrestre Petit-Gris (*Helix aspersa aspersa*, Gastropoda: Stylommatophora; Helicidea) dans la région Nord-Est d'Annaba – Algérie

Présentée par : Mr ZAAFOUR Moncef

Membre de Jury:

BERRABAH Houria	Présidente	Professeur	Université Badji Mokhtar-Annaba
BOULAKOUD M^{ed}-Salah	Directeur	Professeur	Université Badji Mokhtar-Annaba
BOUSLAMA Zihed	Examinatrice	Professeur	Université Badji Mokhtar-Annaba
KHENNOUF Seddik	Examinateur	Professeur	Université Ferhat Abbès-Sétif
NECIB Youcef	Examinateur	Professeur	Université Mentouri-Constantine
BAAZIZ Nacer	Examinateur	Maître de Conférences A	Université Mentouri-Constantine

Année universitaire 2013 / 2014

Au Nom d'Allah, Le Tout Clément, Le Très Miséricordieux.

وَٱلۡخَيۡلَ وَٱلۡبِغَالَ وَٱلۡحَمِيرَ لِتَرۡكَبُوهَا وَزِينَةٗۚ وَيَخۡلُقُ مَا لَا تَعۡلَمُونَ

سورة النّحل - الآية ٨

Et les chevaux, les mulets et les ânes, pour que vous les montiez, et pour l'apparat. **Et Il crée ce que vous ne savez pas**.

Verset 8 - Sourate *An-Nahl* (Les Abeilles)

رَبَّنَا مَا خَلَقۡتَ هَٰذَا بَٰطِلٗا سُبۡحَٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ ٱلنَّارِ

سورة آل عمران - الآية ١٩١

Notre Seigneur! Tu n’as pas créé cela en vain.
Gloire à Toi! Garde-nous du châtiment du Feu.

Verset 191 - Sourate *Âl-'Imrân* (La Famille de Joachim)

On fait la science avec des faits, comme on fait une maison avec des pierres : mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison.
Henri Poincaré (philosophe français).

La science est le tronc d'un arbre géant, qu'une seule personne ne peut embrasser.
Thomas Trautmann (historien américain).

La science consiste à passer d'un étonnement à un autre.
Aristote.

La science est un puits dont l'homme est le seau.
Proverbe français.

Dédicaces

Afin d'être reconnaissant envers ceux qui m'ont appuyé et encouragé à réaliser ce travail de recherche, je dédie ce mémoire :

À la mémoire de ma défunte grand-mère maternelle ***ZEGHDANI Fatma-Zohra****, qui m'a adopté, éduqué, couvert de beaucoup d'amour et encouragé à aller si loin dans mes études.*

À la mémoire du défunt ***BENREBIHA Abdelkader*** *qui a dirigé ma thèse d'Ingéniorat d'État en Agronomie à l'Institut National Agronomique d'Alger, Département de Foresterie et Protection de la Nature.*

À la mémoire du défunt ***SEMADI Amar*** *qui a dirigé ma thèse de Magister en Écotoxicologie à l'Institut des Sciences de la Nature, Département d'Écotoxicologie, Université d'Annaba.*

À la mémoire de mes défunts collègues à l'Université BADJI Mokhtar-Annaba ***BENKHERIEF Rabah, CHABI Yacine, CHEBIRA Souad, GUELLATI Mohamed-Abdessmad, LADJAMA Daïf & TRAD Khemissa****.*

Je prie notre Seigneur Allah Le Tout-Puissant, Le Clément et Le Miséricordieux, pour qu'Il leur accorde la félicité éternelle en les accueillant dans sa vaste demeure.

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance à mon épouse ***DJOUAD Souheila*** *qui a su m'épauler pendant les moments difficiles de ma vie, d'avoir été patiente et compréhensive, pour aboutir à cet événement marquant dans notre vie commune.*

Et à tous ceux que ma réussite leur tient à cœur.

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie ***Allah le Tout-Puissant*** **الله سبحانه وتعالى**, ***L'Audient*** **السّمِيعُ**, ***Le Voyant*** **الْبَصِيرُ**, ***Le Créateur*** **الخالق**, ***L'Omniscient*** **الْعَلِيم**, ***Le Présevateur*** **ألمهيمن**, ***Le Tout-Clément*** **الرَّحْمَنُ** *et* ***Le Très-Misércordieux*** **الرَّحِيم** *de m'avoir donné la force et le courage pour dépasser toutes les difficultés afin de réaliser ce travail. Louange à* ***L'Éternel*** **الحمد**.

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

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

Je tiens à remercier tout particulièrement :

Mme ***BERRABAH-DJEBAR Houria****, Professeur au Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar-Annaba, qui m'a fait l'honneur et l'incommensurable plaisir de présider mon jury de thèse.*

*Mme **BOUSLAMA Zihed**, Professeur au Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar-Annaba, d'avoir accepté avec plaisir et enthousiasme de juger ce travail.*

*Mr **KHENNOUF Seddik,** Professeur à l'Université Ferhat Abbès de Sétif, qui m'a ravi et enchanté par sa présence en tant qu'examinateur de cette thèse.*

*Mr **NECIB Youcef,** Professeur à l'Université Mentouri de Constantine d'avoir eu l'amabilité de me réserver de son précieux temps pour faire partie de ce jury de thèse.*

*Mr **BAAZIZ Nacer,** Maître de Conférences (A) à l'Université Mentouri de Constantine d'avoir eu la gentillesse de me réserver de son précieux temps pour faire partie de ce jury de thèse.*

*Difficile de trouver les mots de grâces et de gratitude pour remercier vivement Mme **FRAGA-BEDDIAR Arifa**, pour son soutien irréfragable.*

*Une mention spéciale de remerciements est nécessaire pour souligner la disponibilité, l'acceuil chaleureux, voire l'aménité de mon cher collègue Mr **MEDDOUR Abderrafik**, Maître de Conférences au Département de Biologie Marine, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar-Annaba.*

*J'adresse mes vifs remerciements aux Professeurs **ARIBI Nadia**, **DJEBAR Rédha**, **LAHOUBI Mahieddine**, **SAMRAOUI Boudjemaa**, **SERIDI Ratiba**, **TAHAR Ali** et **TAHRAOUI Abdelkrim** pour leurs encouragements indéfectibles.*

*Je remercie le Professeur **SOLTANI Noureddine** pour m'avoir fourni un nombre important d'articles scientifiques.*

Je serai incomplet en oubliant de remercier Mr ***BOUMENDJEL Mahieddine****, Enseignant-Chercheur à l'Université d'El-Tarf, Faculté des Sciences, pour son énergie, sa disponibilité, ainsi que pour sa sympathie et sa précieuse aide pour la mise en forme cette thèse.*

Merci à ***TATA Tahar****, alias* ***Ammar****, Ingénieur de laboratoire à l'Université BADJI Mokhtar-Annaba, de m'avoir aidé à ramasser des échantillons de matériel biologique.*

Bien sûr, je tiens à remercier l'ensemble des membres du Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar-Annaba, toutes catégories confondues, qui ont contribué peu ou prou à l'aboutissement de ce travail. Si je ne veux tous les citer nommément de peur d'en oublier, je tiens à les remercier et à leur exprimer ma gratitude. J'espère modestement moi aussi avoir contribué aux bonnes relations au sein du Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar-Annaba, et avoir répondu présent aux sollicitations de chacun.

À toutes ces personnes et à celles que j'ai peut-être omises, je voudrais exprimer toute ma reconnaissance et leur dire combien la recherche scientifique reste une œuvre exaltante qui ne peut réussir que dans la collaboration et la coopération.

Tout un manuscrit de remerciements ne pourrait suffire pour dresser une liste exhaustive de mes collègues de longue date dont :
ABDENNOUR *Chérif,* ***ALIOUA*** *Abdelhamid,* ***ALI RACHEDI*** *Bachir,* ***BAIRI*** *Madjid,* ***BELABED*** *Bourhane,* ***BENSLAMA*** *Med,* ***BOUHADJA*** *Yacine,* ***BOUKHMIS*** *Kaddour,* ***BOUSTIL*** *Hocine,* ***BOUZID*** *Slimane,* ***BOUZORNA*** *Noureddine,* ***BRAHIMI*** *Laïla,* ***BRAHIMI*** *Malika,* ***BRAHIMI*** *Assia,* ***CHAGRA*** *Ali,* ***CHEFROUR*** *Azzeddine,* ***DADCI*** *Walid,* ***DERADJA*** *Brahim,* ***DERRADJI*** *Hocine,* ***DJAMAI*** *Rachid,* ***DJEBAR*** *Borhane,* ***DJENIDI*** *Rédha,* ***FARFAR*** *Djamel,* ***FRIH*** *Hacène,* ***FRIHI*** *Hocine,* ***KAHOUL*** *Med,* ***KARA*** *Hichem,* ***KHELILI*** *Kamel,* ***KILANI*** *Brahim,* ***LACHEKHEB*** *Yousria,* ***LAIFA*** *Aziz,* ***LOUCIF*** *Nabil,* ***MESSARAH*** *Mahfoud,* ***METAI*** *Abdallah,* ***NASRI*** *Hichem,* ***NOUACER*** *Rachid,* ***OTHMANI*** *Abla,* ***OUAKID*** *Med-Laid,* ***OUALI*** *Khaireddine,* ***OUCHEFOUN*** *Moussa,* ***SAIDI*** *Achour,* ***SALHI*** *Hamid,* ***SOLTANI*** *Nadia,* ***SOLTANI*** *Noureddine …*

" Pour nous faire une idée du caractère général des mollusques, nous devons nous en tenir aux espèces sans coquille et dénuder celles qui en ont une "

Alfred Edmund BREHM
Zoologue et écrivain allemand

Résumé

Les escargots terrestres de l'espèce *Helix aspersa*, considérés comme bioindicateurs de la pollution du sol, sont utilisés pour vérifier la toxicité des métaux lourds. À cet égard, durant l'automne 2009, deux échantillons d'*Helix aspersa*, de cent individus chacun, ont été ramassés au niveau de deux sites. Le premier *Sidi Amar* est considéré comme hautement pollué en raison de sa proximité du complexe sidérurgique d'Arcelor-Mittal d'El Hadjar. Le second *Dréan*, non pollué, est situé à 20 Km dans une zone agricole connue pour son tabac, ses oranges et ses vignes. Les paramètres morphométriques : diamètre et hauteur de la coquille, poids total de l'escargot, poids de la coquille vide et poids de la masse viscérale ont été mesurés sur l'ensemble des échantillons. Les résultats obtenus montrent des différences remarquables respectives entre ces paramètres, avec une croissance plus accentuée au niveau du site *Dréan*. L'échantillon de *Dréan* indique un poids moyen de 10,87 g tandis que celui de *Sidi Amar* montre 7,7 g. L'application du Test *t* de Student montre des différences hautement significatives entre les variables morphométriques des individus provenant des deux sites *Sidi Amar* et *Dréan* ($P < 0,001$). La proximité du site *Sidi Amar* d'une source de pollution sidérurgique est un facteur limitant la croissance d'*Helix aspersa*.

Mots clés : *Helix aspersa* - Bioindicateur - Biométrie - Croissance - Glutathion - Pollution - Annaba.

ملخّص

تستعمل الحلزونات البريّة التي تنتمي إلى النّوع *Helix aspersa* عادة من أجل التحقّق من سميّة المعادن وهي معروفة كمؤشّرات إحيائيّة لتلوّث التربة. جمعت خلال خريف سنة ٢٠٠٩ عينتيّن إثنتين من الحلزونات مكوّنتين من مئة ١٠٠ فرد بطريقة تكتّليّة في موقعين مختلفين، الأوّل (سيدي عمّار) يعتبر ملوّث جدّا ، والثاني (الذرعان) أقل تلوّثا و يبعد عنه بحوالي ٢٠ كلم. قد أنجزت قياسات مورفومتريّة على كل الحلزونات شملت الوزن الكليّ والقوقعة و الفتالة والقطر وإرتفاع القوقعة. تكدّس عيّنة الذرعان وزنا متوسطا يقدّر بـ ١٠,٨٧غ ، في حين أن الوزن المتوسّط لعيّنة سيدي عمّار لا يفوق ٧,٧ غ. المعالجة الإحصائيّة للقياسات المورفومتريّة المدروسة تبيّن وجود إختلافات في المعايير بين الموقع الملوّث (سيدي عمّار) و الموقع الغير ملوّث (الذرعان) مع ملاحظة نموّ أكبر للحلزونات في هذا ألأخير. نتائج التحليل ألإحصائي *t* Student تبرز إختلافات مورفومتريّة بين الموقعين الإثنين $P < ٠,٠٠١$ و من ثمّ فإنّ التلوّث الناتج عن مركب ألحديد و الصلب يحدّ من نموّ وتطوّر الحلزون البريّ *Helix aspersa* بموقع سيدي عمّار.

الكلمات المفتاحيّة: حلزون - قياس بيولوجيّ - نمو - تلوّث - قلوتاتيون - مؤشّر إحيائيّ - *Helix aspersa* - عنّابة.

Abstract

Land snails *Helix aspersa*, known as bioindicators of soil pollution, are often used to verify toxicity of heavy metals. In this regard, from autumn 2009, two random samples of 100 *Helix aspersa* each were collected from two sampling sites in the Southern area of Annaba. The first one *Sidi Amar* is regarded as a highly polluted area by Arcelor-Mittal El Hadjar steel factory. The second sampling area called *Dréan,* 20 km far from the first one, is considered as a slightly polluted area. Morphometric parameters; Diameter and Height of Shell as well as Total Body Weight, Shell and Visceral mass were measured from all sampled snails. The sample of *Dréan* accumulates an average weight of 10.87 g while that of *Sidi Amar* accumulates 7.7 g. Data revealed remarkable differences between these parameters with a more accentuated growth in *Dréan* station. Indeed, applied *t* Student test on morphometric parameters showed highly significant differences between the two stations *Sidi Amar* and *Dréan* ($P < 0.001$). The proximity of steel pollution industry is a factor limiting the growth of *Helix aspersa* in the area of *Sidi Amar*.

Key words: *Helix aspersa* - Bioindicator – Biometry – Growth – Glutathione - Pollution - Annaba.

Liste des figures

Fig. 1 : Petit-Gris vu de haut (Bugallo Sánchez, 2006) 07
Fig. 2 : Forme *sénestre* (à gauche) et *dextre* (à droite) du Petit-Gris (Descouens, 2012) 08
Fig. 3 : Les deux paires de tentacules d'un escargot (Dcschmidt, 2008) 11
Fig. 4 : Schéma en coupe de l'anatomie d'un escargot (Quibik, 2007) 12
Fig. 5 : Schéma de l'anatomie de l'escargot (Cazin, 2014) 13
Fig. 6 : Orifice respiratoire chez l'escargot (Pol, 2006) 13
Fig. 7 : Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots (Pol, 2001) 14
Fig. 8 : Partie de la langue râpeuse de l'escargot, la *radula*, grossie 4000 fois à l'aide d'un microscope électronique à balayage (Sirtin, 2009) 16
Fig. 9 : Schéma du fonctionnement de la *radula* (Gireaud, 2008) 17
Fig. 10 : Escargot en hibernation avec son épiphragme (Grobe, 2006) 19
Fig. 11 : *Helix aspersa aspersa* avec son épiphragme calcifié (*Sidi Amar*) 19
Fig. 12 : Petit-Gris adulte bordé (Séquier-Blanc, 2014) 20
Fig. 13 : Stries de croissance de la coquille du Petit-Gris (Uldry, 2012) 20
Fig. 14 : Schéma de l'appareil génital de l'escargot (Guyard, 2009) 21
Fig. 15 : Accouplement de Petits-Gris (Buron-Mousseau, 2014) 23
Fig. 16 : Dard d'amour d'un escargot (Koene et Schulenburg, 2005) 23
Fig. 17 : Schéma d'un Petit-Gris en position de ponte (Piel, 2014) 24
Fig. 18 : Œufs d'escargot (Astrid, 2011) 24
Fig. 19 : Naissains escargots (Bacquet, 2012) 25
Fig. 20 : Bulime tronqué (Aviad, 2007) 26
Fig. 21 : Bulime tronqué ramassé à *Sidi Amar* 26
Fig. 22 : Coquilles de Petits-gris (Sakho, 2013) 27
Fig. 23 : Staphylins (Jeffdelonge, 2006) 32
Fig. 24 : Lampyre (Geller-Grimm, 2004) 32
Fig. 25 : *Riccardoella limacum* parasite d'*Helix aspersa* (Fenwick, 2011) 32
Fig. 26 : Khella, ou Noukha (Salguero, 2005) 34
Fig. 27 : Escargots en sauce (Aurita, 2008) 35
Fig. 28 : Caviar d'escargot (de Jaeger, 2007) 36
Fig. 29 : *Helix lucorum* (Iankov, 2007) 37
Fig. 30 : *Helix pomatia* (Zell, 2010) 37
Fig. 31 : *H. aspersa* (Gbaiocco, 2009) 37
Fig. 32 : *H. aspersa maxima* (Nicobxl, 2013) 37
Fig. 33 : *Helix aspersa aspersa* (Rasbak, 2008) 37
Fig. 34 : Crème à la bave d'escargot (Toja, 2011) 39
Fig. 35 : Bave d'escargot dans la cosmétique (Bintou, 2014) 39
Fig. 36 : Situation géographique des sites de *Sidi Amar* et *Dréan* (Google Earth, 2014) 42
Fig. 37 : Diagramme climatique à *Sidi Amar* (Schwarz, 2014) 43

Fig. 38 : Courbe de température à *Sidi Amar* (Schwarz, 2014) 44
Fig. 39 : Diagramme climatique à *Dréan* (Schwarz, 2014) 45
Fig. 40 : Courbe de température à *Dréan* (Schwarz, 2014) 45
Fig. 41 : Pesée d'un spécimen de Petit-Gris 50
Fig. 42 : Mensurations de Petits-Gris 50
Fig. 43 : Libération du mucus suite à un stimulus avec une pince fine 51
Fig. 44 : Coupure de la coquille *d'Helix aspersa aspersa* 52
Fig. 45 : Opérations de décoquillage *d'Helix aspersa aspersa* 52
Fig. 46 : Masses viscérales (ou tortillons) *d'H.aspersa aspersa* 53
Fig. 47 : Poumon et veine pulmonaire d'un Petit-Gris disséqué 53
Fig. 48 : Organes internes de l'escargot Petit-Gris décoquillé 54
Fig. 49 : Appareil génital d'*Helix aspersa aspersa* 54
Fig. 50 : Pontes d'*Helix aspersa aspersa* en conditions normalisées de laboratoire 55
Fig. 51 : Solution de bleu de Coomassie 57
Fig. 52 : Concentration des protéines est déterminée par comparaison à une gamme étalon d'albumine sérique bovine (1mg/ml) 58
Fig. 53 : Deux Petits-Gris sur un citron (*Dréan*) 61
Fig. 54 : Petit-Gris sur tige de romarin (*Sidi Amar*) 61
Fig. 55 : Petit-Gris hivernant sous l'écorce d'un Eucalyptus (*Sidi Amar*) 62
Fig. 56 : Petit-Gris sur feuilles d'Eucalyptus (*Sidi Amar*) 62
Fig. 57 : Données morphométriques des spécimens d'escargots (n=100 pour chaque site) 83
Fig. 58 : Moyennes des poids des appareils reproducteurs et des poids relatifs des escargots ramassés à *Sidi Amar* (n=20) 85
Fig. 59 : Moyennes des poids des appareils reproducteurs et des poids relatifs des escargots ramassés à *Dréan* (n=20) 86
Fig. 60 : Moyennes des poids corporels et des poids des masses viscérales des escargots des deux sites d'étude (n=20) 87
Fig. 61 : Moyennes des poids des appareils reproducteurs et des poids relatifs des escargots des deux sites d'étude (n=20) 88
Fig. 62 : Concentrations moyennes des protéines dans les hépatopancréas ([Prot.] HP) des échantillons des stations *Sidi Amar* et *Dréan* (n=20) 91

Liste des tableaux

Tab. 1 : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Sidi Amar*) 63
Tab. 1 (suite 1) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Sidi Amar*) 64
Tab. 1 (suite 2) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Sidi Amar*) 65
Tab. 2 : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Dréan*) 66
Tab. 2 (suite 1) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Dréan*) 67
Tab. 2 (suite 2) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Dréan*) 68
Tab. 3 : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Sidi Amar*) 69
Tab. 3 (suite 1) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*S. Amar*) 70
Tab. 3 (suite 2) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*S. Amar*) 71
Tab. 4 : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Dréan*) 72
Tab. 4 (suite 1) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Dréan*) 73
Tab. 4 (suite 2) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Dréan*) 74
Tab. 5 : Poids des masses viscérales et des appareils reproducteurs des escargots (*Sidi Amar*) 76
Tab. 6 : Poids des masses viscérales et des appareils reproducteurs des escargots (*Dréan*) 77
Tab. 7 : Poids des appareils reproducteurs et des hépatopancréas des escargots (*Sidi Amar*) 78
Tab. 8 : Poids des appareils reproducteurs et des hépatopancréas des escargots (*Dréan*) 79
Tab. 9 : Paramètres pondéraux des escargots du site de *Sidi Amar* (n=20) 84
Tab. 10 : Paramètres pondéraux des escargots du site de *Dréan* (n=20) 86
Tab. 11 : Paramètres pondéraux des escargots (*Sidi Amar* et *Dréan*) 87
Tab. 12 : Dosage de la concentration du glutathion dans les appareils reproducteurs et les hépatopancréas (*Sidi Amar*) 89
Tab. 13 : Dosage de la concentration du glutathion dans les appareils reproducteurs et les hépatopancréas chez les escargots (*Dréan*) 90
Tab. 14 : Biométrie et concentration du glutathion dans les échantillons des sites de *Sidi Amar* et *Dréan* (n=20) 91

Liste des acronymes et de symboles

Acronyme/symbole	Description
DO :	Densité Optique.
DO (PROT) :	Densité Optique des protéines.
DO (GSH) :	Densité Optique du glutathion.
ETM :	Éléments-Traces Métalliques.
GSH :	Forme réduite du glutathion.
[GSH] AR :	Concentration du glutathion dans l'Appareil Reproducteur.
[GSH] HP :	Concentration du glutathion dans l'Hépato-Pancréas.
H :	Hauteur de la coquille d'escargot.
H.a.	*Helix aspersa*
H.a.a.	*Helix aspersa aspersa*
PAR :	Poids de l'Appareil Reproducteur.
PC :	Poids de la Coquille d'escargot.
PHP :	Poids de l'Hépato-Pancréas d'escargot.
PMV :	Poids de la Masse Viscérale d'escargot.
PR :	Poids Relatif d'escargot.
PT :	Poids du Tortillon (ou masse viscérale d'escargot).
PV :	Poids Vif d'escargot.
T :	Taille de la coquille d'escargot.
[ ] :	Concentration molaire (ou molarité).
Ø :	Diamètre de la coquille d'escargot.

Table des matières

Introduction 01

Chapitre 1 : Littérature scientifique 05

1.1. Terminologie 05
1.2. Zoologie 07
1.2.1. Description morphologique 07
1.2.2. Description anatomique 12
1.3. Déplacement 14
1.4. Alimentation 15
1.5. Longévité 18
1.6. Hibernation et estivation 18
1.7. Reproduction et cycle biologique 19
1.8. Environnement 26
1.9. L'escargot comme bioindicateur pour l'écotoxicologie 28
1.10. Écologie 31
1.11. Utilisation par l'Homme 32
1.11.1. Gastronomie et art culinaire 32
1.11.2. Héliciculture 36
1.12. Cosmétique 38
1.13. Consommation 40

Chapitre 2 : Matériel et méthodes 42

2.1. Sites de ramassages 42
2.2. Analyse des paramètres climatiques des sites *Sidi Amar* et *Dréan* 43
2.3. Matériel biologique 46
2.3.1. Hiérarchie taxonomique et nomenclaturale du Petit-Gris 46
2.3.1.1. Classification classique 47
2.3.1.2. Classification phylogénétique 47
2.3.2. Étymologie et définitions 48
2.4. Paramètres biométriques 50
2.5. Dissection du Petit-Gris 51
2.6. Dosage du glutathion 55
2.7. Dosages des concentrations en protéines dans les hépatopancréas et les appareils reproducteurs 57
2.8. Étude statistique 59

Chapitre 3 : Résultats et discussion 60

3.1. Association du Petit-Gris à la végétation 60
3.2. Biométrie du Petit-Gris 62
3.3. Analyse préliminaire comparative des résultats 80
3.4. Étude morphométrique 83
3.5. Résultats du dosage du glutathion et des protéines 88
3.6. Discussion 92

Conclusion 96

Références bibliographiques 97

Webographie 106

Introduction

Prendre les mesures nécessaires pour supprimer ou limiter l'impact négatif des activités de l'Homme sur son environnement est un sujet d'actualité. En effet, ce dernier génère par ces activités une quantité de plus en plus importante de déchets gazeux, solides et liquides. La pollution peut-être classée selon la nature et le type du polluant, on parle ainsi : de pollution physique, chimique, biologique et parfois de simples nuisances (Popescu et Tuffs, 2009).

Le sol, qui représente la couche superficielle de la croûte terrestre, est un écosystème qui englobe plusieurs organismes vivants qui remplissent des fonctions écologiques essentielles. Le sol est caractérisé par différents facteurs microbiologiques, physiques, chimiques et mécaniques, il est donc le support d'une activité biologique intense. Les polluants atmosphériques ne séjournent pas indéfiniment dans l'air car les précipitations liquides et solides les ramènent à la surface du sol.

La présence d'un polluant dans le sol n'est pas en soi un danger. Le risque apparaît dès que ce polluant peut être mobilisé et agit sur l'environnement (flore et faune) ou sur l'Homme (Dubey *et al*., 1993).

Un bioindicateur peut être définit comme une espèce animale, végétale ou fongique qui reflète l'état du milieu dans lequel il vit. Il doit pour cela répondre à un certain nombre de critères (Hopkin, 1989 ; Edward et Slingo, 1996) : participer activement au fonctionnement de l'écosystème, être sédentaire, largement distribué et facile à identifier, être bioaccumulateur, tolérant …).

L'utilisation des animaux invertébrés pour l'évaluation des écosystèmes a une longue histoire dans les milieux aquatiques et terrestres (Eijsackers, 2010). Les mollusques gastéropodes terrestres pulmonés sont reconnus comme indicateurs biologiques appropriés (Berger et Dallinger, 1993 ; Cortet *et al*., 1999), par leur grande capacité d'accumulation des éléments-traces métalliques (ou ETM) dont les plus fréquents sont Cd, Cu, Pb et Zn.

Cette propriété a été mise à profit pour utiliser les escargots terrestres comme bioindicateurs de la pollution par les ETM (Coughtrey et Martin, 1976 ; Berger et

Dallinger, 1993 ; Gomot-de Vaufleury et Pihan, 2000 ; Beeby et Richmond, 2002 ; Viard *et al*., 2004 ; Notten *et al*., 2005). De plus, l'effet toxique des substances organiques et inorganiques sur les escargots a été évalué par plusieurs chercheurs (Viard *et al*., 2004 ; Regoli *et al*., 2006 ; Achuba, 2008 ; Godet, 2010 ; Beeby et Richmond, 2011).

L'escargot terrestre appartenant à l'espèce *Helix aspersa* est un excellent bio-indicateur de pollution terrestre plus efficace que le Ver de terre *Lumbricus terrestris* (Gomot-de Vaufleury et Pihan, 2000). En raison de sa sédentarité sur les sols et de son régime herbivore, il est aisément contaminé par les divers polluants présents dans l'air, le sol et la flore, d'où l'intérêt de son utilisation comme *organisme test* pour étudier l'influence des éléments-traces métalliques sur sa croissance (Berger et Dallinger, 1993 ; Gomot, 1997 ; de Vaufleury et Gomot, 1998 ; Cortet *et al.*, 1999).

La région d'Annaba (Nord-Est de l'Algérie) abrite diverses sources polluantes incluant les complexes sidérurgiques d'Arcelor-Mittal d'El-Hadjar, phosphatier de Fertial-Asmidal et métallurgique d'El Allelik ainsi que 260 petites et moyennes entreprises de l'industrie agro-alimentaire (Halimi, 2010). L'industrie métallurgique est connue pour ses fortes émissions de métaux lourds. Additionnées à la pollution urbaine, ces sources sont à l'origine des diffusions de matières polluantes variées affectant l'ensemble des écosystèmes de cette région.

Des auteurs indiquent que la contamination par les métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) s'effectue à travers la consommation de végétaux pollués et que la reproduction des consommateurs peut-être retardée par une contamination chronique. Ces mêmes auteurs soulignent les conséquences directes d'une diminution de la production d'œufs et le déclin des populations d'*Helix aspersa* ou d'invertébrés au niveau de régions soumises à de fortes pollutions industrielles (Hopkin, 1989 ; Iglesias et Castillejo, 1998 ; Damerdji *et al.*, 2005 ; Madoz-Escande *et al.*, 2005 ; Madoz-Escande et Simon, 2006).

Dans ce contexte, les mollusques gastéropodes sont connus pour leur grande capacité d'accumulation des métaux lourds. Plusieurs auteurs (Bradford, 1976 ; Wekbeker et Cory, 1988 ; Beeby et Richmond, 2002 ; Beeby et Richmond, 2011) ont mis en évidence cette faculté des mollusques à accumuler les métaux lourds et

certains d'entres eux ont utilisé les escargots terrestres comme *bio-indicateurs* de pollution par les métaux lourds : Zn, Cu, Pb et Cd (Grara *et al.*, 2012). Ceci explique le choix de notre matériel biologique provenant de deux sites de ramassages des escargots, l'un pollué à *Sidi Amar* à proximité du complexe sidérurgique d'Arcelor-Mittal d'El Hadjar, l'autre non pollué à *Dréan*, éloigné de 20 Km, se situant dans les prémices d'une zone agricole.

Nous relevons qu'à travers le monde, plusieurs études ont concerné les effets des polluants sur les escargots (Berger et Dallinger, 1993 ; Iglesias et Castillejo, 1998 ; Cortet *et al.*, 1999 ; Viard *et al.*, 2004 ; Damerdji *et al.*, 2005 ; Madoz-Escande *et al.*, 2005 ; Notten *et al.*, 2005 ; Regoli *et al.*, 2006 ; de Vaufleury et al., 2009 ; Grara, 2011 ; Belhaouchet *et al.*, 2012).

En Algérie, des études liées à la pollution ont été réalisées sur *Helix aspersa*, que nous complétons par une étude morphométrique de la coquille, de la masse viscérale (ou tortillon) et de l'appareil reproducteur du gastéropode objet de notre étude.

Dans ce travail, nous nous sommes proposé d'évaluer la croissance de l'escargot terrestre, connu sous le nom commun de Petit-Gris, *Helix aspersa aspersa* à travers une étude morphométrique sur des spécimens ramassés au niveau de deux sites : l'un très pollué situé à proximité du complexe sidérurgique d'Arcelor-Mittal d'El Hadjar, l'autre site non polluée, relativement éloigné des sources de pollution, localisé en zone agricole, en l'occurrence celle de *Dréan* (Ali-Khodja et Kebabi, 1998 ; Marzouki *et al.*, 2005 ; Maas *et al.*, 2010).

Des études écotoxicologiques ont montré que l'hépatopancréas d'*Helix aspersa aspersa* est un organe capable de renfermer de fortes concentrations en métaux lourds (Coughtrey et Martin, 1976 ; Cooke *et al*., 1979 ; Dalling et Wieser, 1984). Le foie est l'organe majeur d'entreposage du glutathion qui protège les cellules de plusieurs polluants et poisons, incluant certains issus de la combustion de carburants et de la fumée de cigarette. L'élévation des niveaux de glutathion restaure les fonctions du foie (Keller, 1966 ; Meister et Anderson, 1983).

Une étude comparative des hépatopancréas et des appareils reproducteurs, prélevés sur les individus d'escargots provenant des deux sites, a été faite suite aux dosages du glutathion et des protéines tissulaires au niveau des organes susmentionnés.

La structure retenue dans ce manuscrit de thèse est la suivante : le chapitre 1 constitue la partie bibliographique qui présente un état de connaissances actuelles relatives à la problématique de recherche scientifique envisagée. Ce premier chapitre dégage les besoins identifiés en recherche pour une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents chez l'escargot terrestre connu sous le nom du Petit-Gris et présente les objectifs formulés pour y répondre. Cette première partie expose également la biologie de cette sous-espèce d'escargot (*Helix aspersa aspersa*) objet de notre étude.

Le matériel et les méthodes employées ainsi que les résultats des expérimentations seront développés dans le chapitre 2, présenté dans un format de publication scientifique, constituent le corps du manuscrit. Le dernier chapitre (chapitre 3) est consacré aux résultats obtenus et à la discussion générale. Il reprend les acquis fondamentaux obtenus au cours de la thèse et présente différentes perspectives d'avenir en matière de recherche scientifique appliquée.

Chapitre 1 : Littérature scientifique

1.1. Terminologie

Le terme **escargot**, du latin *scarabaeus* et du provençal *escaragol*, de Majorque (en Espagne), désigne un mollusque gastropode pulmoné terrestre, végétarien, caractérisé par sa tête munie de deux paires de tentacules, dont les plus longs portent les yeux, par sa longue sole ventrale (ou pied), par sa coquille en spirale globuleuse dont le sommet surplombe le flanc droit, enfin par son orifice pulmonaire dorsal.

- Une **escargotière** peut désigner :
  - un lieu où l'on stocke et nourrit des escargots,
  - un plat spécial doté de petites alvéoles, dans lesquelles on place les escargots avant de les passer au four,
  - ou encore, un amas de coquilles d'escargots dans un gisement préhistorique.

- Un **mollusque** (embranchement des **Mollusca**), du latin scientifique *molluscum* et du latin classique *mollusca,* noix à écorce molle, est un animal invertébré, à corps mou, comme un Escargot, une Huître, un Poulpe.

- Un **gastéropode** ou **gastropode,** (classe des **Gastropoda**), du grec *gastêr*, ventre et *pous*, *podos*, pied, est un mollusque rampant sur un large pied central musculeux, souvent pourvu d'une coquille dorsale spiralée et vivant dans les mers (Buccin), en eau douce (Limnée) ou dans les lieux humides (Escargot, Limace).

- Un **pulmoné** (sous-classe des **Pulmonata**) est un mollusque gastéropode terrestre ou en eau douce respirant par un poumon, tel que, l'Escargot, la Limace et la Limnée.

- L'**héliciculture,** du grec *Helix*, spirale, est l'élevage des escargots comestibles.

- La **coquille,** du latin *Conchylium*, est une enveloppe dure, calcaire, constituant le squelette externe de la plupart des Mollusques et des Brachiopodes (**Brachiopoda**). Elle est secrétée par une partie du tégument, le *manteau*.

- Chez les mollusques, le **manteau** (du latin *mantellum*, diminutif de *mantum*, manteau), est un repli du tégument qui recouvre la masse viscérale et dont la face externe sécrète souvent une coquille qui n'y reste pas adhérente.

- L'**escargotage** est la destruction des escargots dans les vergers ou les vignobles.

- ***Helix*** ("Hélice" ou "spirale" en grec) est le nom générique d'un genre d'escargot devant son nom à sa coquille enroulée. Certains sont bien connus des gourmets comme l'Escargot de Bourgogne (*Helix pomatia*) et le Petit-gris (*Helix aspersa aspersa*).

- **Naissain** (du verbe naître) : jeune mollusque (escargots, huîtres ou moules) qui vient d'éclore.

Helix aspersa aspersa, plus connu sous le nom commun du Petit-Gris (Fig.1), appelé communément en Algérie «*Z'gargou*» ou «*Boujaghlel*», « *Boujeghlelou* » est un escargot très répandu sur la façade méditerranéenne algérienne. Son aire de répartition écobiogéographique s'étend à toute l'Afrique du Nord et en Europe. L'espèce a été décrite par le zoologue danois Otto Friedrich Müller en 1774.

Noms communs et vernaculaires de l'Escargot Petit-Gris :

- «*Z'gargou*» **زْقرْقو**, «*S'gargou*» **بقْرْقو**, «*Babbouch*» **بّبوش**, «*Boujaghlel*» **بوجْلل**, «*Boujaghlelou*» **بوجْللو** et «*Boukrar*» **بوكْرارْ** (en arabe dialectal algérien et langage populaire),
- «*Avellarousse*», «*Aarousse*», «*Averjeghlellou*» ou «*Ajaghlel*», nom de la coquille et, par extension celui de l'escargot (en kabyle),
- «*Ajoughlel*» ou «*Bouchkham*» (en chaoui)
- «*Al-halazoune*» **الحلزون**, «*Al-bazzague*» **البزّاق** (en arabe littéraire),

- Escargot Petit-Gris, Escargot des jardins, Cagouille ou Luma (en français littéraire et langage populaire),
- *Brown Garden Snail* (en anglais),
- *Caracol común de jardín* (en espagnol),
- *Braun garten schnecke* (en allemand),
- *Grigiolina dei giardini* (en italien).

Figure 1 : Petit-Gris vu de haut (Bugallo Sánchez, 2006).

1.2. Zoologie

Helix aspersa aspersa est une sous-espèce circumméditerranéenne ubiquiste dont le polymorphisme se traduit par une variation de la taille, de la coloration, de la forme, de l'épaisseur et de la sculpture de la coquille. La coloration et le système de bandes de la coquille sont d'origine génétique mais le biotope a peut-être une action secondaire sur leur variation. Ce polymorphisme a donné apparement, en grande partie, à la race sa potentialité d'adaptation et d'acclimation (Chevallier, 1977).

1.2.1. Description morphologique

L'escargot Petit-Gris *Helix aspersa aspersa* est un mollusque sourd et quasiment aveugle mais ses tentacules sont équipés de deux épithéliums olfactifs très puissants. Simplement en balançant ses tentacules pour détecter les odeurs qui l'entourent, l'escargot peut repérer une cible à plus d'une centaine de mètres. Il est

adulte à deux ans mais peut vivre plus de cinq ans. 99% de l'activité de l'escargot, y compris ses "*repas*", a lieu de nuit avec un pic de 2 à 3 heures après la tombée de la nuit. La fraîcheur nocturne et la rosée facilitent ses déplacements (Chase, 1986).

Cet auteur indique que le Petit-Gris mesure entre 2,8 et 3,5 cm pour un poids adulte compris entre 7 et 15 g. Il porte une coquille calcaire à motifs variables mais le plus souvent brune rayée de noir. Sa spirale tourne généralement dans le sens des aiguilles d'une montre. La coquille d'*Helix aspersa aspersa* est gris jaunâtre souvent ornée de 1 à 5 bandes interrompues, brun violacé.

La bordure située à l'ouverture de la coquille est appelée *péristome*. La forme, l'épaisseur et la couleur du *péristome* ont une grande importance dans l'identification des espèces des gastéropodes. La coquille est toujours hélicoïdale. La plupart du temps, l'hélice s'enroule vers la droite, et on parle alors d'escargot à coquille *dextre*. Il existe également, mais de manière plus rare et anormale, des escargots à coquille *sénestre*, c'est-à-dire dont la coquille tourne vers la gauche, « à l'envers » (Fig.2).

Figure 2 : Forme *sénestre* (à gauche) et *dextre* (à droite) du Petit-Gris (Descouens, 2012).

Les Petits-Gris adultes ont un *péristome* (blanc, gris ou noir) réfléchi composant la partie inférieure de la coquille, on dit alors qu'ils sont "bordés". Chez les Gros-Gris (*Helix aspersa maxima*) d'élevage, le *péristome* est le plus souvent noir. On rencontre 1 sénestre sur environ 20 000 escargots. Le terme *péristome*, vient directement de la langue grecque et veut dire « autour de la bouche », est employé

pour décrire diverses structures entourant l'ouverture d'un organe chez certains invertébrés comme les mollusques.

Chez les escargots et les autres gastéropodes pourvus d'une coquille spiralée, il s'agit du rebord de l'ouverture de la coquille entourant le *manteau*. Le *péristome* est composé des dernières spires d'accroissement de la coquille. Un escargot est dit "bordé" lorsqu'il a le *péristome* réfléchi. Ses dernières spires sont alors concentrées et forment une bordure coquillière épaisse et légèrement relevée à la perpendiculaire des spires d'accroissement de coquille dite « juvénile ». La forme, l'épaisseur et la couleur du *péristome* ont souvent une grande importance dans l'identification des espèces de gastéropodes. Le bourrelet palléal (avec lequel on confond parfois le *péristome*) est ce qui reste visible à l'intérieur du *péristome* quand l'escargot est rentré dans sa coquille.

L'importance du *manteau* est considérable, son rôle est double : en premier lieu il intervient dans la fabrication de la coquille ; en effet sa face externe est recouverte d'un tissu secrétant différentes couches d'une substance organique: la *conchyoline* [1] (Bellono *et al.*, 1971) ou *perlucine* (Grégoire, 1961), abondamment imprégnée de sels calcaires. En second lieu, la surface interne du *manteau* délimite, avec la surface contiguë du corps, une cavité : la cavité palléale (du latin *pallium*, manteau) que l'on dénomme aussi parfois : cavité respiratoire.

La *coquille* est conoïde globuleuse, ventrue, très convexe en dessus, bien obliquement bombée en dessous, sans ombilic. Son coloris est fauve brun, jaunâtre ou grisâtre orné de zigzags plus clairs que le fond, sans bandes ou avec 1 à 4 bandes sombres. Spire un peu haute, de 4 à 5 tours très convexes à croissance rapide ; *test* [2] solide, un peu mince (Chase, 1986).

---

[1] La **conchyoline** ou **perlucine** est un complexe de macromolécules organiques, des protéines fibreuses chitinoïdale et des polysaccharides, qui sont sécrétées par le manteau des mollusques. Ces complexes se lient avec des cristaux d'aragonite pour former la structure rigide qui permet la construction de leur coquille. Les molécules, formant la conchyoline ou le carbonate de calcium qui va former l'aragonite sont secrétés par le manteau. C'est la matrice organique qui va permettre aux mollusques de créer l'aragonite, plutôt que de la calcite de la même manière qu'interagissent les cristaux hydroxyapatites et le collagène dans l'os des vertébrés. Ces molécules, en permettant la présence d'agrégat, donnent à la nacre une étonnante résistance.

[2] Le terme de « **test** » vient du lat. *testa* qui signifie « coquille dure ». En zoologie, le test est une enveloppe minérale à base de calcaire ou de silice, chitineuse ou composite, qui a comme fonction de servir de protection à certains animaux, comme les diatomées, les oursins et les mollusques.

La coquille se compose à 99 % de matière minérale. Elle grossit avec l'escargot durant toute sa croissance. Lorsqu'il est devenu adulte le bord de la coquille durcit et l'escargot est alors "bordé". Il est à signaler que la coquille représente le tiers du poids d'un escargot adulte (APIA, 2004).

Une torsion de 180° (en sens inverse des aiguilles d'une montre) a ramené la cavité palléale en avant (juste en arrière de la tête). Conséquence de cette torsion : ploiement en "U" du tube digestif, anus rapproché de la bouche, poumons en avant du cœur, organes de droite passés à gauche et inversement, système nerveux croisé en "8". La symétrie bilatérale est inversée, mais non détruite. Conséquence de cet enroulement : atrophie, puis disparition de l'oreillette et du rein du côté droit. L'animal devient asymétrique (Thompson D'Arcy, 2005).

La *coquille* [3] est sécrétée par un épais pli de peau, appelé le *manteau* [4]. Elle est composée principalement de carbonate de calcium ($CaCO_3$). Les gastéropodes ont donc besoin d'une alimentation riche en calcium (Ca). À la naissance, *Helix aspersa aspersa* a une coquille qui constituera l'*apex* de la coquille adulte. (*Apex* est à l'origine un mot latin signifiant « sommet » ou « pointe ». L'adjectif correspondant est apical : qui se trouve près du sommet, ou de l'extrémité. Le pluriel est *apices*. *Apex*, le point de départ, et donc le sommet, de la coquille des mollusques en malacologie et en conchyliologie.

À partir de ce point, la croissance n'est ni continue, ni régulière. Elle peut ralentir voire s'interrompre lors des périodes d'inactivité et de jeûne de l'animal, notamment

[3] Le terme de **coquille** est issu du lat. class. *conchylium* via le neutre pluriel du lat. vulg. *conchilia*. Une coquille est le squelette externe d'un mollusque. La majorité des mollusques à coquille se trouvent dans la classe des gastéropodes comme les escargots, et dans celles des bivalves comme les huîtres. ...

[4] Le **manteau** (du lat. *mantellum* « voile ») des mollusques est une enveloppe de peau qui abrite les autres organes ; il sécrète la coquille chez les espèces qui en sont pourvues. Chez l'escargot mature, le manteau est entouré du péristome. Entre le manteau et la masse viscérale, le bourrelet palléal constitue une cavité palléale qui protège les organes respiratoires, et où débouchent les métanéphridies (organes excréteurs), l'intestin et les conduits génitaux.

en hiver ou en cas de sécheresse prolongée : estivation. Ces irrégularités se manifestent par la formation de stries de croissance souvent visibles en surface. Le muscle columellaire maintient le gastéropode dans la coquille (Thierry, 2006).

Helix aspersa aspersa dispose de deux paires de tentacules rétractiles, appelés «*cornes*» ou «*antennes*» dans le langage familier. Dans la partie supérieure de la tête la permière paire de «cornes» abrite les yeux mais la vue est un sens peu utilisé. Ils possèdent surtout un bulbe olfactif sous l'œil et la deuxième paire de tentacules est un organe olfactif et tactile (épithélium) qui est en revanche très utilisé (Fig.3).

Figure 3 : Les deux paires de tentacules d'un escargot (Dcschmidt, 2008).

Le Petit-Gris, comme de nombreux autres mollusques, dispose de neurones géants permettant l'implantation d'électrodes intracellulaires largement utilisées en recherches neurologiques pour mieux comprendre le mode de fonctionnement des neurones humains (Sejnowski et Delbruck, 2013).

Principales caractéristiques de l'escargot Petit-Gris : coquille conoïde globuleuse, ventrue, très convexe en dessus, bien obliquement bombée en dessous, sans ombilic ; spire un peu haute, de 4 à 5 tours très convexes à croissance rapide ; test solide, un peu mince, fauve brun, jaunâtre ou grisâtre orné de zigzags plus clairs que le fond, sans bandes ou avec 1 à 4 bandes sombres. Longueur : 20 à 40 mm ; Diamètre : 25 à 45 mm. Longévité : 5 ans.

1.2.2. Description anatomique

Le corps d'un escargot consiste en un pied unique, une tête et une masse viscérale enroulée qui est placée dans la coquille. Le mouvement a lieu grâce à l'expansion et l'extraction de muscles dans le pied. Des glandes placées dans la partie antérieure du pied sécrètent le mucus. Il y a aussi des glandes de mucus sur le reste du corps protégeant l'escargot contre la perte d'eau.

Deux paires de tentacules sont placées sur la tête. La paire supérieure porte les yeux. La coquille est sécrétée par un épais pli de peau, appelé le manteau. La coquille est reliée au corps par un puissant muscle qui est attaché à la columelle (ou axe d'enroulement des coquilles de mollusques gastéropodes). Il a des "ramifications" à la tête et aux tentacules. La contraction de ce muscle permet à l'escargot de se retirer dans sa coquille. À l'intérieur de la coquille, se trouve la cavité du manteau, qui contient le cœur, le rein et le poumon (Fig.4 et 5).

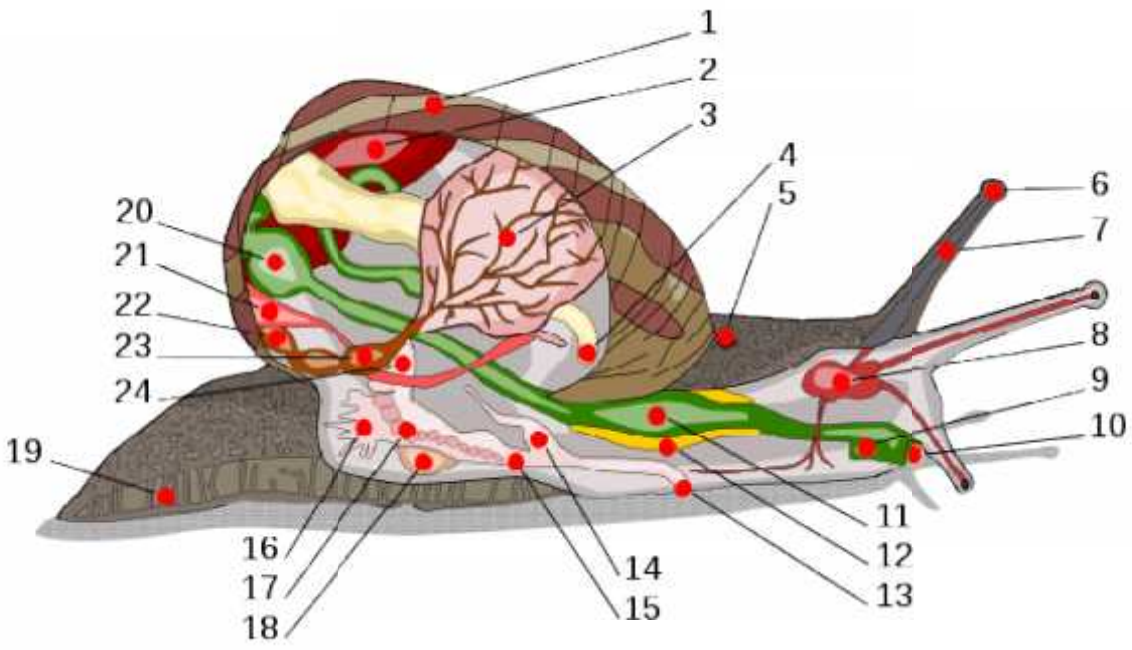

Figure 4 : Schéma en coupe de l'anatomie d'un escargot (Quibik, 2007).

1: Coquille. **2**: Foie. **3**: Poumon. **4**: Anus. **5**: Pore respiratoire. **6**: Œil. **7**: Tentacule. **8**: Cerveau. **9**: Conduit salivaire. **10**: Bouche. **11**: Panse. **12**: Glande salivaire. **13**: Orifice génital. **14**: Pénis. **15**: Vagin. **16**: Glande muqueuse. **17**: Oviducte. **18**: Sac de dards. **19**: Pied. **20**: Estomac. **21**: Rein. **22**: Manteau. **23**: Cœur. **24**: Canal déférent.

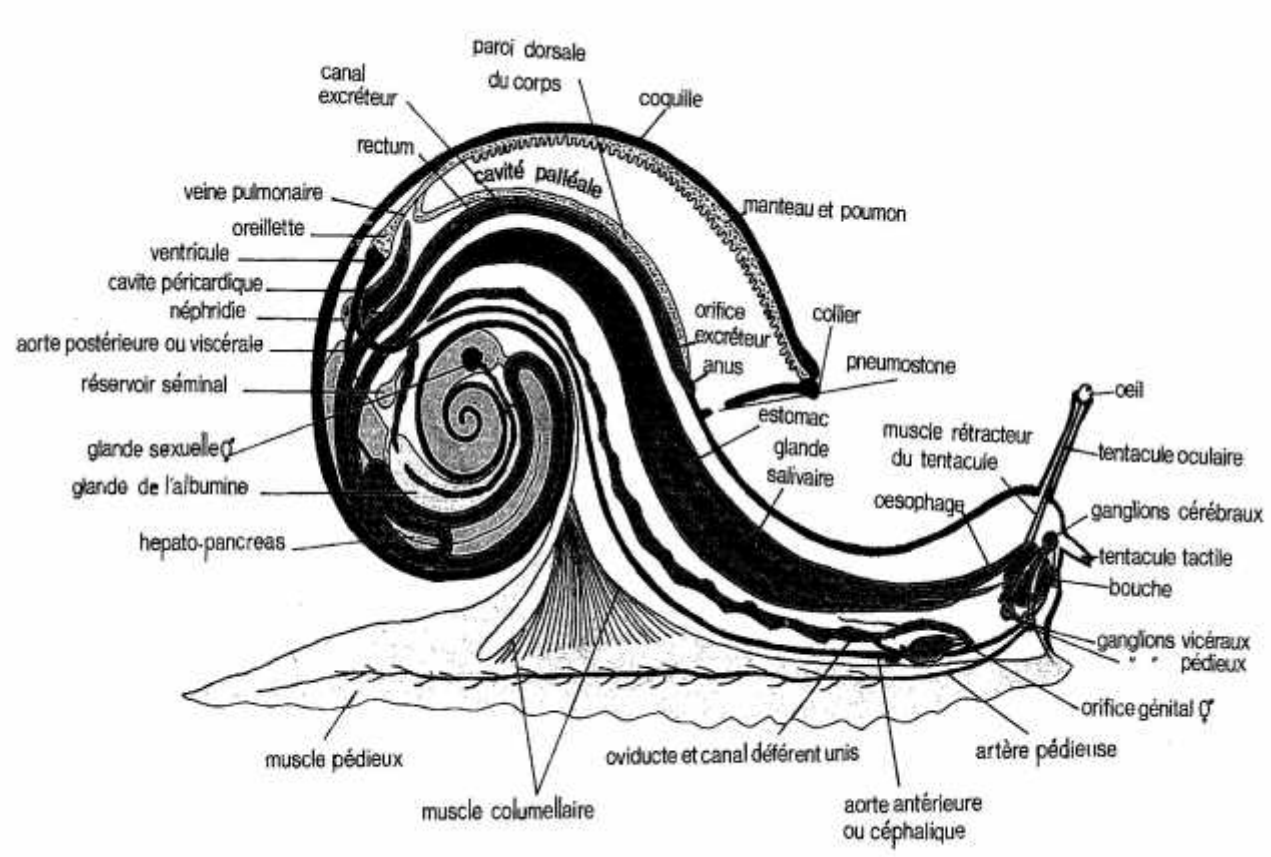

Figure 5 : Schéma de l'anatomie de l'escargot (Cazin, 2014).

L'escargot possède une respiration pulmonaire. Le poumon est formé par la cavité palléale, espace situé entre la masse viscérale et le manteau qui recouvre l'intérieur de la coquille. Il s'ouvre à l'extérieur par l'orifice respiratoire dont on peut observer aisément les mouvements rythmiques d'ouverture et de fermeture (Fig.6).

Figure 6 : Orifice respiratoire chez l'escargot (Pol, 2006).

1.3. Déplacement

Helix aspersa se déplace, seulement vers l'avant, grâce à son pied, qui est en fait un gigantesque muscle qui se contracte et s'allonge alternativement. Sa vitesse moyenne pour un adulte est d'un 1 mm/s soit 3,6 m/h. L'escargot arrive à déplacer 170 fois son poids, autrement dit un escargot qui pèse 10 g par exemple peut déplacer un poids d'environ 1,5 kg.

Ses glandes sécrètent différents types de mucus (la « bave ») contenant de nombreux composés (allantoïne, collagène, élastine) qui lui permettent à la fois d'avancer plus facilement en glissant sur les obstacles et de se fixer même verticalement sur certaines parois. Le mucus sert aussi à se débarrasser de certaines substances, comme les métaux lourds, et entre aussi dans la composition de la coquille.

Le mucus est épais, il durcit et sèche au contact de l'air en laissant une traînée brillante à la lumière (Fig.7). Les mucus sont différentes sécrétions visqueuses et translucides, produites par divers organismes, et chez ceux-ci par diverses organes ou muqueuses. Les escargots produisent des mucus externes ayant des fonctions de protection et parfois de facilité de déplacement, voire de communication.

Figure 7 : Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots (Pol, 2001).

L'allantoïne est un composé chimique azoté, de formule $C_4H_6N_4O_3$, découvert par le pharmacien et chimiste français Vauquelin dans le liquide amniotique de la vache ; il a été trouvé également dans l'urine du veau (Wöhler, chimiste allemand). L'industrie cosmétique utilise l'allantoïne extraite du mucus de certains gastéropodes, dont les escargots.

L'allantoïne est le produit de l'oxydation de l'acide urique. Accélérant la cicatrisation de la peau et la régénération des cellules. Elle est utilisée en cas de plaie ou brûlure aussi bien en médecine qu'en cosmétique (allantoïne extraite de la bave d'escargot). On en trouve dans les dentifrices, shampoing, rouge à lèvres, produit anti-acné, crème solaire, etc. L'allantoïne n'est pas antiseptique. En raison de possibles interactions, les préparations contenant de l'allantoïne ne doivent pas être stockées dans des récipients de métal. Synonymes : Ureidohydantoin, Glyoxyldiureide, Hemocane, 5-ureidohydantoin.

Le collagène est une glycoprotéine fibreuse dont le rôle peut être comparé à une armature. Il s'agit de la protéine la plus abondante de l'organisme et représente le quart de toutes les protéines de l'organisme. Il est secrété par les cellules des tissus conjonctifs.

Contrairement à l'élastine, le collagène est inextensible et résiste bien à la traction. Il est constitué de différents types selon leur localisation. Il est notamment indispensable aux processus de cicatrisation. Après certaines transformations, on peut en faire de la colle (Ward, 2006).

L'élastine est une protéine fibreuse de type structural. Sécrétée par les fibroblastes essentiellement durant la période de croissance, elle possède des propriétés élastiques. Sa synthèse diminue avec l'âge et l'élastine se trouve remplacée par du collagène inextensible. Les vergetures sont un exemple visible de ce processus, qui est lié à des contraintes mécaniques. Le vieillissement cutané en est un deuxième exemple (Albrets *et al.*, 2002).

1.4. Alimentation

Helix aspersa aspersa, à l'image de tous les escargots, s'alimente grâce à une langue dentée nommée *radula* formée de 1 500 à 2 500 dents. Sa langue est

couverte d'aspérités très dures, disposées en rangées régulières, comme la râpe du menuisier (Fig.8). La bouche a une langue appelée *radula*. Au dessus de la bouche, il y a une arête dure et la nourriture est écrasée entre la *radula* et cette arête (Beazley, 2000).

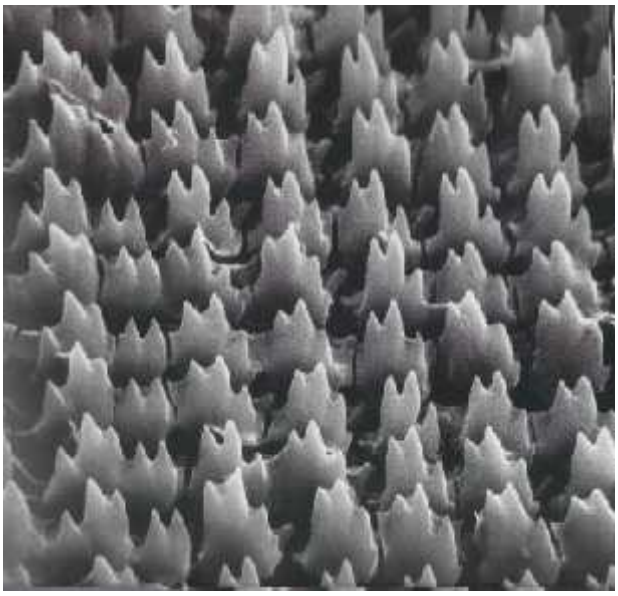

Figure 8 : Partie de la langue râpeuse de l'escargot, la *radula*, grossie 4000 fois à l'aide d'un microscope électronique à balayage (Sirtin, 2009).

La *radula* (du latin *rādula*, "grattoir") est la langue munie de nombreuses dents chitineuses, formant une râpe, que l'on trouve dans la cavité buccale des mollusques. La disposition des dents est suffisamment spécifique pour servir à l'identification de l'espèce.

Les dents qui s'usent à l'avant sont remplacées par de nouvelles dents à l'arrière de la *radula* (fonctionnement en tapis roulant). Au-delà de l'intérêt taxonomique, l'observation radulaire permet de reconnaître le type de nutrition du gastéropode. La *radula* fonctionne en faisant des mouvements de va-et-vient grâce aux muscles qui s'attachent à l'odontophore, sorte de plaque rigide qui supporte la *radula* (Fig.9).

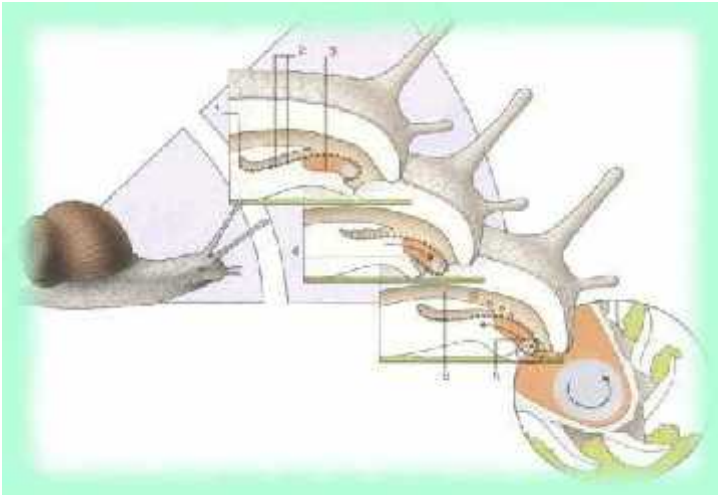

Figure 9 : Schéma du fonctionnement de la *radula* (Gireaud, 2008).

1: Langue râpeuse. **2**: Minuscules dents. **3**: Cartilage. **4**: Sortie de la *radula*.
5: Les minuscules dents sont retirées. **6**: Les particules de nourriture sont avalées.

Helix aspersa aspersa est phytophage (phyllophage et succivore), carpophage (ou frugivore), détritivore et parfois cannibale. Il peut s'attaquer aux plantes cultivées des jardins, causant parfois de gros dégâts aux récoltes. Il héberge dans son intestin une flore bactérienne qui participe à la digestion des végétaux. Les bactéries se maintiennent en vie durant l'estivation ou l'hibernation, en se nourrissant du mucus qui est sécrété par l'épithélium intestinal (Charrier *et al.*, 2006).

Selon Iglesias et Castillejo, 1998, le Petit-Gris s'alimente la nuit, se nourrit tout particulièrement de feuilles de la Grande Ortie (*Urtica dioica* L. 1753 - *Urticaceae*.), appelée encore Ortie dioïque ou Ortie commune « *Houraïga* [traduire urticante] **حرّيقة** ». Parmi leurs plantes préférées on recense le Lierre grimpant : *Hedera helix* L. - *Araliaceae* « *Qessous*, *Fettana*, *Mahboula* [trad. la folle car son feuillage est emberlificoté] **كسّوس، فتّانة، مهْبولة** » ; le Grand Plantain ou Plantain officinal : *Plantago major* L. - *Plantaginaceae* « *Meçaïça*, *Sif el maâ* [trad. épée de l'eau] **مسْيسة، سيف الماء** » ; la Centaurée rude : *Centaurea aspera* L. - *Asteracea* « *Aïn el bouma* [trad. œil du hibou] **عيْن البومة** , *Chareb necib* [trad. lèvre du gendre] **شاربْ النّسيبْ »** ; la Grande Bardane **:** *Arctium lappa* L. - *Asteraceae* « *Hebni b'zef* [''aime-moi plus fort''] **حْبني بالزّفْ »** ; mais aussi la Laitue cultivée ou Salade : *Lactuca sativa* L. **-** *Asteracea* **سْلاطة خسّة** ; le Chou commun : *Brassica oleracea* L**. -** *Brassicaceae* **كْرنبْ**; etc…

1.5. Longévité

Helix aspersa aspersa est adulte à deux (02) ans mais peut vivre plus de cinq (05) ans. Dans la nature, il dépasse rarement l'âge de trois (03) ans. Sa mort est souvent due à des prédateurs ou à des parasites. En captivité, sa longévité est bien plus longue et va de 10 à 15 ans. Certains individus ont vécu plus de trente (30) ans (Taylor, 1883).

1.6. Hibernation et estivation

Helix aspersa aspersa, escargot terrestre, n'est actif que lorsque l'humidité est suffisamment élevée. Dans le cas contraire, l'animal se rétracte à l'intérieur de sa coquille qu'il obture par un voile muqueux (courte inactivité) ou par un *épiphragme*, ce qui lui évite la déshydratation. La photopériode et la température sont des variables saisonnières qui induisent les états d'inactivité. Hibernation et estivation sont donc des réponses à des *stress* environnementaux prévisibles (Bailey, 1981 ; Aupinel et Daguzan, 1989 ; Aupinel et Bonner, 1996 ; Ansart et Vernon, 2003).

La photopériode est le principal facteur qui déclenche l'activité ou l'inactivité des escargots, selon qu'ils sont soumis à des régimes lumineux mimant des jours longs (plus de 15 h de lumière) ou courts. La connaissance de ce phénomène est primordiale pour une exploitation rationnelle de l'animal, permettant ainsi, en jouant sur les durées d'éclairement journalier, de stimuler la croissance et la reproduction ou, au contraire, l'entrée en hibernation (Le Guhennec, 1985 ; Lorvellec, 1988 ; Gomot, 1990 ; Buser et Combes, 2009).

L'*épiphragme* est un bouchon de mucus, plus ou moins imprégné de calcaire, qui durcit en séchant (Fig.10 et 11).

Figure 10 : Escargot en hibernation avec son épiphragme (Grobe, 2006).

Figure 11 : *Helix aspersa aspersa* avec son épiphragme calcifié (*Sidi Amar*).

1.7. Reproduction et cycle biologique

Évidement pour pouvoir se reproduire, l'escargot doit être adulte. Quand le bord de la coquille est dur et forme une petite visière, on dit qu'il est bordé, autrement dit un individu adulte. Par contre, quand le bord de la coquille est fin et n'est pas retroussé, la croissance se poursuit (Fig.12 et 13).

Figure 12 : Petit-Gris adulte bordé (Séquier-Blanc, 2014).

Figure 13 : Stries de croissance de la coquille du Petit-Gris (Uldry, 2012).

L'escargot est hermaphrodite. Cette particularité explique la complexité de l'appareil génital composé d'organes à la fois mâle et femelle ainsi que d'organes uniquement mâle ou femelle (Fig.14). Il comporte :

- une gonade appelée glande génitale, ou *ovotestis*, dans laquelle se forment les spermatozoïdes et les ovules, située à l'extrémité postérieure de l'hépatopancréas ;
- un canal hermaphrodite servant à l'évacuation des gamètes ;
- une glande de l'albumine qui fabrique les réserves vitellines de l'œuf ;
- un *ovispermiducte*, où cheminent d'une part les spermatozoïdes et d'autre part les ovules.

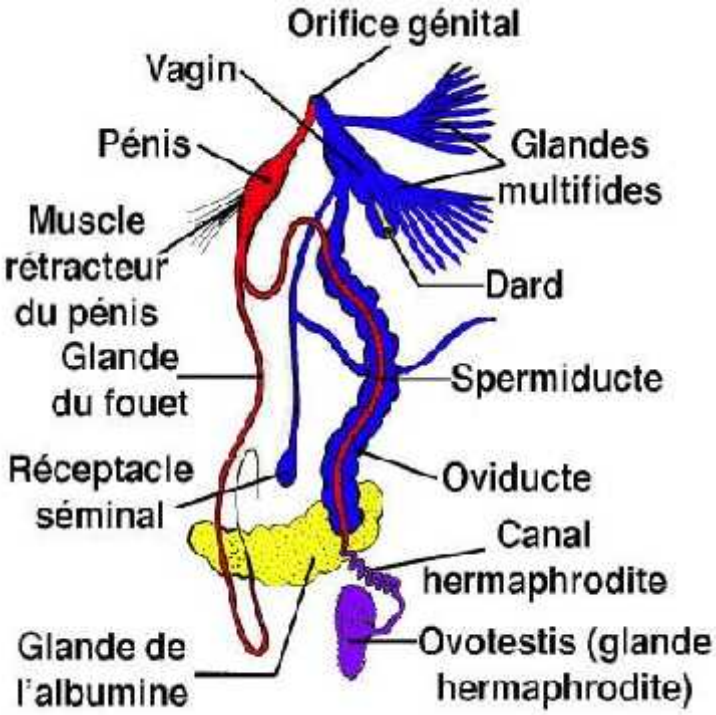

Figure 14 : Schéma de l'appareil génital de l'escargot (Guyard, 2009).

À l'issue de ce canal, l'appareil génital se divise en deux (02) voies :

- la voie mâle comprend le *spermiducte* aboutissant à l'organe copulateur, le pénis. Ce *spermiducte* possède un très long flagelle dans lequel s'accumulent, avant leur émission, les spermatozoïdes. Ceux-ci s'agglomèrent en un long filament : le *spermatophore* ;
- la voie femelle comprend la poche qui sécrète le dard calcaire lors de l'accouplement, le vagin et l'orifice génital.

L'oviducte reçoit, en amont de la poche du dard, le canal du réceptacle séminal qui possède à son extrémité distale le réceptacle et, dans sa partie médiane, un long diverticule (petit sac ou poche). De part et d'autre de l'oviducte on trouve deux glandes annexes, les glandes multifides qui aboutissent sur le vagin. La physiologie de l'ensemble de cet appareil est encore mal connue selon Aupinel *et al*., (1990).

Helix aspersa aspersa est un escargot terrestre simultanément hermaphrodite (morphologiquement mâle et femelle) qui produit des spermatozoïdes et des ovules. Avant la reproduction, les Petits-Gris pratiquent une cour rituelle de 2 à 12 heures

avant l'accouplement. Ce sont des pulmonates, prolifiques reproducteurs, qui s'inséminent réciproquement par paires afin de fertiliser leurs ovules. Chaque portée peut contenir jusqu'à cent (100) œufs. Les Petits-Gris, parmi d'autres escargots, possèdent une *spermathèque* [5]. Lorsqu'une nouvelle portée d'œufs arrive, ceux-ci sont donc fécondés par un mélange de spermatozoïdes provenant de différents mâles. Cela favorise le brassage génétique indispensable à toute population animale.

Ils possèdent une ouverture de reproduction d'un côté du corps, près de l'avant, à travers laquelle l'organe reproducteur externe est extrudé afin que les échanges de spermes puissent avoir lieu. La fécondation peut alors avoir lieu et les œufs se développer.

Helix aspersa aspersa est à la fois mâle et femelle (hermaphrodite). Mais la rencontre entre deux individus et l'accouplement sont tout de même nécessaires pour la reproduction. Le printemps est la saison des accouplements et lorsque deux individus se rencontrent, ils commencent par s'enlacer : ce sont les préludes.

Lors de l'accouplement, chaque escargot connecte son organe reproducteur situé à droite de sa tête à l'organe de son partenaire (Fig.15). C'est par là que vont s'échanger les *spermatophores*. Les spermatozoïdes ainsi collectés peuvent être conservés plusieurs mois ou années avant d'être utilisés pour fertiliser des ovaires. Pendant la copulation, l'escargot plante un dard calcaire dans son partenaire afin de favoriser la survie des millions de spermatozoïdes transmis. En effet, seuls 0,025 % de ceux-ci survivent. Le dard calcaire contient un mucus contractant temporairement le système reproductif mâle de l'escargot récepteur qui peut ainsi stocker un plus grand nombre de spermatozoïdes dans sa zone de stockage (Popple et Tribune, 2002).

[5] La **spermathèque** (de sperme via sa racine *spermatos* avec le suff. -thèque), ou **réceptacle séminal**, est un organe féminin de stockage des spermatozoïdes. Cet organe permet à l'organisme vivant de contrôler l'utilisation des spermatozoïdes qui y sont contenus ; il est ainsi capable de fertiliser ses ovocytes longtemps après l'accouplement, parfois plusieurs années. Cela implique une fonction nourricière de la spermathèque, afin de permettre la survie des spermatozoïdes, qui peuvent provenir de plusieurs individus différents.

Figure 15 : Accouplement de Petits-Gris (Buron-Mousseau, 2014).

À côté de la tête, les escargots ont une poche musculaire contenant un dard d'amour (Fig.16). Pendant les préludes, la poche musculaire s'ouvre et éjecte le dard d'amour qui va aller se planter entre la tête et la coquille chez le partenaire. Le fait d'être piqué par ce dard va stimuler les escargots qui pourront ensuite copuler. Leur pénis blanc sortira de sous le tentacule droit. Les deux partenaires s'échangeront leurs spermatozoïdes dans des petits sacs, appelés *spermatophores*. L'accouplement peut durer de 10 à 15 heures. Les deux escargots vont alors produire des ovules, qui seront fécondés par les spermatozoïdes du partenaire.

Figure 16 : Dard d'amour d'un escargot (Koene et Schulenburg, 2005).

Les escargots enterrent leurs œufs à la limite de la surface, de 5 à 10cm de profondeur, principalement lorsque le temps est tiède et légèrement humide, creusant avec leur «pied» ou plus exactement l'arrière de leur queue (Fig.17). La taille des œufs est d'environ 3 mm de diamètre. Les escargots peuvent pondre des œufs une fois par mois. Après 2 à 4 semaines de climat favorable, les œufs éclosent et les naissains apparaissent (Fig.18).

Figure 17 : Schéma d'un Petit-Gris en position de ponte (Piel, 2014).

Figure 18 : Œufs d'escargot (Astrid, 2011).

Helix aspersa aspersa pond en moyenne 85 œufs dans un petit trou creusé sous terre (4 à 8 cm). En climat chaud et humide (idéalement 20°C et 90 %), *Helix aspersa* peut pondre jusqu'à trois (03) fois entre mars et octobre. L'accouplement et la ponte sont très dépendants de la photopériode. L'accouplement débute lorsqu'il y a au moins dix (10) heures de lumière par jour, soit vers la mi-février dans l'hémisphère nord et, s'arrête dès que la durée du jour repasse sous dix (10) heures, soit vers la mi-novembre. Les zones ou les journées dépassent dix (10) heures mais avec des températures froides peuvent perturber la reproduction (Bailey, 1981).

La gestation dure une vingtaine de jours. Après la ponte, l'incubation dure 12 à 25 jours en moyenne en fonction du climat et de l'humidité là où les escargots évoluent. Les œufs d'*Helix aspersa aspersa* sont de couleur blanche, sphériques et mesurent 3 mm de diamètre. Les *naissains* (ou ''bébés escargots'') ont besoin de plusieurs jours pour percer la protection du nid et remonter à la surface (Fig.19).

Figure 19 : Naissains escargots (Bacquet, 2012).

Sous un climat de type méditerranéen, *Helix aspersa aspersa* arrive à maturité en deux (02) ans. Il éclot en automne et s'il est bien nourri et pas en situation de surpeuplement, il arrive à maturité dès le mois de juin suivant. Dans des conditions idéales créées en laboratoire, certains Petits-Gris sont arrivés à maturité en 6 à 8 mois. La meilleure période de reproduction du Petit-Gris est lors de sa troisième année (Flari et Edwards, 2003).

1.8. Environnement

Les escargots peuvent pour partie refléter la qualité de leur environnement en accumulant dans leur tortillon ou masse viscérale et/ou dans leur coquille certains polluants toxiques présents dans leur biotope. Leur mucus les protège des agressions extérieures, bactériennes et fongiques notamment. Il contribue à leur régulation thermique. Comme ce mucus est riche en acide sialique, la cible du virus grippal, la question a été posée de leur capacité à abriter une partie du cycle du virus grippal.

Les escargots terrestres sont très sensibles aux paramètres thermohygrométriques et semblent également sensibles à la pollution lumineuse qui peut dérégler leur système chronobiologique et perturber les phases d'hibernation et d'estivation. Les escargots ont disparu d'une grande partie des territoires agricoles cultivés à cause des pesticides.

Possédant un régime alimentaire varié, *Helix aspersa aspersa* est considéré comme un nuisible par les agriculteurs et arboriculteurs. Dans certains pays, on utilise le Bulime tronqué (*Rumina decollata*), représenté par les figures 20 et 21, qui est un escargot omnivore, originaire du bassin méditerranéen, qui n'est pas comestible, comme moyen de lutte biologique contre l'escargot Petit-Gris.

Fig. 20: Bulime tronqué (Aviad, 2007)

Fig. 21: Bulime tronqué ramassé à *Sidi Amar*

Certaines bandes sur les coquilles des escargots, dont le Petit-Gris (*Helix aspersa aspersa*), sont de couleur sombre, d'autres de couleur claire. Les coquilles majoritairement sombres absorbent en effet plus d'énergie solaire que les claires : ces escargots sont avantagés dans les microclimats frais et ombreux, en revanche, ils risquent la mort par choc thermique dans les endroits chauds et ensoleillés (Fig.22).

Figure 22 : Coquilles de Petits-gris (Sakho, 2013).

Les escargots sont menacés par la disparition des milieux abiotiques naturels, trouvant de moins en moins de milieux favorables pour s'alimenter, se reproduire ou simplement trouver refuge. En milieux agricoles, l'utilisation des pesticides leur est particulièrement néfaste, ainsi que la disparition des haies et des prairies naturelles. Les escargots sont des éléments biotiques importants de l'équilibre écologique car ils constituent la nourriture de certains oiseaux (grives, hiboux, …) et autres petits mammifères (hérissons, blaireaux, …) Ils participent également à la décomposition des plantes et des feuilles mortes, contribuant ainsi à la formation de l'humus et au maintient de la qualité du sol.

Les escargots vivant sur la terre sont uricotélique, ceci signifie que pour conserver de l'eau, ils produisent de l'acide urique, alors que ceux qui vivent dans l'eau produisent de l'ammoniaque, et ne sont pas uricotélique (Stiévenart et Hardouin, 1990).

L'escargot présente plusieurs intérêts, notamment :

- écobiologique (chaînes alimentaires et réseaux trophiques),
- édaphique et écopédologique,
- gastronomique et culinaire,
- socio-économique,
- médicinal: cicatrisation des plaies et des blessures, traitement de l'acné, dermatologique (cor, cal et œil de perdrix),
- cosmétique,
- bioindicateur et bioaccumulateur de la pollution du sol et de l'air.

1.9. L'escargot comme bioindicateur pour l'écotoxicologie

L'écotoxicologie revêt une importance primordiale pour l'évaluation de la qualité des écosystèmes et des biomes : elle s'intéresse particulièrement aux interactions entre les produits chimiques présents dans l'environnement et le biotope en englobant plusieurs domaines dont la mise au point de bioindicateurs tel que l'escargot *Helix aspersa* Müller, 1774 ; (Zoohomonymes : *Cantareus aspersus* Müller, 1774 ; *Cornu aspersum* Müller, 1774 ; *Cryptomphalus aspersus* Charpentier 1837).

Plusieurs espèces d'escargot sont faciles à collecter, à élever, à identifier, et peuvent être trouvées presque partout. À travers la pluie et la rosée, les végétaux et le contact avec le sol superficiel, l'escargot est en contact avec divers contaminants qu'il absorbe par voie transcutanée, par voie digestive ou respiratoire (Gomot-de Vaufleury et Pihan, 2000).

Il peut accumuler dans sa coquille des minéraux : magnésium par exemple, des métaux toxiques : plomb par exemple (Beeby et Richmond, 2011) ou des radionucléides qui *« mémorisent »* ainsi une partie de son exposition passée à certains contaminants. L'escargot terrestre se déplace relativement peu et *bioaccumule* au cours de sa croissance de nombreux contaminants (Meech et Standen, 1975 ; Coeurdassier *et al*., 2000 ; Coeurdassier *et al*., 2002 ; Gimbert *et al.*, 2006 ; Achuba, 2008 ; Gimbert *et al.*, 2008 ; Abdel Halim *et al.*, 2013).

La physiologie de l'escargot, son écologie et sa variabilité sont maintenant connues et il est facile à élever en condition normalisée de laboratoire. Il est sensible à de nombreux contaminants (Chevallier, 1977 ; Gomot *et al.*, 1989 ; Gomot-de Vaufleury, 2000 ; Gomot-de Vaufleury et Bispo, 2000 ; Gomot-de Vaufleury et Kerhoas, 2000 ; Gomot-de Vaufleury et Pihan, 2000 ; Gomot-de Vaufleury, 2001 ; Gomot-de Vaufleury et Coeurdassier, 2001 ; Gomot-de Vaufleury et Pihan, 2002 ; Van der Oost *et al*., 2003).

La qualité de la croissance et de la reproduction de certains escargots donnent des indices de degré de pollution du sol, par exemple par des pesticides ou certains éléments-trace métalliques. Il permet par exemple l'évaluation de la teneur en chrome *bioassimilable* d'un sol ou de pesticides organophosphorés ou encore d'étudier la *bioaccumulation* de métaux lourds dans la partie du réseau trophique qui le concerne (Russell *et al.*, 1981 ; Gomot *et al*., 1989 ; Berger et Dallinger, 1993 ; Rabitsch, 1996 ; Heim *et al*., 2000 ; Ismert *et al.*, 2000 ; Coeurdassier *et al*., 2001 ; Notten *et al*., 2005 ; Lee *et al*., 2010 ; Belhaouchet *et al.*, 2012).

Comme il est saprophage (se nourrit de matière en décomposition) et phytophage, qu'il pond et hiverne dans le sol, il semble pertinent de le considérer comme une «*espèce sentinelle*» qui permet de tester ses ''vertus'' *bioindicatrices* (Ledergerber *et al.*, 1999 ; Gomot-de Vaufleury et Pihan, 2000 ; Dallinger *et al*., 2001).

L'accumulation des métaux est influencée par les facteurs environnementaux : saison, type de sol, ...) et les paramètres biologiques des escargots : espèce, âge, … (Marigomez *et al*., 1986).

L'Association Française de NORmalisation (AFNOR), membre de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) en 2010-2011 a parrainé plusieurs projets de normes, dont le PR NF EN ISO 15952 /Qualité du sol - Effets des polluants vis-à-vis des escargots juvéniles - Détermination des effets sur la croissance par contamination du sol. L'AFNOR considère que l'espèce qui se prête la mieux à ce travail est le Petit-Gris (*Helix aspersa aspersa*), car le plus commun et facile à trouver. De plus, bien que d'origine européenne, il a été introduit dans le monde entier (Chevalier *et al.*, 2003).

Au même titre que le Ver de terre commun (*Lumbricus terrestris*) ou le Ver de rosé (*Lumbricus rubellus*), l'escargot a la particularité de concentrer dans ses tissus les substances chimiques présentes dans le sol, l'air et les plantes de son environnement: Cd, Pb, Zn, Cu, Hg et As. En observant ce qui est accumulé dans l'organisme du gastéropode, on peut donc savoir si un sol est pollué mais également évaluer la quantité de polluants susceptible de se disperser dans la nature et de contaminer les êtres vivants.

Ceci donne des informations très utiles pour tester des pesticides par exemple et qu'il serait impossible d'obtenir avec une méthode classique d'analyse du sol (Schuytema *et al*., 1994 ; Swaileh et Ezzughayyar, 2001 ; Scheifler *et al.*, 2002 ; Scheifler *et al.*, 2003 ; Scheifler *et al.*, 2006).

Les escargots du genre *Helix*, élevés dans des conditions standardisées, peuvent être utilisés aussi bien comme *organismes tests* pour étudier la toxicité des métaux que comme *bioindicateurs* de pollutions terrestres (Gomot *et al*., 1997 ; de Vaufleury et Gomot, 1998 ; Kramarz *et al*. 2009 ; Druart *et al*., 2012).

L'escargot est non seulement herbivore, donc renseigne sur la qualité du sol et de la flore, mais il possède aussi des poumons. Ainsi, en respirant, il absorbe les polluants atmosphériques et permet donc de mesurer la pollution de l'air. De plus, la particularité de l'escargot, bien connue des biologistes, consiste à pouvoir accumuler de grandes quantités de polluants dans son organisme sans que cela lui soit nuisible. Ainsi, au contact d'échantillons de sols pollués par des éléments-traces métalliques, la croissance de l'escargot diminue mais il n'en meurt pas pour autant, tandis qu'une quantité moins importante de métaux polluants serait fatale à l'Homme (de Vaufleury *et al*., 2009).

En effet, ces gastéropodes sont d'excellents indicateurs biologiques. Ils rejoignent les *mytiloïdes*, plus communément appelées *moules* qui sont des mollusques bivalves, les *vers de terre*, animaux fouisseurs qui contribuent au mélange permanent des couches du sol ou des *abeilles* dans la famille des «*sentinelles naturelles de la pollution*». C'est ce qu'ont révélé des études réalisées par l'université de Franche-Comté en France. Ils ont utilisé l'*Helix aspersa aspersa*, le Petit-Gris,

comme modèle animal et présenté leurs travaux lors d'un colloque national français sur les sites et les sols pollués organisé par l'ADEME (Agence française De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) en octobre 2009.

1.10. Écologie

Les escargots Petits-Gris sont des éléments importants des chaînes alimentaires et qui forment des réseaux trophiques. Ils ont de nombreux prédateurs tels que des mammifères, rongeurs ou hérissons notamment, ou des oiseaux, mais aussi parfois d'autres mollusques gastéropodes tel que le Bulime tronqué : *Rumina decollata* (Fig. 20 et 21).

Prédateurs de l'escargot dans le sous-embranchement des vertébrés :

- Les rongeurs : souris, rats et mulots.
- Les insectivores: taupes, musaraignes et hérissons.
- Les oiseaux: pies, geais et corbeaux.
- Les batraciens: grenouilles et crapauds.

Prédateurs de l'escargot dans le sous-embranchement des invertébrés :

- Les insectes: les coléoptères. Le Staphylin du littoral : *Paederus littoralis* qui se caractérise par un corps allongé : c'est une espèce pratiquant la digestion extraorale (Fig.23).
- La Lampyre ou Ver luisant : *Lampyris noctiluca* (Fig.24) : ce sont des carnassiers et la plupart d'entre eux se nourrissent de gastéropodes vivants, d'abord paralysés puis prédigérés grâce à la salive protéolysante.
- Les diptères : attirés par les escargots morts ou affaiblis. Les femelles pondent et les jeunes larves pénètrent dans le corps de l'escargot où elles se développent aux dépend des tissus, entraînant la mort de l'escargot.
- Les acariens : le *Riccardoella limacum* (Fig.25). Ce petit animal blanc de 0,4mm vit sur le pied de l'escargot et en on retrouve en grand nombre au niveau du poumon.

Fig. 23: Staphylins (Jeffdelonge, 2006)

Fig. 24: Lampyre (Geller-Grimm, 2004)

Figure 25 : *Riccardoella limacum* parasite du Petit-Gris (Fenwick, 2011).

1.11. Utilisation par l'Homme

1.11.1. Gastronomie et art culinaire

Pour le ramassage ou «*la cueillette*», il faut veiller à ne pas marcher dans les herbes ou les petits fourrés, afin d'éviter d'écraser les escargots. Par exemple, dans le cas de ramassage dans les dunes de sable, suivre les chemins, et ne pas entrer dans les fourrés. Veiller aussi à respecter une discipline par rapport à la grosseur de l'escargot : dans le cas du Petit-Gris, il est important qu'il soit bien bordé, et pèse

plus de 8 g, c'est-à-dire que sa longueur (coquille) atteigne 3 cm hors bordé. Le mieux est de prélever seulement ceux qui atteignent 3,5 cm bordé compris, ainsi ils pèsent plus de 11 g, et ont atteint l'âge adulte, ce qui leur a permis de se reproduire.

La «*cueillette*» effectuée en ligne par une famille, fouillant les fourrés est à proscrire sous peine de voir disparaître cette espèce, qui malgré tout est appréciée des gourmets. Ainsi, on parle de «*cueillettes durables et intelligentes*» des Petits-Gris.

Dans certaines régions de l'Algérie, deux sous-espèces sont ordinairement consommées sous l'appellation vernaculaire de « *Babbouch* » **بّبوش** ou « *Boujaghlel* » **بوجغلل** :

- le Petit-Gris (*Helix aspersa aspersa*), avec des recettes plus diverses que variées et souvent locales, une taille de 28 à 35 mm pour un poids adulte de 7 à 15 g.
- le Gros-Gris (*Helix aspersa maxima*), taille de 40 à 45 mm pour un poids adulte de 20 à 30 g.

Les deux races ou sous-espèces d'escargots qui vivent communément en Algérie, à savoir le Petit-Gris (*Helix aspersa aspersa*) et le Gros-Gris (*Helix aspersa maxima*), aux fines herbes sont devenues des plats que se disputent les fins gourmets en Europe. La demande du marché européen est devenue forte au point de pousser bon nombre d'exportateurs de la région Ouest de l'Algérie à recourir aux bras de plusieurs ouvriers pour la collecte appelée localement « *Tegchir El-Bebouch* ».

La ruée vers l'escargot de l'Oranie a été surtout encouragée par les nationaux émigrés, originaires de la région, qui ont initié les européens à la texture et à la saveur d'un plat de « *Bebouch* » parfumé à « *Ras el hanout* » **رأس الحانوت**, littéralement «*tête de l'épicerie*» car constitué de 14 épices ou plongé dans un bouillon fait de Thym commun (*Thymus vulgaris*), de Laurier noble ou Laurier-sauce (*Laurus nobilis*), de poireaux (*Allium porrum*), d'Ognons ou Oignons (*Allium cepa*) et de Khella, ou Noukha dans le Maghreb Arabe, également nommée Ammi visnage :

Visnaga daucoides ou *Ammi visnaga* خلّة، نوخة , une plante odorante qui pousse spontanément en Algérie (Fig.26).

Figure 26 : Khella, ou Noukha (Salguero, 2005).

La première opération d'exportation en direction de l'Europe, à partir du port d'Oran, a été réalisée au mois de décembre 2005. La Chambre de commerce et d'industrie de l'Oranie indique qu'une quantité de près de 4 tonnes d'escargots, dont 1,9 pour l'Italie, a été exportée vers l'Europe (Sabaou, 2006).

Les consommateurs européens habitués à la texture de l'escargot de Bourgogne, très répandu en France et en Espagne, qu'ils trouvent gras, se sont rabattus sur le Gros-Gris oranais ou le « *Boukrar* » بوكْرارْ comme appelé localement. Son poids, le faible taux en matières grasses de sa chair et sa coquille solide, font de lui un produit très recherché par les gastéropophages européens.

La demande grandissante des marchés européens a poussé les exportateurs à aller s'approvisionner dans les wilayas de l'Est du pays, humides par rapport à l'Oranie. Les habitants de ces régions n'ont pas pris l'habitude de consommer ce produit, selon le quotidien national Algérie Actualité, paru le 20 mai 2006, qui a cité le cas d'un commerçant qui a exporté vers l'Europe près de cinq (05) quintaux de « *Boukrars* » dont le prix de vente au marché local a atteint 150 DA le kilogramme.

Dans la région de Blida, les escargots sont préparés avec une friture de tomates fraiches et d'oignons, une « *ch'titha harra* », bien relevée. Béchiques selon certains médecins, autrement dit qui guérissent la toux (Boumlih, communication personnelle, 2012). Une farce composée de beurre et de fines herbes ainsi que de l'ail à introduire dans la coquille, puis l'escargot est préparé avec une sauce blanche (Fig.27). À l'entrée des souks, des étalages à même le sol laisse voir les lentes avancées de ces escargots des deux espèces différentes, vendues à 100 et 150 DA le kilo. Petit-Gris - Escargot de Bourgogne - ou natif d'Algérie, du côté de Mouzaïa et de Oued El Alleug, l'animal est très apprécié par une frange d'algériens.

Figure 27 : Escargots en sauce (Aurita, 2008).

Vivant dans les herbes, les grandes feuilles, les troncs d'arbres, il est ramassé par les enfants pour être ramené au marché de Blida où il est mis au sec afin de le vider de toutes les substances ingurgitées. Pour le dégorger, on lui donne même à manger de la farine afin qu'il sèche plus vite. Selon des informations recueillies sur divers sites, on peut compter sur un rendement de 70 naissains par reproducteur en deux mois. Un mètre carré d'espace permet d'élever deux kilos de cette espèce que

beaucoup disent succulente (Mekhfouldji, 2009). En Europe, on consomme également les œufs d'escargot sous la forme de caviar (Fig.28).

Figure 28 : Caviar d'escargot (de Jaeger, 2007).

1.11.2. Héliciculture

Depuis les temps les plus anciens l'Homme consomme des escargots. Au départ, ils étaient ramassés dans la nature et mangés rapidement, ensuite les êtres humains voulurent avoir des stocks dans lesquels ils peuvent se servir selon leurs besoins et leurs envies. De l'idée de parcs de réserves au temps des romains on passa progressivement aux parcs d'élevages à la fin du 19ème siècle.

L'héliciculture prend son essor dans les années soixante-dix suite à la raréfaction de certains taxons d'escargots dans la nature et à l'augmentation de la population humaine. Les escargots les plus couramment consommés sont :

- l'escargot de Turquie (*Helix lucorum*), originaire des Balkans (Fig.29) ;
- l'escargot de Bourgogne (*Helix pomatia*), zone continentale de l'Europe (Fig.30) ;
- *Helix aspersa* (Fig.31) avec deux sous-espèces, à savoir le Gros-Gris : *Helix aspersa maxima* (Fig.32) et le Petit-Gris : *Helix aspersa aspersa* (Fig.33), zone méditerranéenne.

Seuls ces deux derniers taxons sont élevés car leur valeur culinaire est supérieure aux autres.

Figure 29 : *Helix lucorum* (Iankov, 2007)

Figure 30 : *Helix pomatia* (Zell, 2010)

Fig. 31 : *H. aspersa* (Gbaiocco, 2009)

Fig. 32 : *H. aspersa maxima* (Nicobxl, 2013)

Figure 33 : *Helix aspersa aspersa* (Rasbak, 2008).

Helix aspersa est une des espèces les plus faciles à élever en héliciculture. Elle s'adapte facilement à différents types de climat et d'environnement. Les fermes à escargots permettent d'élever jusqu'à 400 Petits-Gris au m^2. Seules les sous-espèces (Petit-Gris et Gros-Gris) peuvent être élevées de façon rentable.

L'héliciculture donne des résultats acceptables dans les conditions économiques actuelles. Elle concerne principalement *Helix aspersa*. Le lieu où s'élèvent les escargots est appelé une *escargotière*, mais c'est aussi le nom du plat spécifique, creusé de petites cavités pour mettre les escargots au four et les servir. Les textes réglementaires ne considèrent pas l'escargot terrestre comme un mollusque. Il ne rentre pas non plus dans la définition juridique de ‘‘*viande maigre*’’.

Les escargots issus d'élevage ne sont jamais toxiques car leur alimentation est contrôlée. En revanche, il est recommandé de faire jeûner une quinzaine de jours les escargots sauvages pour éviter de consommer, indirectement, des plantes toxiques ou éléments-traces métalliques qu'ils auraient pu ingurgiter juste avant le ramassage.

1.12. Cosmétique

Les Petits-Gris sont parfois élevés pour récupérer leur mucus qui est utilisé dans l'industrie cosmétique. La bave d'escargot est une crème ‘‘*Bio*’’ (Fig.34 et 35). Le fabricant de la marque ‘‘Elicina’’ indique que cette crème permet de :

- lutter contre l'acné,
- contre la peau vieillie et/ou fatiguée,
- contre les rides,
- contre les vergetures,
- les marques de brûlures,
- les blessures de la peau,
- elle a aussi un pouvoir cicatrisant.

Cette bave, comme nous l'avons signalé dans le paragraphe 1.3., contient des substances très efficaces et reconnues pour leurs propriétés de régénération, guérison et de protection de la peau. Les sécrétions de l'escargot, contiennent de

l'allantoïne, du collagène, de l'élastine, de l'acide glycolique, des peptides qui sont des antibiotiques naturels et des vitamines (A, C et E).

Une crème biologique cosmétique est fabriquée à partir de la bave d'escargots. Elle permet d'embellir l'apparence de la peau, les soins du visage et du corps (Toja, 2011).

Figure 34 : Crème à la bave d'escargot (Toja, 2011).

Figure 35 : Bave d'escargot dans la cosmétique (Bintou, 2014).

Les agents présents dans la bave d'escargots sont utilisés dans le monde de la cosmétique. L'acide glycolique nettoie les imperfections de la peau en la rendant plus élastique. L'allantoine aide à éliminer les acnés en régénérant et en apaisant la peau. La bave d'escargots est également riche en collagène et en élastine, qui assouplissent l'épiderme et réduisent les rides. La vitamine A qu'elle contient donnent également un aspect éclatant à la peau grâce à ses bienfaits hydratants,

tandis que la vitamine C lui procure un aspect jeune avec le collagène et la vitamine E aux vertus anti-inflammatoires et antioxydantes. La bave d'escargots regorge aussi des exfoliants et des antiseptiques naturels.

Une crème régénératrice à base d'extrait de bave d'escargots et d'*Aloe vera* **مرّ وصْبر** vient d'être mise sur le marché. Avec ses vertus anti-rides, anti-tâches, et réparatrices, ce nouveau produit cosmétique donne un éclat à la peau du visage. Par sa composition riche en collagène, élastine, acide glycolique, allantoïne, la bave d'escargots associée, à l'*Aloe vera* **مرّ وصْبر**, hydrate la peau en fournissant à celle-ci une régénération en profondeur.

1.13. Consommation

Les gastéropodes (classe Gastropoda) constituent le plus grand groupe animal après les insectes : on en dénombre environ 40 000 espèces vivantes. Ils sont apparus voici 600 Ma et sont les seuls mollusques à avoir conquis la terre ferme.

L'archéologie a démontré que les escargots ont été consommés vers 10 000 ans avant J.-C. La «*chasse*» aux escargots était pratiquée à cheval avec des chiens au XVI^{ème} siécle. Au XVI^{éme} les escargots étaient considérés comme une «*viande maigre*», telles les grenouilles et les tortues.

L'escargot aurait été dégusté par l'Homme dès la préhistoire, de nombreuses coquilles auraient été retrouvées dans les grottes de résidence des premiers hommes. On retrouve ensuite l'Escargot dans l'alimentation des romains et des grecs dès le IV^{ème} siècle avant J.-C. Apicius Marcus engraissait les escargots au lait pour les faire frire par la suite dans l'huile de table.

Aujourd'hui les espèces les plus consommés à travers le monde sont :

- L'Escargot de Bourgogne (*Helix pomatia*) qui est le plus connu. Sa coquille est de couleur crème et on ne consomme que le pied de ce gros escargot (20 à 40 g).
- L'Escargot des Balkans ou de Turquie (*Helix lucorum*) qui est un gros escargot de 20 à 40 g dont le tortillon doit être enlevé, sa chair est peu

savoureuse et sa coquille est beaucoup utilisée en étant farcie de chairs d'Achatine (= Escargot géant africain).

- Le Gros-Gris (*Helix aspersa maxima*) qui est un gros escargot de la taille du Bourgogne (20 à 40 g), originaire d'Afrique du Nord dont le tortillon doit être également enlevé. Ce qui le différencie du Petits-Gris c'est que le manteau est noir, détail qui se remarque vivant mais également dans l'assiette après cuisson.
- le Petit-Gris (*Helix aspersa aspersa*) à coquille rayée de brun gris pèse de 5 à 15. Il apprécie les climats maritimes humides et vit à l'état naturel en Algérie et sur les côtes méditerranéennes. Il peut se consommer entier avec son tortillon. C'est l'escargot le plus tendre, le plus savoureux et le plus recherché des gastronomes.

Helix aspersa aspersa fait l'objet d'une cueillette active pour consommation. Sa récolte n'obéit à aucune réglementation en Algérie. Par exemple, on ne doit pas ramasser un escargot non bordé, c'est-à-dire dont la coquille n'a pas encore de repli épais à l'ouverture. L'escargot est très peu sensible à la pollution. Il mange tout ce qu'il trouve, bon ou mauvais, et ne s'en porte pas plus mal. Le consommateur doit veiller à ne pas manger des escargots récoltés en terrain potentiellement pollué car dans ce cas, ces escargots normalement comestibles pourraient devenir toxiques.

La dégradation de la faune du fait du ramassage excessif des escargots à des fins de commercialisation constitue, d'après des pédologues, une atteinte nuisible à l'ensemble des processus bio-physico-chimiques qui, en interaction les uns avec les autres, aboutissent à la formation, la transformation ou la différenciation des sols (Boumelih, 2009).

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

2.1. Sites de ramassages

Le premier site de ramassage *Sidi Amar* (Lat. 35°07'03'' E ; Long. 7°10'11'' N) se situe à proximité du complexe sidérurgique d'Arcelor-Mittal d'El Hadjar est qualifié de très pollué (Marzouki *et al.*, 2005 ; Grara, 2011 ; Belhaouchet *et al.*, 2012). Le second site de ramassage *Dréan* (Lat. 36°68'33'' E ; Long. 7°75'00' N), à vingt (20) Km à l'Est du complexe sidérurgique, se localise dans un verger d'agrumes relativement éloigné de sources de pollution (Fig.36).

Selon Marzouki *et al.* (2005) ainsi que Halimi (2010), El-Tarf est une wilaya moins polluée que celle d'Annaba ; ce qui justifie le choix de ramassage de spécimens d'*Helix aspera aspera* au niveau du site de *Dréan* situé dans la wilaya d'El-Tarf.

Figure 36 : Situation géographique des sites de *Sidi Amar* et *Dréan* (Google Earth, 2014).

2.2. Analyse des paramètres climatiques des sites *Sidi Amar* et *Dréan*

Les communes de *Sidi Amar* et *Dréan* font partie d'un même étage bioclimatique. La classification de Köppen prend en considération les deux paramètres climatiques température et pluviométrie. Le climat de *Sidi Amar* est de type méditerranéen tempéré chaud. La température moyenne annuelle est de 18,4°C. Les précipitations y sont plus importantes en hiver qu'en été avec une moyenne annuelle de 712 mm.

Août est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 25,7°C à cette période. Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 11,9°C. Une différence de 119 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Sur l'année, la température varie de 13,8°C (Fig.37 et 38).

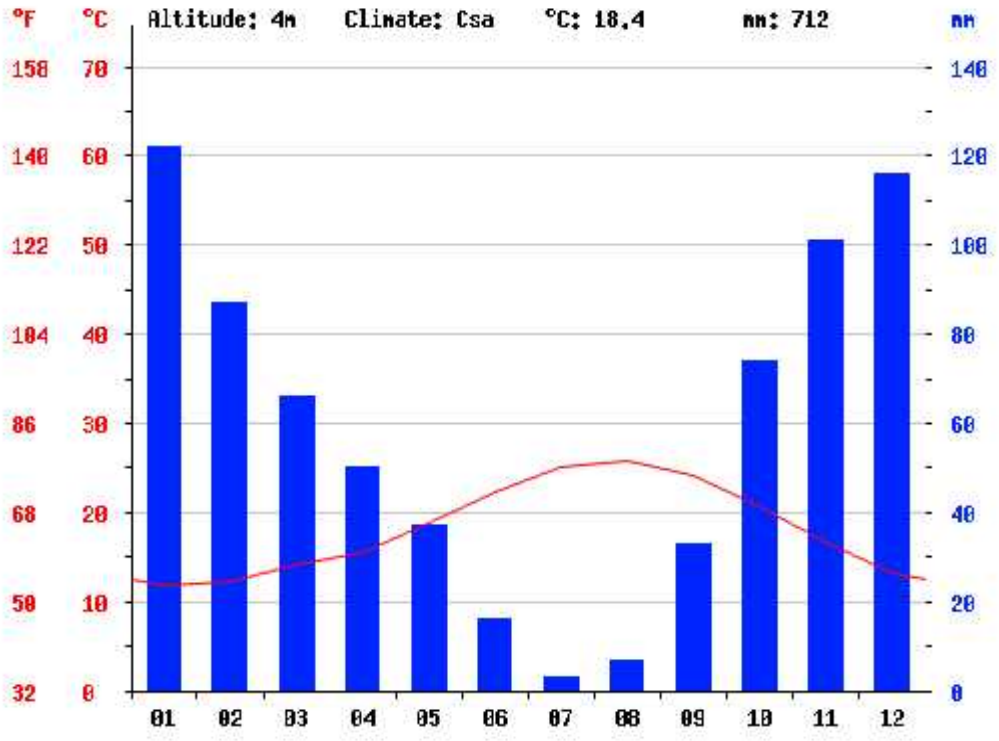

Figure 37 : Diagramme climatique à *Sidi Amar* (Schwarz, 2014).

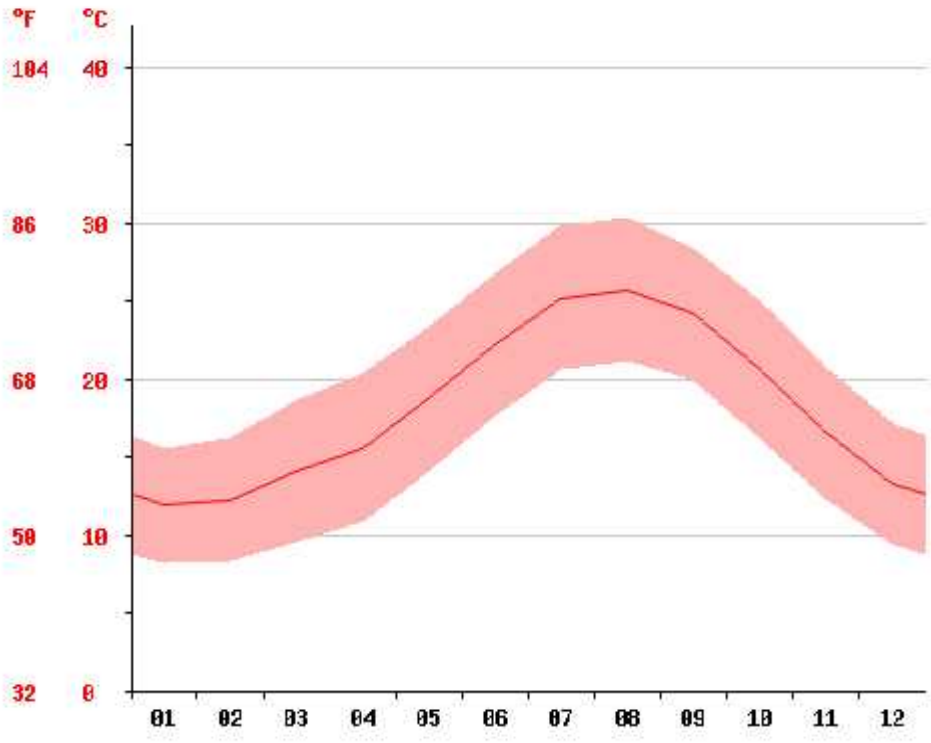

Figure 38 : Courbe de température à *Sidi Amar* (Schwarz, 2014).

Le climat de *Dréan* est de type méditerranéen tempéré. Les précipitations sont plus importantes en hiver qu'en été. La température moyenne annuelle est de 18°C. La moyenne des précipitations annuelles atteint 684 mm. Avec 3 mm, le mois de juillet est le plus sec. En janvier, les précipitations sont les plus importantes avec une moyenne de 114 mm.

Août est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 25,7°C à cette période. Janvier est le mois le plus froid de l'année. La température moyenne est de 11,1°C à cette période. Une différence de 111 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Sur l'année, la température varie de 14,6°C (figures 39 et 40).

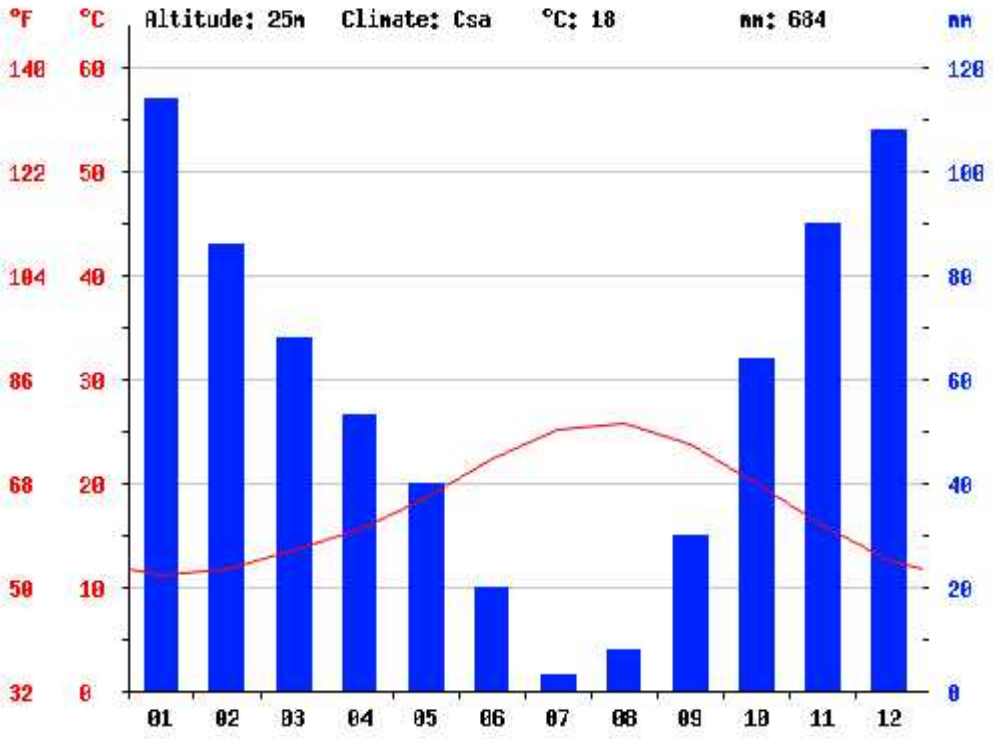

Figure 39 : Diagramme climatique à *Dréan* (Schwarz, 2014).

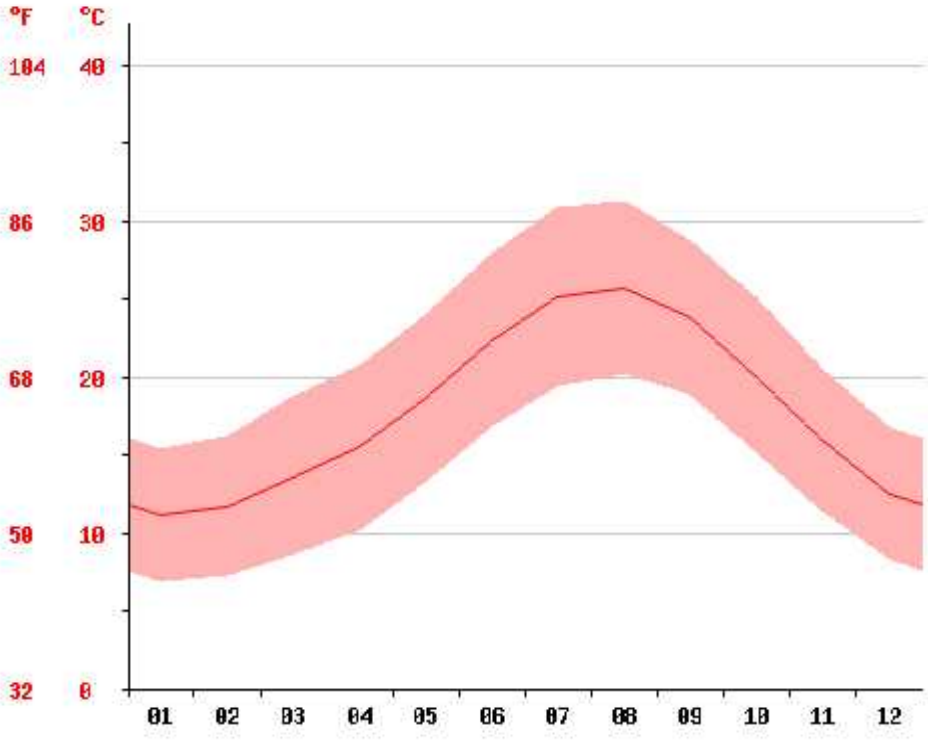

Figure 40 : Courbe de température à *Dréan* (Schwarz, 2014).

Nous constatons que les deux régions de *Sidi Amar* et de *Dréan* appartiennent au même étage bioclimatique qui est du type méditerranéen ou «tempéré chaud» ou encore «subtropical de façade ouest» (*Csa*), ce qui nous permet de comparer les échantillons de populations d'escargots ramassés dans les deux sites, à savoir ceux de *Dréan* et *Sidi Amar*.

2.3. Matériel biologique

Helix aspersa aspersa (Gastropoda : Stylommatophora ; Helicidae), connu sous le nom vernaculaire d'escargot Petis-Gris, a été choisi en raison de sa sédentarité, de son abondance dans la région d'étude et surtout en tant que *bioindicateur* et *bioaccumulateur* de polluants des sols.

Au mois d'octobre 2009, et pour chaque site de prélèvements, 100 individus *Helix aspersa aspersa* ont été ramassés à 24 heures d'intervalle avec un échantillonnage par agglomérats (assemblages d'escargots hétéroclites de part la taille, le poids, l'âge, etc).

2.3.1. Hiérarchie taxonomique et nomenclaturale du Petit-Gris

La *classification scientifique* du Petit-Gris, que l'on peut donc aussi appeler «*classification biologique*», correspond autant à la systématique, qui est la méthode ou ensemble de méthodes pour classifier le vivant, qu'à la taxinomie ou taxonomie, qui est la classification elle-même, résultante de l'application de la méthode. Les méthodes de la «*classification dite classique*» ou «*traditionnelle*» ont été dominantes jusqu'à la seconde moitié du XX^{e} siècle, marquée par l'apparition en 1950 de la *systématique phylogénétique* ou *cladistique* (Henning, 1950).

2.3.1.1. Classification classique

La classification classique ou «*classification dite traditionnelle*» de l'escargot terrestre Petit-Gris est comme suit :

Règne	**Animalia** Linnaeus, 1758 Synonyme = **Metazoa** Haeckel, 1874
Embranchement	**Mollusca** Cuvier, 1795
Classe	**Gastropoda** Cuvier, 1797
Ordre	**Stylommatophora** Schmidt, 1856
Famille	**Helicidae** Rafinesque, 1815
Genre	***Helix*** Linnaeus, 1758
Espèce	***Helix aspersa*** Müller, 1774
	Synonyme = ***Cornu aspersum aspersum*** Müller, 1774
Sous-espèce	***Helix aspersa aspersa*** Müller, 1774

2.3.1.2. Classification phylogénétique

La classification phylogénétique ou «*classification dite moderne*» du Petit-Gris est comme suit :

Domaine (ou Empire)	**Eukaryota** Whittaker & Margulis, 1978
Sous-domaine	**Unikonta** Cavalier-Smith, 1987
Super-règne	**Opisthokonta** Adl *& al*., 2005
Règne	**Animalia** Linnaeus, 1758
	Zoohomonyme = **Metazoa** Haeckel, 1874
Sous-règne	**Eumetazoa** Bütschli, 1910
Embranchement	**Mollusca** Cuvier, 1795
Classe	**Gastropoda** Cuvier, 1797
Sous-classe	**Orthogastropoda** Ponder & Lindberg, 1996
Ordre	**Pulmonata** Cuvier, 1814
Sous-ordre	**Eupulmonata** Haszprunar & Huber, 1990
Infra-ordre	**Stylommatophora** Schmidt, 1856
Super-famille	**Helicoidea** Rafinesque, 1815
Famille	**Helicidae** Rafinesque, 1815
Genre	***Helix*** Linnaeus, 1758
Espèce	***Helix aspersa*** Müller, 1774

(Zoohomonymes) ***Cantareus aspersus*** Müller, 1774,
Cornu aspersum Müller, 1774,
Cryptomphalus aspersus Charpentier, 1837

Sous-espèce ***Helix aspersa aspersa*** Müller, 1774
Synonyme = ***Cornu aspersum aspersum*** Müller, 1774

2.3.2. Étymologie et définitions

- ***Helix***, en grec, signifie ‘‘hélice’’, ‘‘spirale’’ ou ‘‘vrille’’, désigne le nom du genre en raison de sa coquille enroulée en hélice.

- ***Helix aspersa*** est le nom d’une espèce d’escargot comestible dont il existe deux formes: *Helix aspersa aspersa* Müller, 1774 (Petit-Gris) et *Helix aspersa maxima* Taylor, 1883 (Gros-Gris).

- ***aspersa***, ***adspersa***, en latin signifie ‘‘dispersé’’ ou ‘‘se réfère à la pigmentation’’.

- Le terme **classification classique** désigne, en Sciences Naturelles, une méthode historiquement utilisée pour classifier les espèces vivantes. Dans le sens général, les termes suivants sont synonymes : *classification traditionnelle*, *systématique classique*, *systématique traditionnelle*, *taxinomie classique*, *classification linnéenne*, *systématique linnéenne* ou *taxinomie linnéenne*. En biologie, d’une manière générale, la classification classique désigne la classification scientifique traditionnelle, fondée sur une analyse comparée des caractères morphologiques des espèces. Le botaniste suédois Carl von Linné (1707-1778) en fut l’initiateur, en l’appliquant à tous les êtres vivants qu’il connaissait.

- La **classification phylogénétique** (de *génétique* avec le préfixe *phylo-,* issu du grec, *phylon,* «tribu, race»), est un système de classification des êtres vivants qui a pour objectif de rendre compte des *degrés de parenté entre les espèces*, et qui permet donc de comprendre leur *histoire évolutive* (ou *phylogénie*). Elle ne reconnaît pas certains groupes comme les *reptiles* ou les *poissons* contrairement à la classification classique. La *classification phylogénétique* a remplacé la classification traditionnelle dans les milieux

scientifiques à travers le monde. Elle se base principalement sur les méthodes de la *cladistique*, méthode établie par Hennig (1950). Cette méthode révolutionna ainsi toute la systématique à partir de la fin des années 1960 et se base également sur les *comparaisons de molécules* (*ADN*, *protéines*) dites *homologues*, *appartenant à différentes espèces*.

- La **cladistique**, du grec *klados*, signifiant «branche», aussi appelée *systématique phylogénétique*, est une théorie concernant la *classification phylogénétique*, qui est l'étude de la classification des êtres vivants selon leurs *relations de parenté*, dans un cadre *évolutionniste*. Elle repose sur la construction de *groupes monophylétiques* (ou *clades*), c'est-à-dire des groupes incluant un ancêtre et l'ensemble de sa descendance.

- Apparaît, en 1813, sous la forme **taxinomie** («théorie des classifications appliquée au règne végétal» — (de Candolle, Théorie Élémentaire de la botanique, p.19, 1813), la forme actuelle date de 1868 et correspond un peu mieux au grec ancien *táxis* «rangement, ordre», la seconde partie du mot dérivant de *nómos* «ce qui est attribué en partage, part». En biologie, c'est une méthode cohérente et complète de classification des êtres vivants dans un système déterminé. La **taxinomie** des animaux et la **taxinomie** des végétaux. Le terme **taxonomie** est une variante de taxinomie.

- Les **eupulmonés** ou **Eupulmonata** (mot construit à partir du préfixe *eu-* emprunté au grec, *eu-*, et du latin, *pulmonem* , «poumon», ce qui signifie donc littéralement «poumon vrai», est un clade taxonomique des *escargots terrestres*. La grande majorité de ce groupe sont des *escargots* et des *limaces*. Les nouvelles recherches phylogénétiques et moléculaires ont aboutit à des taxinomies différentes. Actuellement, la plus à jour des systématiques des Gastropoda est celle de Bouchet *et al*., (2005).

- Les **stylommatophores** ou **Stylommatophora** (du grec, *stŷlos* «colonne, pilier» et *-foros*, de *ferein* «porter» des *yeux*), sont un groupe rassemblant les *gastéropodes* connus sous les noms d'*escargots* et de *limaces*. Il s'agit par conséquent de mollusques presque exclusivement terrestres par opposition aux *basommatophores* (les *lymnées* et *planorbes*).

- Les **helicoidés** ou **Helicoidea** forment le taxon de la super-famille des escargots terrestres respirant de l'air et qui sont des mollusques gastéropodes pulmonés dans le clade des Stylommatophores.

- La famille des **hélicidés** ou **Helicidae** est une vaste famille de *Gastéropodes* regroupant 90 genres. Elle a été créée par le naturaliste et archéologue américain Rafinesque.

2.4. Paramètres biométriques

Conformément aux indications présentes dans la littérature (Stiévenart, 1990 ; Stiévenart et Hardouin, 1990), les mensurations morphométriques sur des escargots vivants, faites à l'aide d'un pied à coulisse ± 0,02cm et d'une balance de précision ± 0,001g (Fig.41 et 42), ont concerné les variables suivantes :

- diamètre de la coquille,
- hauteur de la coquille,
- poids total de l'individu,
- poids de la masse viscérale (ou tortillon),
- et poids de la coquille vide.

Parallèlement, une densité moyenne de population d'*Helix aspersa aspers*a au lieu de ramassage a été évaluée à 18 spécimens/m^2 à *Sidi Amar* et à 26 spécimens/m^2 à *Dréan* et ce, pour une surface prospectée égale à 100 m^2 dans les deux sites.

Fig. 41: Pesée d'un spécimen de Petit-Gris.

Fig. 42: Mensurations de Petits-Gris.

2.5. Dissection du Petit-Gris

- Matériel de dissection

- une cuvette à dissection en PEHD (Poly-Ethylène Haute Densité)
- une paire de ciseaux vague fins,
- des pinces fines droites,
- des épingles à dissection pour la fixation,
- des verres de montre de forme concave,
- et un stéréomicroscope, appelé couramment « *loupe binoculaire* ».

Les échantillons sont rincés abondament pour les débarrasser de leur mucus et autres impuretés (Fig.43).

Figure 43 : Libération du mucus suite à un stimulus avec une pince fine.

- Protocole expérimental

Dans une cuvette à dissection, à l'aide des ciseaux, nous avons découpé la coquille en suivant le bord de son enroulement suivant les étapes (1) ; (2) et (3) comme indiqué dans la figure suivante. La libération du mucus correspond à une réaction de protection de l'animal.

Figure 44 : Coupure de la coquille *d'Helix aspersa aspersa*.

Comme nous l'avons déjà signalé, après avoir découpé lentement la coquille par petits morceaux et avoir enlevé délicatement les morceaux éclatés ou cassés avec des pinces fines droites en évitant de crever les autres organes internes (Fig.45 et 46).

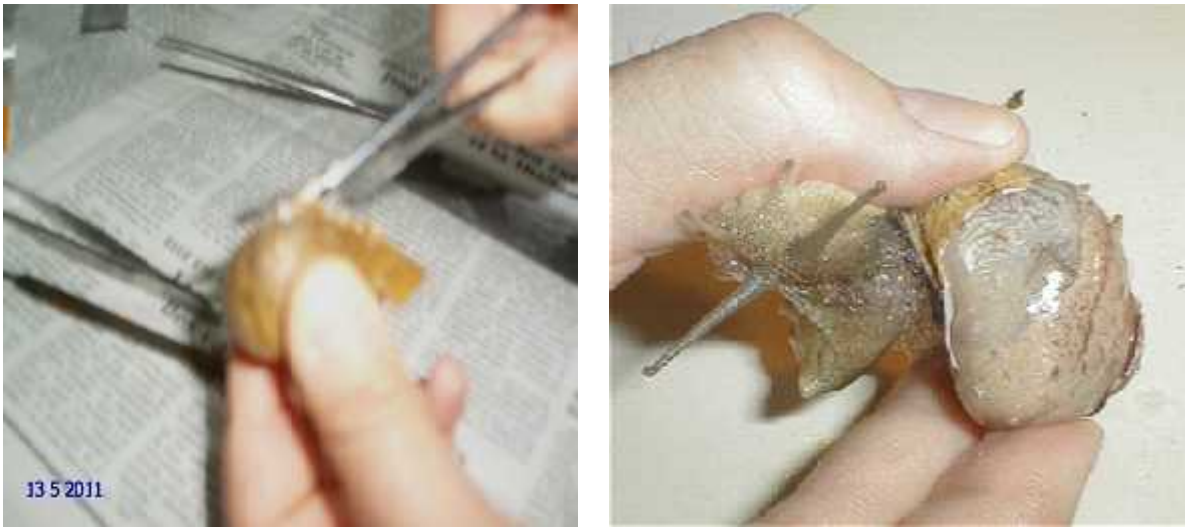

Figure 45 : Opérations de décoquillage *d'Helix aspersa aspersa.*

Figure 46 : Masses viscérales (ou tortillons) *d'H.aspersa aspersa.*

Progressivement le poumon paraît dans sa totalité avec la veine pulmonaire (Fig.47) reliée à l'oreillette en mettant en évidence sur le dessus, le cœur, le rein, l'hépatopancréas et l'appareil génital.

Figure 47 : Poumon et veine pulmonaire d'un Petit-Gris disséqué.

Ainsi, nous avons pu observer :

- le poumon rosé occupant un grand espace (Fig.48),
- le cœur de couleur jaunâtre entouré d'une fine enveloppe péricardique,
- à l'arrière du cœur se trouve le rein allongé de couleur jaunâtre avec des veinules brunes,
- l'hépatopancréas brun violacé en bordure en haut (Fig.48),
- et finalement l'appareil génital de couleur blanchâtre composé d'organes à la fois mâle et femelle (Fig.49).

L'hépatopancréas est délicatement isolé des autres organes puis déposé dans un verre à montre. Après observation au stéréomicroscope, l'organe est pesé à l'aide d'une balance à précision. Le même protocole est appliqué pour l'appareil reproducteur.

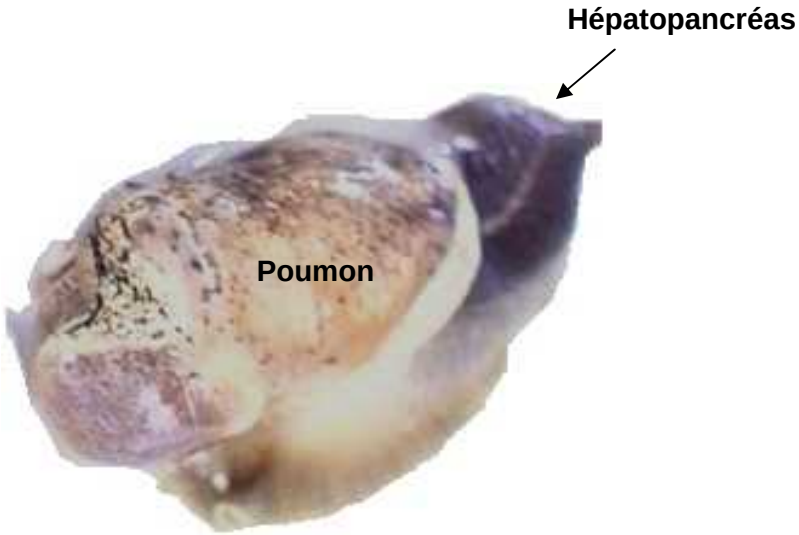

Figure 48 : Organes internes de l'escargot Petit-Gris décoquillé.

Figure 49 : Appareil génital d'*Helix aspersa aspersa*.

En conditions normalisées de laboratoire, certains spécimens d'*Helix aspersa aspersa* ont montré un comportement de ponte (Fig.50).

Figure 50 : Pontes d'*Helix aspersa aspersa* en conditions normalisées de laboratoire.

2.6. Dosage du glutathion

Le glutathion ou γ-glutamyl-cystéinyl-glycine, le plus abondant thiol libre non protéique dans les cellules, existe en équilibre entre deux formes, l'une réduite (GSH), et autre oxydée (GSSG). Le glutathion constitue un acteur essentiel de la défense antioxydante dans la lutte contre le stress oxydant.

La liaison γ-glutamyl ainsi que la fonction thiol du GSH lui confèrent un grand nombre de fonctions : le transport des acides aminés, la synthèse des œstrogènes, des prostaglandines, et des leucotriènes, la détoxification des éléments-traces métalliques et autres xénobiotiques par action directe ou indirecte. La forme réduite (GSH) rentre dans la détoxification en réagissant avec le peroxyde d'hydrogène, communément appelé eau oxygénée (H_2O_2), l'hydroperoxyde (ROOH), et le radical hydroxyle (OH) grâce à son pouvoir réducteur (Griffith et Mulcahy, 1999).

Le rapport GSH/GSSG est hautement régulé par le système glutathion réductase. Cependant si le niveau de stress excède la capacité de la cellule de réduire le GSSG qui peut s'accumuler (Griffith O.W. et Mulcahy R.T., 1999). Par conséquent le rapport (GSH/GSSG) est un indicateur dynamique du stress oxydant dans les cellules non stressées, 99% du glutathion est présent sous sa forme réduite GSH (Ji *et al.*, 1992 ; Al-Mutairi *et al*., 2007).

Le principe de ce dosage repose sur la mesure de l'absorbance optique de l'acide 2-nitro-5-mercapturique. Ce dernier résulte de la réduction de l'acide 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoïque (réactif d'Ellman, ou DTNB) par les groupements (-SH) du glutathion. Pour cela, une déprotéinisation de l'homogénat est indispensable afin de garder uniquement les groupements thiol spécifiques du glutathion.

La méthode de Wekbeker et Cory (1988) a été appliquée pour le dosage du glutathion dans l'hépatopancréas et l'appareil reproducteur. 200 mg d'hépatopancréas sont placés dans 8 ml d'une solution d'Acide-Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique (EDTA) et 20 mg de l'appareil reproducteur dans 4 ml d'EDTA à 0,02 M. Broyés à froid à 4 °C, un volume de 0,8 ml de chaque homogénat est déprotéinisé en présence de 0,2 ml d'une solution d'Acide Sulfo-Salicylique (SSA) 0,25à %.

Après agitation durant 15 mn dans un bain de glace, les échantillons sont soumis à une centrifugation à 1000 tours/mn durant 15 mn. Après ajout de 1 ml d'une solution tampon à pH 9,6 (Tris + EDTA à 0.02 M), 0,5 ml du surnageant sont prélevés puis additionnés à 0,025 ml de DTNB à 0,01 M (dissous dans le méthanol absolu). Les Densités Optiques (DO) sont lues à 412 nm un blanc préparé dans les mêmes conditions. La concentration en glutathion [GSH] est évaluée selon la formule :

[GSH] (nm GSH /mg protéine) = (DO × 1 × 1,525) / (13100 × 0,8 × 0,5 mg protéine)

Significations des acronymes et coefficients :

GSH : forme réduite du glutathion
DO : Densité Optique à 412 nm.
1 : volume total des solutions utilisées dans la dé-protéinisation (0,8 ml homogénat + 0,2 ml SSA ou Acide Sulfo-Salicylique).
1,525 : volume total des solutions utilisées dans le dosage du GSH (0,5 ml surnagent + 1 ml Tris EDTA (Acide-Ethylène-Diamine-Tétra-Acétique) + 0,025 ml DTNB).
13100 : coefficient d'absorbance du groupement (–SH) à 412 nm.
0,5 : volume du surnageant trouvé dans 1,525 ml.
0,8 : volume de l'homogénat trouvé dans 1 ml.

On note que la concentration de la forme réduite du glutathion (GSH) est mesurée par apport à 1mg de protéines. Pour cela, ce dosage doit être accompagné par le dosage des protéines.

2.7. Dosages des concentrations en protéines dans les hépatopancréas et les appareils reproducteurs

Du fait que la concentration du (GSH) soit mesurée par rapport à 1 mg de protéines, le dosage de la concentration en protéines a été réalisé selon la méthode de Bradford (1976) qui utilise le bleu de Coomassie (également appelé *Brilliant Blue*, *Brilliant Blue G*, *Acid Blue* 90, C.I. 42655, ou *Brilliant Blue* G 250) comme réactif (Fig.51). Ce dernier réagit avec les groupements amines (-NH_2) des protéines pour former un complexe de couleur bleue.

L'apparition de cette couleur reflète le degré d'ionisation du milieu acide et l'intensité établit la concentration des protéines dans l'échantillon. Le gel est trempé dans le colorant pendant 30 mn, avant d'en être débarrassé trente minutes après. Ceci permet la visualisation de bandes, indiquant la teneur en protéines du gel. La visualisation du gel contient habituellement un «*marqueur*», qui contient des protéines de poids moléculaire connu, ce qui permet d'évaluer le poids moléculaire des protéines de la solution ou du tissu à tester.

Figure 51 : Solution de bleu de Coomassie.

Mode opératoire :

- Prélever 0,1 (0,05) ml de l'homogénat.
- Ajouter 5 (2,5) ml du réactif de Bradford.
- Agiter et laisser reposer 5 mn.
- Lire la densité optique à 595 nm, contre un blanc préparé dans les mêmes conditions.

La densité optique obtenue est rapportée sur une courbe d'étalonnage préalablement tracée. La concentration des protéines est déterminée par comparaison à une gamme étalon d'albumine sérique bovine (1 mg/ml) réalisée dans les mêmes conditions (Fig.52).

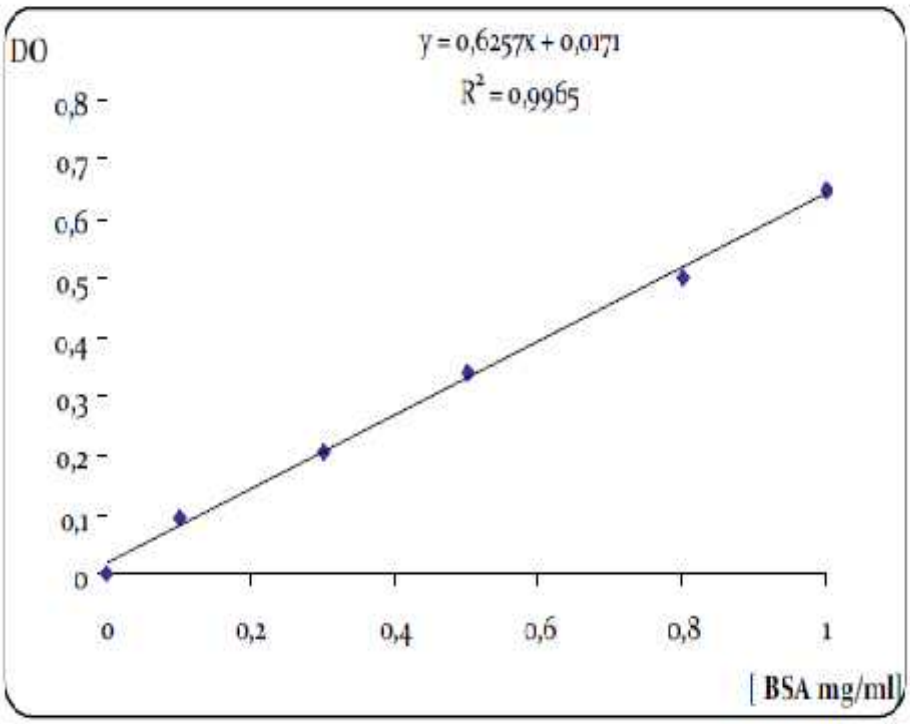

Figure 52 : Concentration des protéines déterminée par comparaison à une gamme étalon d'albumine sérique bovine (1 mg/ml).

2.8. Étude statistique

- Descriptions des données

Pour mieux décrire les différentes variables morphométriques mesurées sur les poids corporels, les poids des masses viscérales ainsi que ceux des appareils reproducteurs, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique ($\bar{x}$), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, ainsi que l'écart-type (s) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales (x_{min}) et maximales (x_{max}) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et *in fine* l'effectif (n) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées.

Ces paramètres ont étés calculés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données MINITAB version 15.0 pour chacune des caractéristiques étudiées sur les coquilles et sur les tortillons et ceci pour les deux sites d'étude (*Sidi Amar* et *Dréan*).

- Comparaison entre sites, des caractéristiques moyennes : test *t* de Student

Pour comparer les moyennes de deux échantillons indépendants, l'analyse statistique par le test *t* de Student a été appliquée aux valeurs moyennes des mensurations morphométriques des populations d'*Helix aspersa aspersa* provenant des deux sites et ce, conformément aux méthodes préconisées par Huberty (1994) et Dagnelie (2006).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Cette étude morphométrique de l'escargot *Helix aspersa aspersa* a été réalisée pour comparer la croissance de cette espèce au niveau de deux sites, l'un soumis à une grande pollution industrielle, en l'occurrence *Sidi Amar*, et *Dréan* relativement éloigné des sources de pollution.

3.1. Association du Petit-Gris à la végétation

Nous relevons d'abord que la densité moyenne de population d'*Helix aspersa aspersa* dans le site *Sidi Amar* est de 18 individus /m^2 alors qu'à *Dréan*, la densité moyenne relevée sur la végétation (sol, troncs, branches, feuilles, fruits des citronniers et orangers) est de 112 individus/m^2.

Possédant un régime alimentaire varié (phyllophage et frugivore), *Helix aspersa aspersa* se nourrit tout particulièrement de feuilles de la Grande Ortie: *Urtica dioica* – *Urticaceae* (Iglesias et Castillejo, 1998) tout en ayant une préférence pour les bananes : *Musa×paradisiaca* (*Musacea*), les fraises des bois : *Fragaria vesca* (*Rosaceae*) et les fines herbes. L'association d'*Helix aspersa aspersa* au Romarin officinal : *Rosmarinus officinalis* (*Lamiaceae*) a été signalée par Damerdji *et al*. en 2005.

La strate herbacée qui sert aussi bien de nourriture que d'habitat à *Helix aspera aspera* n'est pas très dense dans la station *Sidi Amar* mais elle reste conforme à son régime alimentaire avec la présence de *Rosmarinus officinalis*, d'*Urtica dioica*, de la Lavatère de Crète : *Lavatera cretica* (*Malvaceae*) et du Gommier rouge : *Eucalyptus camaldulensis* (*Myrtaceae*) très prisées par *Helix aspersa aspersa*. Les feuilles de l'Oranger doux : *Citrus sinensis* (*Rutaceae*) sont aussi une préférence alimentaire pour cette espèce phyllophage et frugivore qui montre aussi une prédilection pour les feuilles et les fruits du Citronnier : *Citrus×limon* (Fig.53).

Figure 53 : Deux Petits-Gris sur un citron (*Dréan*).

À *Sidi Amar*, les spécimens *Helix aspersa aspersa* ont été ramassés sur les plantes suivantes :

- la Lavatère à grandes fleurs (*Lavatera trimestris* – *Malvaceae*) **خبّيْزة**,
- la Grande Ortie (*Urtica dioica* – *Urticacea*) encore appelée Ortie dioïque ou Ortie commune **حرّيقة**,
- le Romarin officinal (*Rosmarinus officinalis* – *Lamiacea*) **لكْليلْ** (Fig.54).
- des écorces desquamées du Gommier de Camaldoli ou Gommier des rivières (*Eucalyptus camaldulensis* – *Myrtacea*) **كليتوس** (Fig.55 et 56).

Figure 54 : Petit-Gris sur tige de romarin (*Sidi Amar*).

Figure 55 : Petit-Gris hivernant sous l'écorce d'un Eucalyptus (*Sidi Amar*).

Figure 56 : Petit-Gris sur feuilles d'Eucalyptus (*Sidi Amar*).

3.2. Biométrie du Petit-Gris

L'échantillon dans la station *Sidi Amar* (n=100) présente un poids total de 769,81g avec un poids vif moyen de 7,70 g tandis que celui de *Dréan* (n=100) cumule un poids total de 1 086,73 g pour un poids vif moyen de 10,87 g.

D'autre part, les Poids Vifs des escargots [**PV**] (exprimés en g) ramassés à *Sidi Amar* le 18/12/2009, les Diamètres [**Ø**], les Hauteurs [**H**] (exprimés en cm) et les Tailles des coquilles [**T = Ø x H**] (exprimées en cm^2) sont indiqués dans le tableau 1.

Les Poids Vifs des escargots [**PV**] (en g) ramassés à *Dréan* le 27/12/2009, les Diamètres [**Ø**], les Hauteurs [**H**] (en cm) ainsi les Tailles des coquilles [**T = Ø x H**] (en cm^2) sont mentionnés dans le tableau 2.

Tableau 1 : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PV (g)	[Ø] (cm)	[H] (cm)	T = [Ø x H] (cm²)
01	17,546	4,25	3,60	15,30
02	08,192	2,89	1,97	05,69
03	13,830	3,49	2,50	08,73
04	06,617	2,55	2,40	06,12
05	12,676	3,56	2,64	09,40
06	14,155	3,24	2,25	07,29
07	17,043	4,08	3,25	13,26
08	09,924	2,85	2,06	05,87
09	14,825	3,56	2,85	10,15
10	05,583	2,44	2,10	05,12
11	08,335	3,00	2,31	06,93
12	08,798	2,87	2,60	07,46
13	12,652	3,47	2,84	09,85
14	17,531	3,82	2,51	09,59
15	08,097	3,02	2,44	07,37
16	11,384	3,30	2,69	08,88
17	11,112	3,25	2,55	08,29
18	17,065	3,54	2,88	10,20
19	11,603	3,50	2,88	10,08
20	13,242	3,50	2,76	09,66
21	13,375	3,65	2,65	09,67
22	15,276	3,48	2,90	10,09
23	15,060	3,88	3,02	11,72
24	07,958	2,97	2,57	07,63
25	14,416	3,56	2,70	09,61
26	09,479	3,15	2,63	08,28
27	10,257	3,27	3,02	09,88
28	13,586	3,46	2,45	08,48
29	07,661	2,99	2,39	07,15
30	12,348	3,47	2,87	09,96
31	10,189	3,04	2,86	08,69
32	12,487	3,57	2,95	10,53
33	11,591	3,35	2,71	09,08
34	10,940	3,33	2,70	08,99
35	14,565	3,50	2,43	08,51
36	13,318	3,55	2,73	09,69
37	14,060	3,50	2,82	09,87
38	15,513	3,97	2,88	11,43
39	14,870	3,86	2,74	10,58
40	15,550	3,71	2,63	09,76

Tableau 1 (suite1) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PV (g)	[Ø] (cm)	[H] (cm)	T = [Ø x H] (cm²)
41	13,247	3,28	2,76	09,05
42	09,639	2,97	2,32	06,89
43	14,170	3,31	2,70	08,94
44	14,093	3,84	2,85	10,94
45	06,778	2,80	2,39	06,69
46	11,190	3,27	2,57	08,40
47	12,130	3,47	2,64	09,16
48	15,706	3,76	3,17	11,92
49	17,331	3,66	3,17	11,60
50	08,029	2,96	2,76	08,17
51	13,782	3,35	2,82	09,45
52	12,492	3,24	2,55	08,26
53	02,620	2,96	1,80	05,33
54	03,147	2,03	1,77	03,59
55	02,414	1,65	1,33	02,19
56	05,713	2,23	1,52	03,39
57	04,325	2,15	1,84	03,96
58	01,691	1,55	1,31	02,03
59	02,562	1,96	1,63	03,13
60	03,787	2,31	1,80	04,16
61	03,836	1,84	1,62	02,98
62	03,392	2,06	1,63	03,36
63	03,631	2,16	1,47	03,18
64	00,412	0,92	0,71	00,65
65	02,238	1,74	1,35	02,35
66	06,176	2,47	2,20	05,43
67	04,746	2,43	2,26	05,49
68	01,150	1,35	1,12	01,51
69	02,151	1,72	1,60	02,75
70	01,834	1,75	1,44	02,52
71	01,386	1,64	1,20	01,97
72	03,558	2,13	1,83	03,90
73	00,339	0,92	0,76	00,70
74	00,296	0,82	0,51	00,42
75	00,774	1,25	0,65	00,81
76	00,352	0,92	0,65	00,60
77	01,330	1,54	1,24	01,91
78	01,242	1,97	1,14	02,25
79	04,092	2,31	1,75	04,04
80	00,877	1,27	0,84	01,07

Tableau 1 (suite 2) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PV (g)	[Ø] (cm)	[H] (cm)	T = [Ø x H] (cm²)
81	01,857	1,64	1,70	02,79
82	01,376	1,42	1,30	01,85
83	01,596	1,45	1,65	02,39
84	01,197	1,45	1,70	02,47
85	00,988	1,52	1,04	01,58
86	01,711	2,80	1,33	03,72
87	03,074	1,75	1,40	02,45
88	04,646	2,53	1,86	04,71
89	02,029	1,71	1,37	02,34
90	03,546	2,15	1,80	03,87
91	02,433	1,93	1,52	02,93
92	02,492	1,93	1,49	02,88
93	02,630	1,74	1,55	02,70
94	06,116	2,63	2,17	05,71
95	06,798	2,46	1,95	04,80
96	03,182	2,05	1,77	03,63
97	02,076	1,84	1,32	02,43
98	02,870	1,70	1,54	02,62
99	03,203	2,15	1,70	03,66
100	04,624	2,45	1,82	04,46

Significations des acronymes et symboles :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
Ø : Diamètre de la coquille d'escargot (exprimé en centimètres).
H : Hauteur de la coquille d'escargot (exprimé en centimètres).
T = Ø x H : Taille de la coquille d'escargot (exprimé en centimètres carrés).

Tableau 2 : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Dréan*).

N°	PV (g)	[Ø] (cm)	[H] (cm)	T = [Ø x H] (cm²)
01	10,328	2,85	2,35	06,70
02	08,107	2,24	2,70	06,05
03	08,464	2,84	2,35	06,67
04	11,287	2,97	2,82	08,38
05	09,411	2,86	2,34	06,69
06	08,400	2,65	2,39	06,33
07	09,326	2,71	2,25	06,10
08	09,637	2,84	2,56	07,27
09	09,928	2,98	2,57	07,66
10	10,546	2,98	2,46	07,33
11	11,217	2,88	2,47	07,11
12	08,147	2,70	2,39	06,45
13	10,458	2,98	2,55	07,60
14	08,365	2,97	2,49	07,40
15	12,818	3,13	2,87	08,98
16	10,511	3,10	2,60	08,06
17	11,035	2,96	3,00	08,88
18	10,805	2,90	2,78	08,06
19	10,397	3,20	2,61	08,35
20	09,519	3,03	2,27	06,88
21	07,328	2,84	2,47	07,01
22	14,012	3,27	3,06	10,01
23	10,981	3,33	2,58	08,59
24	08,645	3,14	2,65	08,32
25	12,726	3,19	2,80	08,93
26	15,588	3,61	3,50	12,64
27	12,514	3,41	2,62	08,93
28	14,474	2,41	2,32	05,59
29	14,378	3,31	2,90	09,60
30	08,757	3,17	2,41	07,64
31	11,938	3,21	2,86	09,18
32	12,738	3,29	2,87	09,44
33	10,070	3,12	2,70	08,42
34	10,140	3,18	2,40	07,63
35	10,823	3,07	2,77	08,50
36	12,147	3,17	2,82	08,94
37	15,286	3,78	2,86	10,81
38	10,163	3,07	2,72	08,35
39	10,831	2,96	2,66	07,87
40	08,677	3,11	2,54	07,90

Tableau 2 (suite 1) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Dréan*).

N°	PV (g)	[Ø] (cm)	[H] (cm)	T = [Ø x H] (cm²)
41	15,065	3,60	2,71	09,76
42	13,323	3,26	3,00	09,78
43	10,443	3,11	2,62	08,15
44	11,781	3,17	3,01	09,54
45	13,213	3,31	2,82	09,33
46	08,561	2,94	2,50	07,35
47	12,381	3,15	2,82	08,90
48	12,361	3,43	2,61	08,95
49	11,323	3,25	2,40	07,80
50	12,395	3,31	2,82	09,33
51	13,763	3,56	2,90	10,32
52	13,751	3,33	2,81	09,36
53	12,692	3,30	2,80	09,24
54	12,433	3,31	2,90	09,60
55	10,322	3,11	2,51	07,81
56	11,695	3,30	2,64	08,71
57	15,243	3,41	3,01	10,26
58	15,837	3,92	3,28	12,86
59	11,494	3,40	2,82	09,59
60	11,796	3,31	2,77	09,17
61	09,874	3,11	2,60	08,09
62	11,074	3,21	2,52	08,09
63	11,461	3,16	2,63	08,31
64	10,863	3,25	2,67	08,68
65	11,604	3,43	2,90	09,95
66	10,191	3,40	2,71	09,21
67	12,696	3,47	2,92	10,13
68	08,978	2,86	2,41	06,89
69	10,031	3,13	2,53	07,92
70	11,517	3,19	2,80	08,93
71	12,003	3,14	2,62	08,23
72	14,087	3,70	2,90	10,73
73	10,977	3,27	2,33	07,62
74	09,630	3,21	2,61	08,38
75	12,889	3,47	2,80	09,72
76	09,724	3,15	2,67	08,41
77	08,579	3,05	2,49	07,59
78	11,137	3,37	2,67	09,00
79	11,977	3,26	2,45	07,99
80	07,635	2,82	2,15	06,06

Tableau 2 (suite 2) : Poids vifs et tailles des coquilles des escargots (*Dréan*).

N°	PV (g)	[Ø] (cm)	[H] (cm)	T = [Ø x H] (cm²)
81	12,767	3,27	2,81	09,19
82	09,190	2,90	2,41	06,99
83	06,567	2,82	2,19	06,18
84	11,428	3,27	2,80	09,16
85	05,462	2,63	2,41	06,34
86	10,385	2,98	2,49	07,42
87	12,815	3,37	2,70	09,10
88	08,754	2,92	2,35	06,86
89	08,758	3,01	2,41	07,25
90	06,359	2,92	2,40	07,01
91	10,422	3,17	2,56	08,12
92	08,935	3,40	2,94	10,00
93	08,521	2,82	2,41	06,80
94	07,295	2,72	2,03	05,52
95	10,138	3,08	2,49	07,67
96	08,882	3,00	2,38	07,14
97	09,582	2,99	2,41	07,21
98	10,828	3,20	2,73	08,74
99	12,071	3,05	2,63	08,02
100	09,846	3,06	2,65	08,11

Significations des acronymes et symboles :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
Ø : Diamètre de la coquille d'escargot (exprimé en centimètres).
H : Hauteur de la coquille d'escargot (exprimé en centimètres).
T = Ø x H : Taille de la coquille d'escargot (exprimé en centimètres carrés).

Les Poids des Coquilles d'escargots (en g) [**PC=PV/3**] (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot) ramassés à *Sidi Amar* le 18/12/2009 et les Poids des Tortillons [**PT=(PVx2)/3**] ou masses viscérales d'escargots sont indiqués dans le tableau 3.

Les Poids des Coquilles d'escargots (en g) [**PC=PV/3**] (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot) ramassés à *Dréan* le 27/12/2009 et les Poids des Tortillons [**PT=(PVx2)/3**] ou masses viscérales d'escargots sont mentionnés dans le tableau 4.

Tableau 3 : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PV (g)	PC (g)	PT (g)
01	17,546	5,849	11,697
02	08,192	2,731	05,461
03	13,830	4,610	09,220
04	06,617	2,206	04,411
05	12,676	4,225	08,451
06	14,155	4,718	09,437
07	17,043	5,681	11,362
08	09,924	3,308	06,616
09	14,825	4,942	09,883
10	05,583	1,861	03,722
11	08,335	2,778	05,557
12	08,798	2,933	05,865
13	12,652	4,217	08,435
14	17,531	5,844	11,687
15	08,097	2,699	05,398
16	11,384	3,795	07,589
17	11,112	3,704	07,408
18	17,065	5,688	11,377
19	11,603	3,868	07,735
20	13,242	4,414	08,828
21	13,375	4,458	08,917
22	15,276	5,092	10,184
23	15,060	5,020	10,040
24	07,958	2,653	05,305
25	14,416	4,805	09,611
26	09,479	3,160	06,319
27	10,257	3,419	06,838
28	13,586	4,529	09,057
29	07,661	2,554	05,107
30	12,348	4,116	08,232
31	10,189	3,396	06,793
32	12,487	4,162	08,325
33	11,591	3,864	08,027

Significations des acronymes :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
PC : Poids de la Coquille d'escargot (exprimé en grammes). **PC=PV/3** (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot).
PT : Poids du Tortillon ou masse viscérale d'escargot. **PT=(PVx2)/3** (exprimé en grammes).

Tableau 3 (suite 1) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PV (g)	PC (g)	PT (g)
34	10,940	3,647	07,293
35	14,565	4,855	09,710
36	13,318	4,439	08,879
37	14,060	4,687	09,373
38	15,513	5,171	10,342
39	14,870	4,957	09,913
40	15,550	5,183	10,367
41	13,247	4,416	08,831
42	09,639	3,213	06,426
43	14,170	4,723	09,447
44	14,093	4,698	09,395
45	06,778	2,259	04,519
46	11,190	3,730	07,460
47	12,130	4,043	08,087
48	15,706	5,235	10,471
49	17,331	5,777	11,554
50	08,029	2,676	05,353
51	13,782	4,594	09,188
52	12,492	4,164	08,328
53	02,620	0,873	01,747
54	03,147	1,049	02,098
55	02,414	0,805	01,564
56	05,713	1,904	03,809
57	04,325	1,442	02,883
58	01,691	0,564	01,127
59	02,562	0,854	01,708
60	03,787	1,262	02,525
61	03,836	1,279	02,557
62	03,392	1,131	02,261
63	03,631	1,210	02,421
64	00,412	0,137	00,275
65	02,238	0,746	01,492
66	06,176	2,059	04,117

Significations des acronymes :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
PC : Poids de la Coquille d'escargot (exprimé en grammes). **PC=PV/3** (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot).
PT : Poids du Tortillon ou masse viscérale d'escargot. **PT=(PVx2)/3** (exprimé en grammes).

Tableau 3 (suite 2) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PV (g)	PC (g)	PT (g)
67	04,746	1,582	03,164
68	01,150	0,383	00,767
69	02,151	0,717	01,434
70	01,834	0,611	01,223
71	01,386	0,462	00,924
72	03,558	1,186	02,372
73	00,339	0,113	00,226
74	00,296	0,099	00,197
75	00,774	0,258	00,516
76	00,352	0,117	00,235
77	01,330	0,443	00,887
78	01,242	0,414	00,828
79	04,092	1,364	02,728
80	00,877	0,292	00,585
81	01,857	0,619	00,238
82	01,376	0,459	00,917
83	01,596	0,532	01,064
84	01,197	0,399	00,798
85	00,988	0,329	00,659
86	01,711	0,570	01,141
87	03,074	1,025	02,049
88	04,646	1,549	03,097
89	02,029	0,676	01,353
90	03,546	1,182	02,364
91	02,433	0,811	01,622
92	02,492	0,831	01,661
93	02,630	0,877	01,753
94	06,116	2,039	04,077
95	06,798	2,266	04,532
96	03,182	1,061	02,121
97	02,076	0,692	01,384
98	02,870	0,957	01,913
99	03,203	1,068	02,135
100	04,624	1,541	03,083

Significations des acronymes :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
PC : Poids de la Coquille d'escargot (exprimé en grammes). **PC=PV/3** (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot).
PT : Poids du Tortillon ou masse viscérale d'escargot. **PT=(PVx2)/3** (exprimé en grammes).

Tableau 4 : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Dréan*).

N°	PV (g)	PC (g)	PT (g)
01	10,328	3,443	06,885
02	08,107	2,702	05,405
03	08,464	2,821	05,643
04	11,287	3,762	07,525
05	09,410	3,137	06,273
06	08,400	2,800	05,600
07	09,326	3,109	06,217
08	09,637	3,212	06,425
09	09,928	3,309	06,619
10	10,546	3,515	07,031
11	11,217	3,739	07,478
12	08,147	2,716	05,431
13	10,458	3,486	06,972
14	08,365	2,788	05,577
15	12,818	4,273	08,545
16	10,511	3,504	07,007
17	11,035	3,678	07,357
18	10,805	3,602	07,203
19	10,397	3,466	06,931
20	09,519	3,173	06,346
21	07,328	2,443	04,885
22	14,012	4,671	09,341
23	10,981	3,660	07,321
24	08,645	2,882	05,763
25	12,726	4,242	08,484
26	15,588	5,196	10,392
27	12,514	4,171	08,343
28	14,474	4,825	09,649
29	14,378	4,793	09,585
30	08,757	2,919	05,838
31	11,938	3,979	07,959
32	12,738	4,246	08,492
33	10,070	3,357	06,713

Significations des acronymes :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
PC : Poids de la Coquille d'escargot (exprimé en grammes). **PC=PV/3** (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot).
PT : Poids du Tortillon ou masse viscérale d'escargot. **PT=(PVx2)/3** (exprimé en grammes).

Tableau 4 (suite 1) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Dréan*).

N°	PV (g)	PC (g)	PT (g)
34	10,140	3,38	06,760
35	10,823	3,608	07,215
36	12,147	4,049	08,098
37	15,286	5,095	10,191
38	10,163	3,388	06,775
39	10,831	3,610	07,221
40	08,677	2,892	05,785
41	15,065	5,021	10,043
42	13,323	4,441	08,882
43	10,443	3,481	06,962
44	11,781	3,927	07,854
45	13,213	4,404	08,809
46	08,561	2,854	05,707
47	12,381	4,127	08,254
48	12,361	4,120	08,241
49	11,323	3,774	07,549
50	12,395	4,132	08,263
51	13,763	4,588	09,175
52	13,751	4,584	09,167
53	12,692	4,231	08,461
54	12,433	4,144	08,289
55	10,322	3,441	06,881
56	11,695	3,898	07,797
57	15,243	5,081	10,162
58	15,837	5,279	10,558
59	11,494	3,831	07,663
60	11,796	3,932	07,864
61	09,874	3,291	06,583
62	11,074	3,691	07,383
63	11,461	3,820	07,641
64	10,863	3,621	07,242
65	11,604	3,868	07,736
66	10,191	3,397	06,794

Significations des acronymes :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
PC : Poids de la Coquille d'escargot (exprimé en grammes). **PC=PV/3** (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot).
PT : Poids du Tortillon ou masse viscérale d'escargot. **PT=(PVx2)/3** (exprimé en grammes).

Tableau 4 (suite 2) : Poids des coquilles et des tortillons des escargots (*Dréan*).

N°	PV (g)	PC (g)	PT (g)
67	12,696	4,232	08,464
68	08,978	2,993	05,985
69	10,031	3,344	06,687
70	11,517	3,839	07,678
71	12,003	4,001	08,002
72	14,087	4,696	09,391
73	10,977	3,659	07,318
74	09,630	3,210	06,420
75	12,889	4,296	08,593
76	09,724	3,241	06,483
77	08,579	2,860	05,719
78	11,137	3,712	07,425
79	11,977	3,992	07,985
80	07,635	2,545	05,090
81	12,767	4,256	08,511
82	09,190	3,063	06,127
83	06,567	2,189	04,378
84	11,428	3,809	07,619
85	05,462	1,821	03,641
86	10,385	3,462	06,923
87	12,815	4,272	08,543
88	08,754	2,918	05,836
89	08,758	2,919	05,839
90	06,359	2,120	04,239
91	10,422	3,474	06,948
92	08,935	2,978	05,957
93	08,521	2,840	05,681
94	07,295	2,432	04,863
95	10,138	3,379	06,759
96	08,882	2,961	05,921
97	09,582	3,194	06,388
98	10,828	3,609	07,219
99	12,071	4,024	08,047
100	09,846	3,282	06,564

Significations des acronymes :

PV : Poids Vif d'escargot (exprimé en grammes).
PC : Poids de la Coquille d'escargot (exprimé en grammes). **PC=PV/3** (la coquille représente le 1/3 du poids d'un escargot).
PT : Poids du Tortillon ou masse viscérale d'escargot. **PT=(PVx2)/3** (exprimé en grammes).

Les Poids Corporels [**PC**] (ou poids totaux) des escargots ramassés à *Sidi Amar* le 08/10/2010, les Poids des Masses Viscérales [**PMV**] (ou poids des tortillons) d'escargots et les Poids des Appareils Reproducteurs [**PAR**] (en g) sont indiqués dans le tableau 5.

Les Poids Corporels [**PC**] (ou poids totaux) des escargots ramassés à *Dréan* 23/10/2010, les Poids des Masses Viscérales [**PMV**] (ou poids des tortillons) d'escargots et les Poids des Appareils Reproducteurs [**PAR**] (en g) sont représentés dans le tableau 6.

Les Poids Corporels [**PC**] (ou poids totaux) des escargots ramassés à *Sidi Amar* le 15/10/2010, les Poids des Masses Viscérales [**PMV**], les Poids des Appareils Reproducteurs [**PAR**] et les Poids des l'Hépato-Pancréas [**PHP**] (en g) sont mentionnés dans le tableau 7.

Le **PC** : Poids Corporel (ou poids total) des escargots ramassés à *Dréan* le 30/10/2010, les Poids des Masses Viscérales [**PMV**], les Poids des Appareils Reproducteurs [**PAR**] ainsi que les Poids des l'Hépato-Pancréas [**PHP**] (en g) sont indiqués dans le tableau 8.

Tableau 5 : Poids des masses viscérales et des appareils reproducteurs des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PC (g)	PMV (g)	PAR (g)
01	11,599	07,225	0,019
02	15,353	09,611	0,026
03	17,442	11,776	0,019
04	10,937	06,525	0,007
05	10,897	07,636	0,002
06	11,843	07,464	0,003
07	09,432	05,930	0,015
08	16,672	09,300	0,022
09	12,848	07,340	0,030
10	15,688	09,623	0,018
11	12,964	07,602	0,025
12	12,121	09,140	0,025
13	15,587	09,840	0,035
14	12,359	08,058	0,022
15	11,467	07,544	0,020
16	14,625	10,158	0,037
17	13,555	08,362	0,017
18	14,457	08,878	0,011
19	12,550	07,841	0,021
20	15,099	08,616	0,025
21	14,240	09,223	0,022
22	12,068	07,363	0,009
23	10,887	05,489	0,005
24	11,444	06,462	0,007
25	10,702	07,112	0,010
26	12,085	07,250	0,013
27	11,998	06,000	0,011
28	11,785	07,851	0,006
29	10,546	05,612	0,007
30	12,619	09,000	0,008
31	06,537	04,347	0,001
32	08,067	04,985	0,005
33	08,872	05,309	0,001
34	11,836	07,552	0,026
35	08,638	05,234	0,001
36	10,853	07,452	0,005
37	13,227	08,273	0,003
38	10,113	05,867	0,001
39	09,923	06,648	0,014
40	08,507	05,411	0,001

Tableau 6 : Poids des masses viscérales et des appareils reproducteurs des escargots (*Dréan*).

N°	PC (g)	PMV (g)	PAR (g)
01	13,261	07,725	0,022
02	15,221	08,887	0,028
03	17,341	11,142	0,029
04	15,538	07,672	0,027
05	09,836	05,786	0,010
06	11,784	06,800	0,018
07	14,754	09,016	0,027
08	10,608	06,932	0,022
09	15,237	09,967	0,018
10	12,281	07,101	0,015
11	16,326	10,236	0,030
12	13,441	07,936	0,016
13	13,926	07,832	0,007
14	12,903	06,551	0,006
15	13,120	08,725	0,026
16	14,747	09,002	0,029
17	12,499	07,945	0,022
18	12,177	07,421	0,013
19	14,461	08,121	0,009
20	14,713	09,289	0,024
21	10,575	05,730	0,006
22	11,829	06,090	0,013
23	13,647	08,636	0,007
24	13,543	08,174	0,013
25	12,926	08,717	0,018
26	12,755	07,154	0,008
27	13,586	07,271	0,008
28	09,582	05,348	0,008
29	12,913	08,386	0,005
30	13,070	07,478	0,012
31	10,175	06,131	0,005
32	12,275	05,826	0,006
33	11,502	06,837	0,006
34	09,568	05,942	0,004
35	11,234	07,490	0,005
36	10,930	07,003	0,005
37	10,557	06,583	0,006
38	11,216	06,408	0,003
39	10,893	06,293	0,003
40	07,123	04,000	0,003

Tableau 7 : Poids des appareils reproducteurs et des hépatopancréas des escargots (*Sidi Amar*).

N°	PC (g)	PAR (g)	PHP (g)
01	12,658	0,014	0,263
02	11,959	0,018	0,537
03	11,863	0,005	0,634
04	12,213	0,008	0,709
05	12,613	0,017	0,648
06	16,415	0,018	0,863
07	13,134	0,004	0,886
08	12,431	0,012	0,907
09	15,089	0,006	0,972
10	13,989	0,002	0,637
11	12,107	0,003	0,592
12	13,244	0,004	0,621
13	15,772	0,007	0,993
14	13,116	0,007	0,780
15	15,600	0,016	1,253
16	12,794	0,007	0,662
17	12,624	0,007	0,843
18	11,043	0,002	0,861
19	09,232	0,005	0,559
20	11,847	0,007	0,768

Significations des acronymes :

PC : Poids Corporel (ou poids total) d'escargot (exprimé en grammes).
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur (exprimé en grammes).
PHP : Poids de l'Hépato-Pancréas (exprimé en grammes).

Tableau 8 : Poids des appareils reproducteurs et des hépatopancréas des escargots (*Dréan*).

N°	PC (g)	PAR (g)	PHP (g)
01	10,241	0,005	0,297
02	16,428	0,012	0,765
03	12,813	0,004	0,668
04	14,344	0,009	0,545
05	15,221	0,027	0,719
06	12,102	0,008	0,681
07	13,922	0,003	0,654
08	14,885	0,022	0,439
09	08,726	0,013	0,472
10	16,694	0,005	0,901
11	15,934	0,013	0,584
12	11,948	0,002	0,668
13	14,002	0,011	0,863
14	12,950	0,005	0,527
15	15,783	0,006	0,760
16	15,472	0,002	0,659
17	13,860	0,007	0,763
18	03,954	0,001	0,166
19	10,488	0,002	0,870
20	10,113	0,003	0,539

Significations des acronymes :

PC : Poids Corporel (ou poids total) d'escargot (exprimé en grammes).
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur (exprimé en grammes).
PHP : Poids de l'Hépato-Pancréas (exprimé en grammes).

3.3. Analyse préliminaire comparative des résultats

La somme totale des poids vifs des escargots ramassés à *Sidi Amar* (de 1 à 100) est de **769,81 g**, ce qui correspond à ≈ **0,77 Kg**.

Le poids vif moyen des escargots ramassés à *Sidi Amar* (769,81/100) est d'environ **07,70 g**.

La moyenne des diamètres des coquilles des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **02,65 cm**, tandis que la moyenne des hauteurs des coquilles est égale à **02,10 cm**.

La moyenne des tailles des coquilles des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **06,14 cm²**.

La somme totale des poids des coquilles des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **256,61 g (≈ 0,26 Kg)**.

Le poids moyen des coquilles des escargots ramassés à *Sidi Amar* est de **02,57 g**.

La somme totale des poids des tortillons des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **512,46 g (≈ 0,51 Kg)**.

Le poids moyen des tortillons des escargots ramassés à *Sidi Amar* est de **05,13 g** (cf. Tab.3).

La somme totale des poids vifs des escargots ramassés à *Dréan* (de 1 à 100) est égale à **1086,73 g**, ce qui correspond à ≈ **1,09 Kg**.

Le poids vif moyen des escargots ramassés à *Dréan* (1086,73/100) est d'environ **10,87 g**.

La moyenne des diamètres des coquilles des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **03,13 cm**, tandis que la moyenne des hauteurs des coquilles est égale à **02,64 cm**.

La moyenne des tailles des coquilles des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **08,30 cm²**.

La somme totale des poids des coquilles des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **362,24 g (≈ 0,36 Kg)**.

Le poids moyen des coquilles des escargots ramassés à *Dréan* est de **03,62 g**.

La somme totale des poids des tortillons des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **724,48 g (≈ 0,72 Kg)**.

Le poids moyen des tortillons des escargots ramassés à *Dréan* est de **07,24 g** (cf. Tab.4).

L'analyse préliminaire comparative des résultats obtenus entre les échantillons ramassés à *Sidi Amar* et ceux ramassés à *Dréan* fait ressortir des différentes nettes entre les deux sites. En effet, tous les paramètres obtenus pour le site *Dréan* sont supérieurs à ceux du site *Sidi Amar*.

La différence entre les sommes totales des poids vifs des escargots est égale à **316,92 g**, ce qui correspond à environ **0,32 Kg** (environ 1/3 pour un poids de 100 individus).

La différence entre les poids moyens vifs des escargots est égale à **3,17 g**.

La différence entre les moyennes des diamètres des coquilles des escargots est égale à **0,48 cm**, tandis que l'écart entre les moyennes des hauteurs des coquilles est égal à **0,54 cm**.

La différence entre les moyennes des tailles des coquilles est égale à **02,16 cm²**.

La différence entre les sommes totales des poids des coquilles est égale à **105,63 g (≈ 0,10 Kg)**.

La différence entre les poids moyens des coquilles est de **01,05 g**.

La différence entre les sommes totales des poids des tortillons (ou masses viscérales) est égale à **212,02 g (≈ 0,21 Kg)**.

La différence entre les poids moyens des tortillons est égale à **02,11 g**.

La somme totale des poids corporels ou poids totaux des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **482,44 g**.

Le poids moyen corporel des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égal à **12,06 g**.

La somme totale des poids des masses viscérales (ou poids des tortillons) des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **300,91 g**.

Le poids moyen des masses viscérales des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égal à **07,52 g**.

La somme totale des poids des appareils reproducteurs des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **0,56 g**.

Le poids moyen des appareils reproducteurs des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égal à **0,014 g**.

La somme totale des poids des hépatopancréas des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égale à **12,57 g**.

Le poids moyens des hépatopancréas des escargots ramassés à *Sidi Amar* est égal à **0,63 g** (cf. Tab.7).

La somme totale des poids corporels ou poids totaux des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **504,07 g**.

Le poids moyen corporel des escargots ramassés à *Dréan* est égal à **12,60 g**.

La somme totale des poids des masses viscérales (ou poids des tortillons) des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **299,58 g**.

Le poids moyen des masses viscérales des escargots ramassés à *Dréan* est égal à **07,49 g**.

La somme totale des poids des appareils reproducteurs des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **0,54 g**.

Le poids moyen des appareils reproducteurs des escargots ramassés à *Dréan* est égal à **0,014 g**.

La somme totale des poids des hépatopancréas des escargots ramassés à *Dréan* est égale à **14,99 g**.

Le poids moyen des hépatopancréas des escargots ramassés à *Dréan* est égal à **0,75 g** (cf. Tab.8).

3.4. Étude morphométrique

La figure suivante illustre les mensurations morphométriques moyennes pour les sites de *Sidi Amar* et *Dréan*.

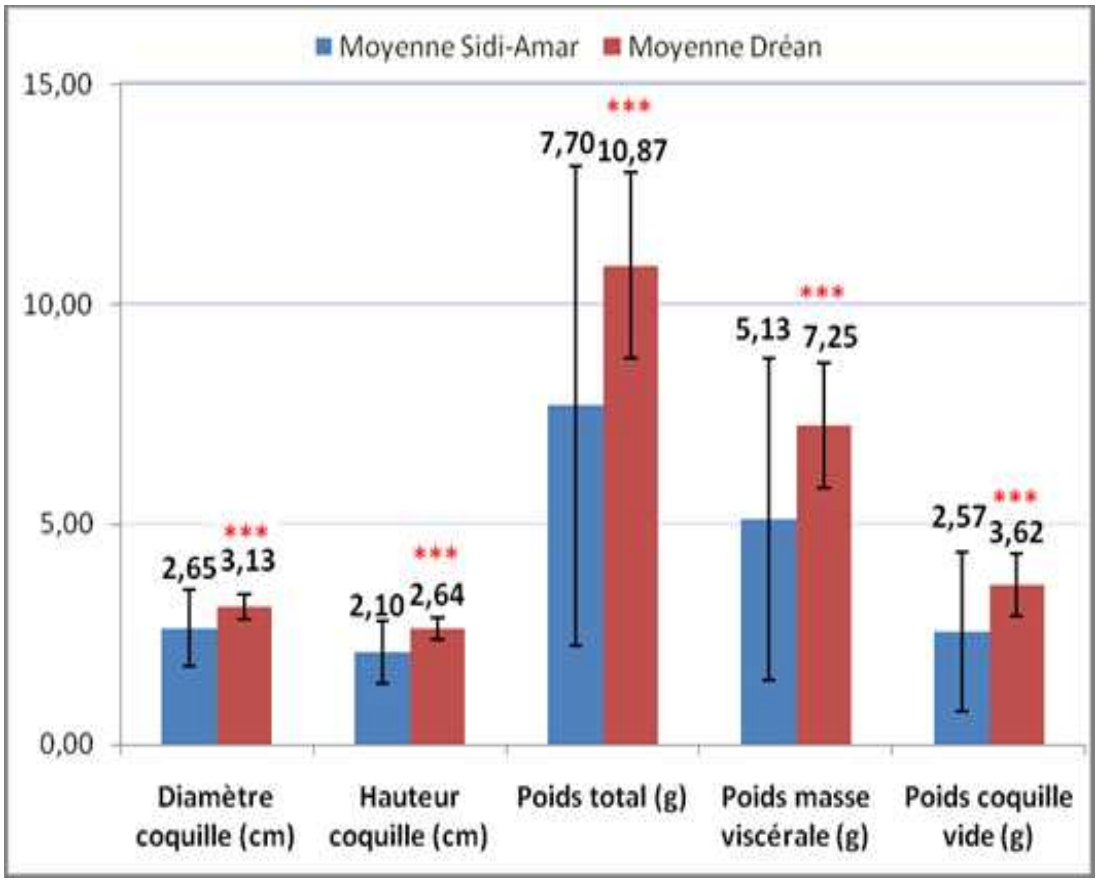

Figure 57 : Données morphométriques des spécimens d'escargots (n=100 pour chaque site).

Nous remarquons que les paramètres mesurés pour les échantillons du site *Dréan* sont nettement supérieurs à ceux de *Sidi Amar*. De plus, nous constatons que les moyennes des diamètres, des hauteurs des coquilles, des poids totaux, des masses viscérales et celles des poids des coquilles vides sont également supérieures chez les spécimens *H. aspersa aspersa* ramassés au niveau de la station de *Dréan.*

- Site de *Sidi Amar*

Les caractères pondéraux des escargots ramassés dans le site de *Sidi Amar* (Tab.1 et 2), révèlent que la valeur moyenne du Poids Corporel (**PC**) est égale à 12,061 g avec un écart-type mesurant la dispersion de la série de valeurs des Poids Corporels autour de leur moyenne de 2,405 pour une valeur minimale de 6,537 g et une valeur maximale de 17,442 g. Quant au Poids de la Masse Viscérale (**PMV**), la moyenne se situe autour de 7,523 g avec un écart-type de 1,638 et des valeurs comprises entre 4,347 et 11,776 g. Tandis que la moyenne du Poids de l'Appareil Reproducteur (**PAR**) est de 00,014 g, avec un écart-type de 00,010 et des valeurs comprise entre 00,001 et 00,037 g (Tab.9 ; Fig.58).

Il en ressort une moyenne de 00,001 g pour le Poids Relatif (**PR=PAR/PC**) avec une valeur égale pour l'écart-type pour des valeurs infinitésimales voire nulles avec un maximum qui se situe autour de 2 ‰.

Tableau 9 : Paramètres pondéraux des escargots du site de *Sidi Amar* (n=20).

Variables	n	$\overline{X}$	S	Xmin-Xmax
PC	20	12.061	02.405	06.537 - 17.442
PMV	20	07.523	01.638	04.347 - 11.776
PAR	20	00.014	00.010	00.001 - 00.037
PR	20	00.001	00.001	00.000 - 00.002

Significations des acronymes :

PC : Poids Corporel
PMV : Poids de la Masse Viscérale
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur
PR = PAR/PC

Ce tableau présente les résultats de la description des données pour chacune des 4 variables (PC, PMV, PAR et PR) mesurées sur les escargots de la région de *Sidi Amar*.

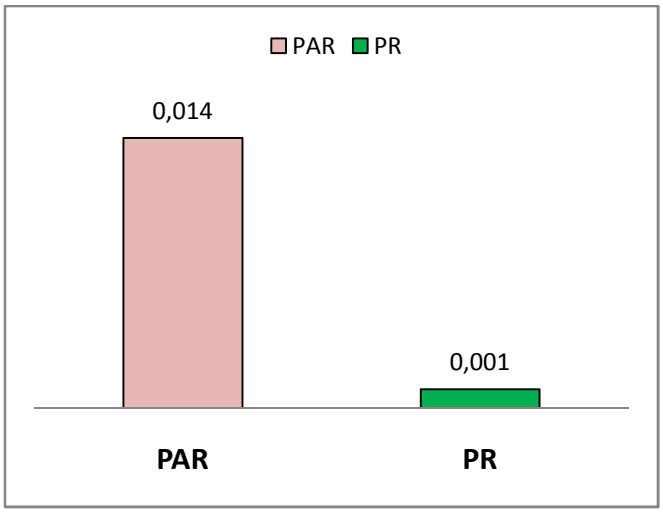

Figure 58 : Moyennes des poids des appareils reproducteurs et des poids relatifs des escargots ramassés à *Sidi Amar* (n=20).

- Site de *Dréan*

Les tableaux 3 et 4 regroupent les caractères pondéraux des escargots ramassés à *Dréan*. La valeur moyenne du Poids Corporel (**PC**) est égale à 12,502 g avec un écart-type de 2,065, et avec une valeur minimale et une valeur maximale respectives de l'ordre de 07,123 et 17,341.

Une valeur moyenne de 07,490 g et un écart-type de 01,443 caractérisent le Poids de la Masse Viscérale (**PMV**) pour des poids compris entre 04,00 et 11,142 g (Tab.10 ; Fig.59).

Le Poids moyen de l'Appareil Reproducteur (**PAR**) est de 00,014 g, un écart-type (*s*) de 00,010 et des valeurs comprises entre 00,003 et 00,030. Il en découle alors une moyenne de 00,001 g pour le Poids Relatif (**PR=PAR/PC**) avec une valeur identique pour l'écart-type pour des valeurs infinitésimales, voire nulles, avec un maximum qui se situe autour de 8 ‰.

Tableau 10 : Paramètres pondéraux des escargots du site de *Dréan* (n=20).

Variables	n	$\overline{X}$	S	Xmin-Xmax
PC	20	12.502	02.065	07.123 - 17.341
PMV	20	07.490	01.443	04.000 - 11.142
PAR	20	00.014	00.010	00.003 - 00.030
PR	20	00.001	00.001	00.000 - 00.008

Significations des acronymes :

PC : Poids Corporel.
PMV : Poids de la Masse Viscérale.
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur.
PR = PAR/PC.

Ce tableau illustre les résultats de la description des données pour chacune des 4 variables (PC, PMV, PAR et PR) mesurées sur les escargots de la région de *Dréan*.

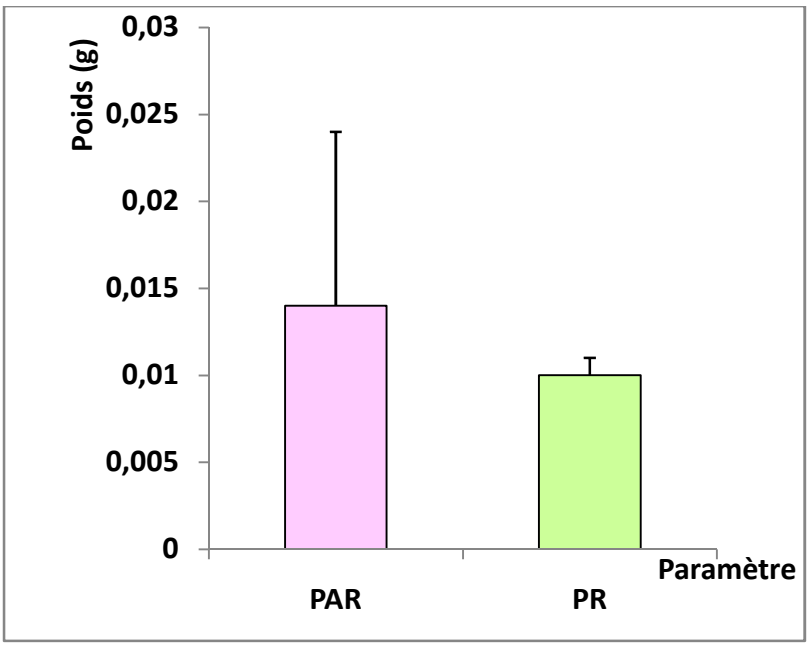

Figure 59 : Moyennes des poids des appareils reproducteurs et des poids relatifs des escargots ramassés à *Dréan* (n=20).

- Comparaison des paramètres pondéraux entre les deux sites

Le tableau 11 illustre les résultats de l'étude comparative des différents paramètres pondéraux des escargots des deux sites d'étude *Sidi Amar* et *Dréan*. Les valeurs observées de *t* sont négatives pour le Poids Total (**PC**) et par conséquent au Poids Relatif (**PR**) alors qu'elles sont positives pour le Poids de la Masse Viscérale (**PMV**) et celui du Poids de l'Appareil Reproducteur (**PAR**).

Tableau 11 : Paramètres pondéraux des escargots (*Sidi Amar* et *Dréan*).

Variables	Moyennes		t_{obs}	P
	Sidi Amar	Dréan		
Poids total	12.061	12.502	-0.88	0.382
Poids de la masse viscérale	07.523	07.490	0.10	0.924
Poids de l'appareil reproducteur	00.014	00.014	0.15	0.879
Poids relatif	00.001	00.001	-0.59	0.555

La moyenne du Poids Corporel (**PC**) des escargots récoltés à *Dréan* est supérieure à celle de ceux récoltés à *Sidi Amar* avec une différence de l'ordre de 0,441 g. Tandis que les moyennes des Poids des Masses Viscérales (**PMV**) sont presque identiques : 7,523 g pour *Sidi Amar* et 7,49 g pour *Dréan* (Fig.60).

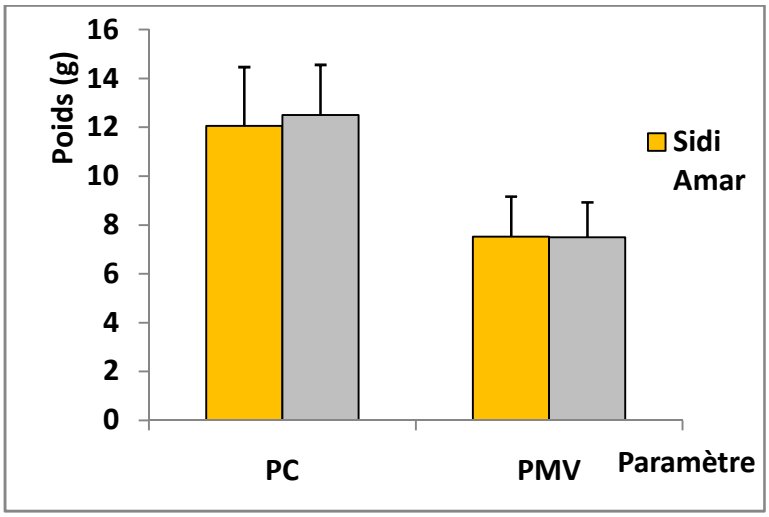

Figure 60 : Moyennes des poids corporels et des poids des masses viscérales des escargots des deux sites d'étude (n=20).

La moyenne des Poids des Appareils Reproducteurs (**PAR**) et celles des Poids Relatifs (**PR**) sont identiques entre les escargots des deux sites étudiés (Fig.61).

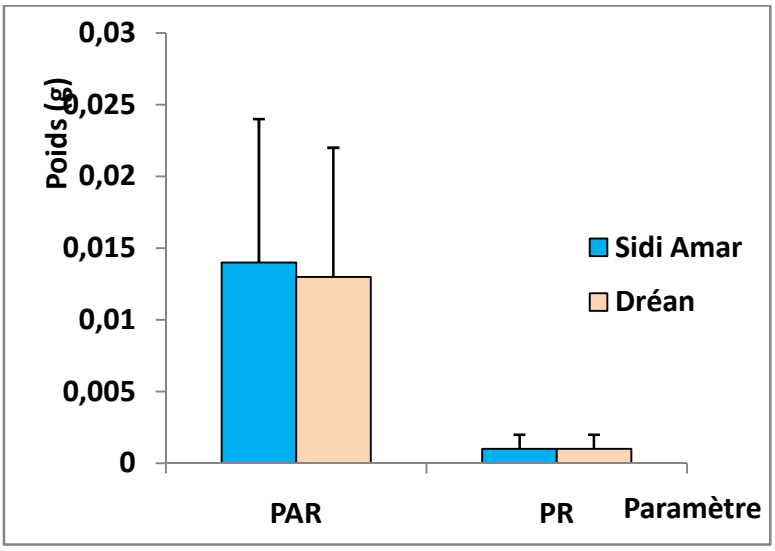

Figure 61 : Moyennes des poids des appareils reproducteurs et des poids relatifs des escargots des deux sites d'étude (n=20).

Au vu des résultats auxquels nous avons abouti et aux différentes analyses biostatistiques réalisées, nous pouvons dire que la moyenne des poids corporels du site de *Dréan* est supérieure à celle de *Sidi Amar*. Par contre, les moyennes des poids des masses viscérales, les poids des appareils reproducteurs, et par conséquents, les poids relatifs sont presque identiques entre les deux sites.

La différence entre les moyennes des poids corporels peut s'expliquer par les écarts entre la croissance des coquilles qui penche en faveur du site de *Dréan* dont les coquilles sont plus volumineuses. Le régime alimentaire et une pollution moindre peuvent expliquer ce développement des coquilles des escargots ramassés à *Dréan*.

3.5. Résultats du dosage du glutathion et des protéines

Deux échantillons ont été ramassés dans les deux sites d'étude. Chacun se compose de vingt individus (uniquement vu les produits chimiques mis à notre disposition). Ils ont été soumis aux protocoles de dosage de la concentration en glutathion au niveau des hépatopancréas et des appareils reproducteurs et à l'estimation de la concentration en protéines (Tab.12, 13 et 14 ; Fig.62).

Tableau 12 : Dosage de la concentration du glutathion dans les appareils reproducteurs et les hépatopancréas (*Sidi Amar*).

Appareils reproducteurs							Hépatopancréas				
N°	PC	PAR	DO (GSH)	DO (Prot)	[ ] Prot	[ ] GSH	PHP	DO (GSH)	DO (Prot)	[ ] prot	[ ] GSH
01	10,241	0,005	0,085	0,099	3,80	$3.90\ 10^{-6}$	0,297	0,060	0,175	06,73	$2,59\ 10^{-6}$
02	16,428	0,012	0,074	0,134	5,15	$2,50\ 10^{-6}$	0,765	0,093	0,481	18,50	$1,46\ 10^{-6}$
03	12,813	0,004	0,094	0,082	3,15	$5,21\ 10^{-6}$	0,668	0,127	0,452	17,38	$2,12\ 10^{-6}$
04	14,344	0,009	0,091	0,111	4,26	$3,73\ 10^{-6}$	0,545	0,120	0,416	16,00	$2,18\ 10^{-6}$
05	15,221	0,027	0,085	0,089	3,42	$4,33\ 10^{-6}$	0,719	0,132	0,526	20,23	$1,80\ 10^{-6}$
06	12,102	0,008	0,092	0,097	3,71	$4,33\ 10^{-6}$	0,681	0,058	0,186	07,15	$2,36\ 10^{-6}$
07	13,922	0,003	0,079	0,078	3,00	$4,59\ 10^{-6}$	0,654	0,075	0,219	08,42	$2,59\ 10^{-6}$
08	14,885	0,022	0,085	0,094	3,61	$4,11\ 10^{-6}$	0,439	0,090	0,484	18,61	$1,40\ 10^{-6}$
09	08,726	0,013	0,078	0,091	3,50	$3,89\ 10^{-6}$	0,472	0,121	0,582	22,38	$1,57\ 10^{-6}$
10	16,694	0,005	0,107	0,096	3,69	$5,06\ 10^{-6}$	0,901	0,159	0,572	22,00	$2,10\ 10^{-6}$
11	15,934	0,013	0,091	0,023	0,88	$3,73\ 10^{-6}$	0,584	0,190	0,584	22,46	$2,46\ 10^{-6}$
12	11,948	0,002	0,074	0,036	1,38	$2,50\ 10^{-6}$	0,668	0,210	0,488	18,76	$1,14\ 10^{-6}$
13	14,002	0,011	0,082	0,028	1,07	$4,33\ 10^{-6}$	0,863	0,209	0,503	19,34	$3,14\ 10^{-6}$
14	12,950	0,005	0,085	0,019	0,73	$3.90\ 10^{-6}$	0,527	0,282	0,580	22,30	$3,68\ 10^{-6}$
15	15,783	0,006	0,096	0,045	1,73	$9,68\ 10^{-6}$	0,760	0,273	0,604	23,23	$3,42\ 10^{-6}$
16	15,472	0,002	0,059	0,068	2,61	$3,94\ 10^{-6}$	0,659	0,318	0,563	21,65	$4,27\ 10^{-6}$
17	13,860	0,007	0,088	0,062	2,38	$6,45\ 10^{-6}$	0,763	0,306	0,600	23,07	$3,86\ 10^{-6}$
18	03,954	0,001	0,089	0,082	3,15	$4,93\ 10^{-6}$	0,166	0,329	0,610	23,46	$4,08\ 10^{-6}$
19	10,488	0,002	0,091	0,090	3,46	$4,54\ 10^{-6}$	0,870	0,329	0,628	24,15	$3,96\ 10^{-6}$
20	10,113	0,003	0,082	0,086	3,30	$4,33\ 10^{-6}$	0,539	0,253	0,635	24,42	$3,01\ 10^{-6}$

Significations des acronymes et de symboles :

PC : Poids Corporel d'escargot (en g).
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur (en mg).
DO (GSH) : Densité Optique du glutathion.
DO (PROT) : Densité Optique des protéines.
[ ] : Concentration molaire, ou molarité exprimée en moles par litre ($mol.L^{-1}$ = 1000 mol/m^3).

Tableau 13 : Dosage de la concentration du glutathion dans les appareils reproducteurs et les hépatopancréas chez les escargots (*Dréan*).

Appareils reproducteurs							Hépatopancréas				
N°	PC	PAR	DO (GSH)	DO (Prot)	[ ] Prot	[ ] GSH	PHP	DO (GSH)	DO (prot)	[ ] prot	[ ] GSH
01	12,658	0,014	0,077	0,135	5,19	$2,59\ 10^{-6}$	0,263	0,853	0,414	15,92	$0,16\ 10^{-6}$
02	11,959	0,018	0,174	0,023	0,88	$3,45\ 10^{-6}$	0,537	0,118	0,240	09,23	$3,72\ 10^{-6}$
03	11,863	0,005	0,169	0,004	0,15	$1,96\ 10^{-6}$	0,634	0,112	0,444	17,07	$1,90\ 10^{-6}$
04	12,213	0,005	0,093	0,010	0,38	$4,27\ 10^{-6}$	0,709	0,097	0,367	14,11	$2,19\ 10^{-6}$
05	12,613	0,008	0,192	0,001	0,04	$8,82\ 10^{-6}$	0,684	0,050	0,500	19,23	$0,76\ 10^{-6}$
06	16,415	0,017	0,051	0,155	5,96	$1,49\ 10^{-6}$	0,863	0,019	0,480	18,46	$0,30\ 10^{-6}$
07	13,134	0,018	0,136	0,146	5,61	$5,30\ 10^{-6}$	0,886	0,046	0,570	21,92	$0,61\ 10^{-6}$
08	12,431	0,004	0,155	0,005	0,19	$1,42\ 10^{-6}$	0,907	0,070	0,585	22,50	$0,91\ 10^{-6}$
09	15,089	0,012	0,201	0,031	1,19	$2,94\ 10^{-6}$	0,972	0,029	0,344	13,23	$0,64\ 10^{-6}$
10	13,989	0,006	0,177	0,141	5,42	$5,65\ 10^{-6}$	0,637	0,036	0,553	21,26	$0,49\ 10^{-6}$
11	12,107	0,002	0,101	0,022	0,84	$2,09\ 10^{-6}$	0,592	0,200	0,539	20,73	$2,80\ 10^{-6}$
12	13,244	0,003	0,140	0,111	4,26	$5,73\ 10^{-6}$	0,621	0,173	0,553	21,26	$2,36\ 10^{-6}$
13	15,772	0,004	0,134	0,097	3,73	$6,27\ 10^{-6}$	0,993	0,139	0,440	16,92	$2,39\ 10^{-6}$
14	13,116	0,007	0,157	0,109	4,19	$6,54\ 10^{-6}$	0,780	0,168	0,438	16,84	$2,90\ 10^{-6}$
15	15,600	0,016	0,156	0,128	4,92	$5,53\ 10^{-6}$	1,253	0,164	0,440	16,92	$2,82\ 10^{-6}$
16	12,794	0,007	0,136	0,146	5,61	$4,23\ 10^{-6}$	0,662	0,177	0,355	13,65	$3,77\ 10^{-6}$
17	12,624	0,007	0,177	0,141	5,42	$5,70\ 10^{-6}$	0,843	0,167	0,449	17,26	$2,81\ 10^{-6}$
18	11,043	0,002	0,965	0,144	5,53	$3,04\ 10^{-6}$	0,861	0,186	0,485	18,65	$2,90\ 10^{-6}$
19	09,232	0,005	0,127	0,128	4,92	$4,50\ 10^{-6}$	0,559	0,122	0,279	10,73	$3,30\ 10^{-6}$
20	11,847	0,007	0,062	0,112	4,30	$2,51\ 10^{-6}$	0,768	0,160	0,449	17,26	$2,69\ 10^{-6}$

Significations des acronymes et de symboles :

PC : Poids Corporel d'escargot (en g).
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur (en mg).
DO (GSH) : Densité Optique du glutathion.
DO (PROT) : Densité Optique des protéines.
[ ] : Concentration molaire, ou molarité exprimée en moles par litre ($mol.L^{-1}$ = 1000 mol/m^3).

Tableau 14 : Biométrie et concentration du glutathion dans les échantillons des sites de *Sidi Amar* et *Dréan* (n=20).

Sites	***Sidi Amar***		***Dréan***	
Variables	$\overline{X}$	**S**	$\overline{X}$	**S**
PT	12,815	3,403	12,987	1,892
PHP	0,618	0,199	0,756	0,231
PAR	0,008	0,007	0,008	0,005
[GSH] HP (mol./l.)	$2,673x10^{-6}$	$0,946x10^{-6}$	$2,272x10^{-6}$	$1,126x10^{-6}$
[GSH] AR (mol./l.)	$4,72x10^{-6}$	$1,515x10^{-6}$	$3,749x10^{-6}$	$1,703x10^{-6}$

$\overline{X}$: Moyenne.
S : écart-type.
PT : Poids Total de l'individu (exprimé en grammes).
PHP : Poids de l'Hépato-Pancréas (exprimé en grammes).
PAR : Poids de l'Appareil Reproducteur (exprimé en grammes).
[GSH] HP : Concentration du glutathion dans l'Hépato-Pancréas (exprimé en mol./l.)
[GSH] AR : Concentration du glutathion dans l'Appareil Reproducteur (exprimé en mol./1.)

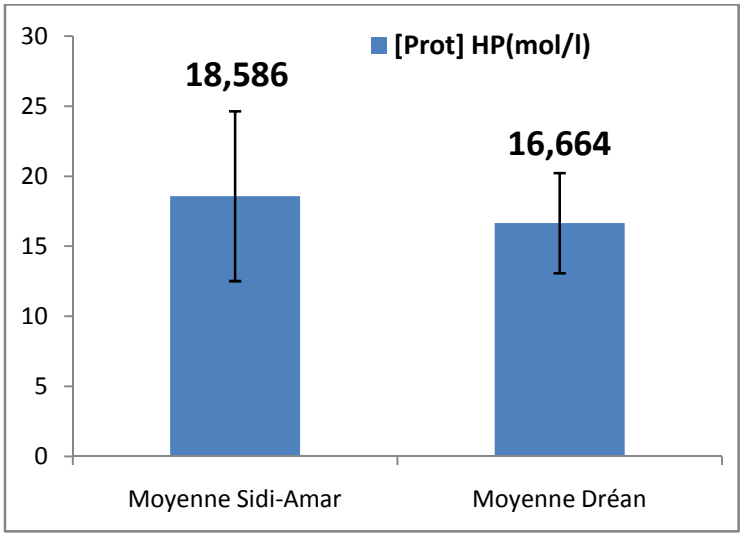

Figure 62 : Concentrations moyennes des protéines dans les hépatopancréas ([Prot.] HP) des échantillons des stations *Sidi Amar* et *Dréan* (n=20).

3.6. Discussion

L'abondance de la population d'*Helix aspersa aspersa* est bien nette entre les deux sites *Sidi Amar* et *Dréan* en faveur de ce dernier où la densité de population, nettement supérieure, caractérise une très faible incidence de la pollution sidérurgique sur la présence et la croissance de ce gastéropode.

Sur le plan biométrique, les résultats obtenus marquent une nette différence entre les mensurations morphométriques des échantillons d'escargots provenants des deux sites avec une croissance plus élevée chez les spécimens *H. aspersa aspersa* ramassés à *Dréan*.

De plus, le test *t* de student, appliqué aux valeurs des paramètres liés à la croissance d'*Helix aspersa aspersa*, montre que ces différences sont hautement significatives (P<0,001).

Bien que le poids moyen des hépatopancréas des spécimens ramassés à *Dréan* soit légèrement supérieur à celui du lot du site *Sidi Amar,* les concentrations en glutathion et en protéines dans les hépatopancréas d'*Helix aspersa aspersa* sont plus importantes dans les échantillons provenant du site de *Sidi Amar*. Ces résultats sont revélateurs d'une forte incidence de la pollution sur la croissance du Petit-Gris à *Sidi Amar* .

Les résultats, auxquels nous avons abouti, montrent que la concentration moyenne en protéines dans les hépatopancréas est plus élevée chez les individus provenant du site *Sidi Amar* où l'on note la présence quotidienne de poussières métalliques émises par le complexe sidérurgique d'Arcélor-Mittal d'El Hadjar (Grara N., 2011; Belhaouchet N. *et al.*, 2012).

L'ensemble de ces résultats sont en accord avec les données consultées. En effet, plusieurs auteurs ont mis en évidence une augmentation significative des taux de protéines totales sous l'effet d'un stress chimique du fait que le glutathion constitue

un facteur essentiel dans la défense contre le stress oxydant (Massaya M. *et al.*, 2002 ; Redouane S., 2004).

Le glutathion (γ-glutamyl-cystéinyl-glycine) est le plus abondant Thiol non protéique libre dans les cellules. Il existe en équilibre sous deux formes, réduite (GSH) et oxydée (GSSG). La liaison γ-glutamyl ainsi que la fonction thiol du GSH confèrent au glutathion un grand nombre de fonctions dont le transport des acides aminés, la synthèse des œstrogènes et des prostaglandines ainsi que la détoxification des éléments-traces métalliques par action directe. La forme réduite (GSH) intervient dans la détoxification grâce à son pouvoir réducteur (Tadjine A., 2007).

Par conséquent, le rapport (GSH/GSSG) est un excellent indicateur dynamique du stress oxydant. Dans les cellules non stressées, 99% du glutathion est présent sous sa forme réduite GSH (Griffith O.W. et Mulcahy R.T., 1999). En effet, de nombreux métaux sont caractérisés par une forte affinité vis-à-vis des groupements thiols. Ils peuvent également réagir avec l'oxygène (O_2) et des radicaux libres responsables des lésions tissulaires importantes. Ceci souligne le rôle important du glutathion dans la gestion d'un stress métallique (Atlar M. *et al*., 1987 ; Ji L.L. *et al*., 1992 ; Galaris D. et Evangelou A., 2002).

D'autre part, les poussières métalliques émises par les sources polluantes affectent fortement la plupart des fonctions vitales des végétaux et des animaux (Cooke M. *et al.*, 1979 ; Oosthoek A.J.P. *et al.*, 2005 ; INRA, 2007 ; Le Bras G.J., 2007) dont les lichens et les gastéropodes terrestres. L'escargot Petit-Gris est considéré comme l'un des bio-accumulateurs d'éléments-traces métalliques les plus efficaces caractérisant les biotopes pollués (De Vaufleury A. et Gomot A., 1997).

La résistance d'*Helix aspersa aspersa* dans ce type de biotope résulte de sa capacité à retenir et à inactiver les éléments-traces métalliques (ou ETM) soit par compartimentation intracellulaire ou excrétion, soit par liaison avec des protéines dont les métallothionéines qui ont un rôle protecteur des cellules contre les ETM en se liant fortement aux métaux lourds. Ce qui permet leur neutralisation et leur stockage durant de longues périodes (Le Bras G.J., 2007).

La différence remarquable de densité moyenne de population d'*Helix aspersa aspersa* entre le site de *Sidi Amar* (18 spécimens /m^2) et celui de *Dréan* (112 individus/m^2) est certainement le résultat d'une plus abondante végétation et de meilleures conditions de croissance et reproduction en zone agricole et ce, nonobstant les mesures phytosanitaires appliquées dans la protection des vergers à orangers et citronniers. En effet, il est indiqué que les mauvaises herbes constituent le principal réservoir d'hélicidés dans les vergers (INRA, 2007).

D'autre part, les différences morphométriques relevées entre les deux sites sont aussi la conséquence de la nature des sols, de la végétation et des effets toxiques des éléments-traces métalliques sur les organismes vivants comme indiqué par plusieurs auteurs (Gomot A., 1997 ; Odendaal J. P. et Reinecke A. J., 2004). Il faut souligner qu'au niveau du site de *Sidi Amar*, l'environnement est continuellement soumis à des dépôts de poussières polluantes provenant du complexe d'Arcélor-Mittal d'El Hadjar et ce, depuis des décennies (Ali-Khodja H. et Kebabi B., 1998 ; Marzouki L. *et al.*, 2005 ; Grara N., 2011; Belhaouchet N. *et al.*, 2012).

Pour Oosthoek *et al.* (*2005*), les escargots, vivants dans des zones à pollution chronique par les éléments-traces métalliques (ou ETM), ne pondent pas d'œufs. Une exposition chronique se traduit par la concentration des ETM au niveau de la coquille, des muscles, du tube digestif et peut avoir des conséquences négatives sur la croissance. Ce qui peut parfois entraîner la mort des escargots par famine (Laskowski R. et Hopkin S.P., 1996).

Ces données sont essentielles pour comprendre la faible densité de population enregistrée dans le site de *Sidi Amar*. En conséquence, le site de *Dréan*, localisé en zone agricole et à 20 km du complexe sidérurgique d'Arcélor-Mittal d'El Hadjar, conserve son caractère de zone non polluée.

Nous pouvons confirmer, à travers l'ensemble de nos résultats, que le gastéropode *Helix aspersa aspersa* connaît une profusion, une croissance et un cycle de reproduction plus importants dans la site de *Dréan* qu'au niveau de celui de *Sidi Amar* où sa croissance et son abondance sont fortement compromises en raison

de la proximité du complexe sidérurgique d'Arcélor-Mittal d'El Hadjar et de ses émissions polluantes.

Les rejets industriels dans la région d'Annaba, au même titre que dans grandes villes industrielles, mènent à une kyrielle d'expositions aux contaminants physico-chimiques. Les conséquences de ces émanations sur la santé humaine et animale sont parfois difficilement quantifiables. Elles restent très variables selon la nature des polluants, l'intensité, la durée de l'exposition, les facteurs abiotiques et biotiques qui influent indubitablement sur la qualité de l'air et du sol.

De ce fait, ce type d'études écotoxicologiques utilisant des bioindicateurs tels le Petit-Gris *Helix aspersa aspersa* ou le Ver de terre *Lumbricus terrestris*, considérés comme de véritables thermomètres de la pollution des milieux aériens et édaphiques, seraient d'un grand apport pour la compréhension de la relation entre l'exposition aux polluants et la survenue marquante et quantifiable de leurs d'effets.

Les spécimens du site de *Dréan* exhibent une meilleure croissance avec de faibles valeurs en glutathion et en protéines, caractérisant une faible influence de la pollution sidérurgique sur la croissance de l'escargot Petit-Gris dans les vergers de citronniers et d'orangers. Ceci conforte le fait du caractère bioindicateur de pollution du Petit-Gris *Helix aspersa aspersa*.

Conclusion

L'étude biométrique d'*Helix aspersa aspersa* fait ressortir une différence nette entre les résultats des mensurations des échantillons provenants des deux sites (*Sidi Amar* et de *Dréan*) avec un avantage de croissance en faveur du site de *Dréan*. En effet, les concentrations en glutathion et en protéines dans les hépatopancréas sont plus importantes dans les échantillons provenant de *Sidi Amar* que chez les spécimens du site *Dréan*.

Il serait gageur de notre part d'affirmer que les perturbations métaboliques survenues soient directement liées à une exposition prolongée aux différents polluants, car en effet, d'autres facteurs peuvent y intervenir tels que la variabilité intra-spécifique, la nourriture des escargots ainsi que les facteurs édapho-climatiques qui sont prépondérants.

Les rejets industriels dans l'environnement mènent à une pléthore de situations d'expositions aux contaminants chimiques. Les conséquences de ces expositions sur la santé humaine et animale sont aujourd'hui souvent difficiles à quantifier et sont très variables selon la nature des polluants, l'intensité et la durée des expositions ainsi que les facteurs environnementaux qui influent sur la qualité de l'air.

Il serait judicieux d'investiguer, de manière plus élargie, la problématique de cette étude en abordant les niveaux quantitatifs et qualitatifs des polluants sur la végétation de prédilection d'*Helix aspersa aspersa* à différents rayons d'éloignements du complexe sidérurgique d'El Hadjar.

Ainsi, les connaissances sur la relation *Dose-Réponse* des métaux aux faibles doses seraient à approfondir, notamment sur l'approche harmonisée « à seuil / sans seuil » applicable aux données individuelles et populationnelles de bioindicateurs de pollution telle l'espèce *Helix aspersa aspersa* qui reste un véritable thermomètre à pollution.

Une telle éventualité permettrait de dresser une carte des niveaux de pollution et d'évaluer les impacts de la pollution sidérurgique sur la flore et la faune à même de projeter des mesures conservatoires de la biodiversité régionale.

Références bibliographiques

[01] Abdel Halim K.Y., Abo El Saad A.M., Talha M.M., Hussein A.A. & Bakry N.M. 2013. Oxidative stress on land snail *Helix aspersa* as a sentinel organism for ecotoxicological effects of urban pollution with heavy metals. *Chemosphere*, 93(6): 1131-1138.

[02] Achuba F.I., 2008. African land snail *Achatina marginatus*, as bioindicator of environmental pollution. *North-Western Journal of Zoology*, 4(1): 1-5.

[03] Adl S.M., Simpson A.G.B., Farmer M.A., Andersen R.A., Anderson O.R., Barta J.R., Bowser S.S., Brugerolle G., Fensome R.A., Fredericq S., James T.Y., Karpov S., Kugrens P., Krug J., Lane C.E., Lewis L.A., Lodge J., Lynn D.H., Mann D.G., Mc Court R.M., Mendoza L., Moestrup Ø, Mozley-Standridge Nerad S.E.T.A., Shearer C.A., Smirnov A.V., Spiegel F.W. & Taylor M.F.J.R., 2005. The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 52(5): 399-451.

[04] Albrets B., Johnson A., Lewis J., Raff M., Reberts K. & Walter P., 2002. Molecular Biology of the Cell 5th edn. *Garland Science*. New York, 1392 p.

[05] Ali-Khodja H. & Kebabi B., 1998. Assessment of wet and dry deposition of SO_2 attributable to a sulfuric acid plant at Annaba, Algeria. *Environment International*, 24(7): 799-807.

[06] Al-Mutairi D.A., Craik J.D., Batinic-Haberle I. & Benov L.T., 2007. Induction of oxidative cell damage by photo-treatment with zinc meta N-methylpyridylporphyrin. *Free Radical Research*, 41(1): 89-96.

[07] Ansart A. & Vernon P., 2003. Cold hardiness in molluscs. *Acta Oecologica*, 24: 95-102.

[08] APIA (Agence de Promotion des Investissements Agricoles), 2004. L'élevage d'escargots –Partie monographique. Ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques, 108 p.

[09] Atlar M., Syed K., Hassan S.K. & Srivastava R.C., 1987. Evidence for the involvement of hydroxyl radicals in nickel mediated enhancement of lipid peroxydation: implication for nickel carcinogenesis. *Biochemical and Biophysical Research Commununications*, 84: 1276-1281.

[10] Aupinel P. & Bonner J.C., 1996. Influence de la photopériode sur l'activité saisonnière de l'escargot Petit-Gris (*Helix aspersa* Müller). Effet spécifique sur la croissance et la reproduction. *INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) Production Animale*, 9(1): 79-83.

[11] Aupinel P. & Daguzan J., 1989. Étude du rôle de la photopériode sur l'activité métabolique des jeunes escargots « petits-gris » (*Helix aspersa* Müller) et mise en évidence de l'existence d'une phase photosensible. *Haliotis*, 19: 47-55.

[12] Aupinel P., Vrillon L. & Bonnet J.C., 1990. L'escargot *Helix aspersa* (Biologie, élevage), INRA Éd., Collec. Du Laboratoire au terrain, 365 p.

[13] Bailey S.E.R., 1981. Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa* Müller and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. *Journal of Compararative Physiology*, 142: 89-94.

[14] Beazley M*., 2000. Encyclopedia of Nature*, 360 p.

[15] Beeby A. & Richmond L., 2002. Evaluating *Helix aspersa* as a sentinel for mapping metal pollution. *Ecological Indicators*, 1(4): 261-270.

[16] Beeby A. & Richmond L., 2011. Magnesium and the deposition of lead in the shell of three populations of the garden snail *Cantareus aspersus. Environmental Pollution*, 159(6): 1667-1672.

[17] Belhaouchet N., Djebar M.R., Meksem L., Grara N., Zeriri I. & Berrebbah H., 2012. Evaluation of the biomarkers of the oxidative stress induced by a biopesticide : The Spinosad on an alternat model : *Helix aspersa*. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(8): 4199-4206.

[18] Bellono E., Camusso L. & De Stefani A., 1971. Encyclopédie du monde animal (Poissons – Invertébrés). Tome III. Librairie Aristide Quillet. Paris (VII^{e}), pp. 421-465.

[19] Berger B. & Dallinger R., 1993. Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25: 65-84.

[20] Bouchet P., Rocroi, J.P., Frýda J., Hausdorf B., Ponder W., Valdes A. & Warén A., 2005. Classification and nomenclator of gastropod families. *Malacologia: International Journal of Malacology, Conch Books : Hackenheim, Germany*, 47(1,2): 1-397.

[21] Boumlih M., 2009. Exploitation sauvage de l'escargot en Algérie. *Quotidien National d'Information Liberté Algérie* daté du 21 mars 2009.

[22] Bradford M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principe of protein. *Analytical Biochemistry*, 7(72): 248-54.

[23] Buser P. & Combes C., 2009. Obtention du cycle de vie complet d'*Helix aperta* Born de sites tunisiens en conditions contrôlées : influence de la photopériode. *Comptes Rendus de Biologie*, 332: 795-805.

[24] Cavalier-Smith T., 2009. Megaphylogeny, cell body plans, adaptive zones: causes and timing of eukaryote basal radiations. *Journal of eukaryotic microbiology*, 56(1): 26-33.

[25] Charrier M., Fonty G., Gaillard-Martinie B., Ainouche K. & Andant G., 2006. Isolation and characterization of cultivable fermentative bacteria from the intestine of two edible snails *Helix pomatia* and *Cornu aspersum* (Gastropoda: Pulmonata). *Biological Research*, 39(4): 669-81.

[26] Chase R. 1986. Lessons from Snail Tentacles, *Chemical Senses*, 11(4): 411-426.

[27] Chevalier L., Le Coz-Bouhnik M. & Charrier M., 2003. Influence of inorganic compounds of food selection by the brown garden snail *Cornu aspersum* Müller (Gastropoda: Pulmonata). *Malacologia*, 45(1): 125-132.

[28] Chevallier H., 1977. La variabilité de l'escargot Petit-Gris (*Helix aspersa* Müller). Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, 3ème série, n° 448, *Zoologie*, 311 p.

[29] Coeurdassier M., Gomot-de Vaufleury A. & Badot P.M., 2000. Dose-dependent growth inhibition and bioaccumulation of hexavalent chromium in the land snail (*Helix aspersa aspersa*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(10): 2571-2578.

[30] Coeurdassier M., Gomot-de Vaufleury A., Lovy C. & Badot, P.M., 2002. Is the epithelial cadmium uptake from soil important in bioaccumulation and toxic effects for snails. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53: 425-431.

[31] Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot-de Vaufleury A., Ribera D. & Badot P.M., 2001. The garden snail (*Helix aspersa*) as bioindicator of organophosphorus exposure*:* effects of dimethoate on survival, growth and acetylcholinesterases activity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20: 1951-1957.

[32] Cooke M., Jackson A., Nickless G. & Roberts D.J., 1979. Distribution and speciation of cadmium in the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Newsletter of Environmental Contamination and Toxicology*, 23(4,5): 445-451.

[33] Cortet J., Gomot de Vauflery A., Poinsot-Balaguer N., Gomot L., Texier C. & Cluzeau D., 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology*, 35 (3): 115-134.

[34] Coughtrey P.J. & Martin M.H., 1976. The distribution of Pb, Zn, Cd and Cu within the pulmonate mollusc (*Helix aspersa* Müller), *Oecologia*, 23 (4): 315-322.

[35] Dagnelie P., 2006. Statistiques théoriques et appliquées. Tome 2. Inférences à une et deux dimensions. Université De Boerk et Larcier, Bruxelles, 659 p.

[36] Dalling R. & Wieser W., 1984. Patterns of accumulation, distribution and liberation of Zn, Cu, Cd and Pb in different organs of the land snail *Helix pomatia* L. *Comparative biochemistry and physiology*, 79: 117-124.

[37] Dallinger R., Berger B., Triebskorn R. & Köhler H., 2001. Soil biology and ecotoxicology. 489-525, *in* The biology of terrestrial mollusks, Barker G.M.B. ed., *Centre for Agricultural Bioscience International Publishing*, Oxon, U.K. 558 p.

[38] Damerdji A., Ladjmi L. & Doumandji S., 2005. Malacofaune associée à *Rosmarinus officinalis* L. (*Labiatae*): Inventaire et aperçu bioécologique près de Mansourah (Tlemcen, Algérie). *Sciences & Technologie*, 23: 11-20.

[39] de Candolle M.A.P., 1813. Théorie élémentaire de la botanique ou exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les végétaux. Librairie Détreville, Montpellier, France, 500 p.

[40] de Vaufleury A. & Gomot A., 1998. Use of land snails to monitor environmental pollution. Laboratoire de Biologie et d'Écophysiologie, Besançon, France et Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Paris, France, 86 p.

[41] de Vaufleury A., Fritsch C., Gimbert F., Pauget B., Cœurdassier M., Crini N. & Scheifler R., 2009. Utilisation et intérêts des escargots et des micromammifères pour la bioindication de la qualité des sols. *Étude et Gestion des Sols*, 16 (3,4): 203-217.

[42] Druart C., Scheifler R., Millet M. & de Vaufleury A., 2012. Land snail eggs bioassays: a new tool to assess embryotoxicity of contaminants in the solid, liquid or gaseous phase of soil. *Applied Soil Ecology*, 53: 56-64.

[43] Dubey B.L., Dwivedi. P., Cassell W.A. & Sahay M., 1993. Projective Value of Somatic Inkblot Series-II in a Case of Stammering. *Journal of Personality and Clinical Studies*, 8: 173-176.

[44] Edwards J.M. & Slingo A., 1996. Studies with a flexible new radiation code I: choosing a configuration for a large-scale model. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 122: 689-719.

[45] Eijsackers H., 2010. Earthworms as colonisers: Primary colonisation of contaminated land, and sedimentand soil waste deposits. *Science of the Total Environment*. 408: 1759-1769.

[46] Flari V. & Edwards E., 2003. The role of the endocrine system in the regulation of reproduction in terrestrial pulmonate gastropods, *Invertebrate Reproduction and Development*, 4: 325-357.

[47] Galaris D. & Evangelou A., 2002. The role of oxidative stress in mechanics of metal-induced carcinogenesis, *Critical Reviews in Oncology Hematology*, 42 (1): 93-103.

[48] Gimbert F., de Vaufleury A., Douay F., Scheifler F., Coeurdassier M. et Badot P.M., 2006. Modelling chronic exposure to contamined soil : A toxicokinetic approach with the terrestrial snail *Helix aspersa*. Science Direct, *Environnemental Pollution*, 32: 866-875.

[49] Gimbert F., Mench M., Coeurdassier M., Badot P.M. & de Vaufleury A., 2008. Kinetic and dynamic aspects of soil-plant-snail transfer of cadmium in the field. *Science Direct*, *Environnemental Pollution*, 152: 736-745.

[50] Godet J.P., 2010. Intérêt des isopodes terrestres dans l'évaluation de la qualité des sols : recherche de paramètres indicateurs de la pollution par des éléments traces métalliques et contribution à la mise au point d'un outil écotoxicologique de terrain. Thèse de Doctorat. Université de Lille 1, Sciences et Technologie, Discipline : Écologie, 231 p.

[51] Gomot A., 1990. Photoperiod and temperature interaction in the determination of reproduction of the edible snail, *Helis pomatia*. *Journal of Reproduction and Fertility*, 90: 581-585.

[52] Gomot A., 1997. Dose-dependent effects of cadmium on the growth of snails in toxicity bioassays. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, 33: 209-216.

[53] Gomot A., Gomot L., Boukraa S. & Bruckert S., 1989. Influence of soil on the growth of the land snail *Helix aspersa*. An experimental study of the absorption route for the stimulating factors. *Journal of Molluscan Studies*, 55: 1-8.

[54] Gomot A., Rerat A., Nordmann R. & Boudène C., 1997. Effets des métaux lourds sur le développement des escargots. Utilisation des escargots comme bio-indicateurs de pollution par les métaux lourds pour la préservation de la santé de l'homme. *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 181(1): 59-75.

[55] Gomot-de Vaufleury A., 2000. Standardised growth toxicity testing (Cu, Zn, Pb and pentachlorophenol) with *Helix aspersa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46: 41-50.

[56] Gomot-de Vaufleury A., 2001. Regulation of growth and reproduction. in The Biology of terrestrial molluscs, Chap. 9. Barker G.M., C.A.B. International. Wallingford, Royaume-Uni, pp. 331-355.

[57] Gomot-de Vaufleury A. & Bispo A., 2000. Methods for toxicity assessment of contaminated soil by oral or dermal uptake in land snails.1. Sublethal effects on growth. *Environmental Sciences and Technology*, 34(9): 1865-1870.

[58] Gomot-de Vaufleury A. & Coeurdassier M., 2001. Normalisation of a new protocol using snails to evaluate the effects of pollutants. 11th Annual Meeting Society of Environmental Toxicology and Chemistry Europe, Madrid, Espagne.

[59] Gomot-de Vaufleury A. & Kerhoas I., 2000. Effects of cadmium on the reproductive system of the land snail *Helix aspersa*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64(3): 434-42.

[60] Gomot-de Vaufleury A. & Pihan F., 2000. Growing snails used as sentinels to evaluate terrestrial environment contamination by trace elements. *Chemosphere*, 40(3): 275–284.

[61] Gomot-de Vaufleury A. & Pihan F., 2002. Methods for toxicity assessment of contaminated soil by oral or dermal uptake in land snails: metal bioavailability and bioaccumulation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(4): 820-827.

[62] Grara N., 2011. Évaluation de la toxicité de certains polluants industriels sur un animal bioaccumulateur (gastéropode *Helix aspersa*) : cas des métaux. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba, 280 p.

[63] Grara N., Boucenna M., Ataïlia A., Berrebbah H. & Djebar M.R., 2012. Stress oxydatif des poussières métalliques du Complexe Sidérurgique d'Annaba (Nord-Est algérien) chez l'escargot *Helix aspersa*. *Environnement, Risques & Santé*, 11(3): 221-229.

[64] Grégoire C., 1961. Structure of Conchiolin Cases of the Prisms in *Mytilus edulis* Linné. The Rockfeller University Press. *Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, 9: 395-400.

[65] Griffith O.W. & Mulcahy R.T., 1999. The enzyme of glutathione synthesis: Gamma-glutamyl cycteine synthetase. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, 73: 209-67.

[66] Halimi M., 2010. Rapport interne annuel. Association Nationale pour la Protection de l'Environnement et la lutte contre la Pollution, Wilaya d'Annaba, 30 p.

[67] Heim M., Oehlmann J. & Market B., 2000. Use of snails for soil quality assessment. Global Environmental. Issues in the 21st Century: Problems, Causes and Solutions, 3rd *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* World Congress, 21-25 May, Brighton, Royaume-Uni.

[68] Henning W., 1950. Grundzϋge einer theorie der phylogenetischen systematik. Berlin, Deutscher zentralverlag, 370 p.

[69] Hopkin S.P., 1989. Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates. Elsevier Applied Science, London, 245 p.

[70] Huberty C.J., 1994. Applied discriminate analysis. Willey, New York, 466 p.

[71] Iglesias J. & Castillejo J., 1998. Field observations on feeding of the land snail *Helix aspersa* Müller. Department of Animal Biology, Faculty of Biology, University of Santiago de Compostela, 15706 Santiago de Compostela, Spain. *Oxford Journals*, *Life Sciences, Journal of Molluscan Studies*, 65: 411-423.

[72] INRA, 2007. La protection des plantes. Des stratégies de lutte intégrée. Rapport d'activité des technologies pour le développement, Institut National de la Recherche Agronomique du royaume du Maroc, 74 p.

[73] Ismert M., Guillemain C., Oster T. & Bagrel D., 2000. Phase I and phase II enzyme activities in snail (*Helix aspersa*): sensitivity to atmospheric contamination by naphthalene. 17th International Symposium On Polycyclic Aromatic Compounds, Bordeaux, France.

[74] Ji L.L., Fu R. & Mitchell E.W., 1992. Glutathione and antioxidant enzymes in skeletal muscle: effects of fiber type and exercise intensity. *Journal of Applied Physiology*, 73: 1854-1859.

[75] Kramarz P., de Vaufleury A., Gimbert F., Cortet J., Tabone E., Neumann Andersen M., 2009. Krogh P.H. Effects of Bt-maize material on the life cycle of the land snail *Cantareus aspersus*. *Applied Soil Ecology*, 42: 236-242.

[76] Keller R., 1966. Glutathione. *American Journal of Gastroenterology*, 91: 26-32.

[77] Laskowski R. & Hopkin S.P., 1996. Effect of Zn, Cu, Pb, ans Cd on Fitness in Snails (*Helix aspersa*). *Ecotoxicology & Environnemental Safety*, 34: 59-69.

[78] Le Bras, G. J. 2007. Ecotoxicologie et Méthodes d'Investigation : les Bioindicateurs ; version 2000 - 2007. Enseignement MI - ISA et Université Catholique de Lille, 87 p.

[79] Le Guhennec M.F., 1985. Étude de l'influence de la lumière sur la croissance et la reproduction de l'escargot « petits-gris » *Helix aspersa* Müller (Gastéropode, Pulmoné, Stylommatophore). Doctorat de l'Université de Rennes I, 309 p.

[80] Ledergerber S., Baur A. & Baur B., 1999. Growth of juvenile *Arianta arbustorum* (Linnaeus, 1758) fed on white clover (*Trifolium repens* L.) grown under ambient or elevated atmospheric CO_2. *Folia malacologia*, 7: 171-175.

[81] Lee L.E.J., Stassen J., Mc Donald A., Culshaw C., Venosa A.D. & Lee K., 2002. Snails as Biomonitors of Oil-Spill and Bioremediation Strategies. *Bioremediation Journal*, 6: 373-386.

[82] Lorvellec O., 1988. Contribution à l'étude des caractéristiques écophysiologiques et chronobiologiques de l'activité de l'escargot « petits-gris » *Helix aspersa* Müller (Gastéropode, Pulmoné, Stylommatophore). Doctorat de l'Université de Rennes I, 285 p.

[83] Maas S., Scheifler R., Benslama M., Crini N., Lucot E., Brahmia Z., Benyacoub S. & Giraudoux P., 2010. Spacial distribution of heavy metal concentrations in urban, suburban and agricultural soils in a Mediterranean city of Algeria. *Environmental Pollution*, 158(6): 2294-2301.

[84] Madoz-Escande C., Querrec N. & Poncet-Bonnard D., 2005. Contamination of terrestrial gastropods *Helix aspersa maxima* with ^{137}Cs, ^{85}Sr, ^{133}Ba and ^{123}MTe by direct and trophic pathways. *Radioprotection*, 40(1): 429-435.

[85] Madoz-Escande C. & Simon O., 2006. Contamination of terrestrial gastropods, *Helix aspersa maxima*, with Cs^{137}, Sr^{85}, Ba^{133} and Te^{123} by direct, trophic and combine pathways. *Journal of Environmental Radioactivity*, 89(1): 30-47.

[86] Marigomez J.A., Angulo E. & Saez V., 1986. Feeding and growth responses to copper, zinc, mercury and lead in the terrestrial gastropod *Arion ater* (Linnaeus), *Journal of Molluscan Studies*, 52: 68-78.

[87] Marzouki L., Medjeldi S., Aouani E. & Amri M., 2005. Évaluation des conséquences sanitaires de la pollution industrielle engendrée par un site sidérurgique en Algérie. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 66(3): 219–225.

[88] Massaya M., Yoshinbu H., Ai Y., Maki & Yasuo O., 2002. Determination of cellular levels of nonprotein thiols in phytoplankton and their correlation with susceptibility to mercury. *Journal of phycology*, 38(5): 983 - 990.

[89] Meech R.W. & Standen N.B., 1975. Potassium activation in *Helix aspersa* neurones under voltage clamp: A component mediated by calcium influx. *Journal of Physiology*, 249(2): 211–239.

[90] Meister A. & Anderson M.E., 1983. Glutathione. *Annual Reviews of Biochemystry*, 52: 711-760.

[91] Mekhfouldji A., 2009. L'escargot, communément appelé « *El-Bebouch* » par les habitants de l'ouest de l'Algérie, a fait une percée sur les marchés européens. *Journal Quotidien Indépendant El Watan* daté du sam. 07 nov. 2009.

[92] Müller O.F., 1774. *Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusoriorum, helminthicorum, et testaceorum, non marinorum, succincta historia. Volumen alterum*. - pp. I-XXXVI [= 1-36], 1-214, [1-10]. *Havniæ & Lipsiæ.* Heineck et Faber, p. 59.

[93] Notten M.J.M, Oosthoek A.J., Rozema J. & Aerts R., 2005. Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environmental Pollution*, 138: 178-190.

[94] Odendaal J.P. & Reinecke A.J., 2004. Effect of Metal Mixtures (Cd and Zn) on Body Weight in Terrestrial Isopods. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 46: 377-384.

[95] Oosthoek A.J.P., Rozema J. & Aerts R., 2005. Heavy metal pollution affects consumption and reproduction of the landsnail *Cepaea nemoralis* fed on naturally polluted *Urtica dioica* leaves. *in* : Origin, transfer and effects of heavy metals in a soil-plant-snail food chain in polluted ecosystems of Biesbosch National Park. Martje J.M. Notten Editor, Amsterdam, the Netherlands, pp. 100-118.

[96] Ponder W. & Lindberg D.R., 1997. "Towards a phylogeny of gastropod molluscs: an analysis using morphological characters". *Zoological Journal of the Linnean Society*, 119: 83-265.

[97] Popescu C.C. & Tuffs R.J., 2009. Modelling the SEDs of spiral galaxies. *European Astronomical Society Publications Series*, 34: 247-256.

[98] Popple I. & Tribune M.G., 2002. Are snails ‘‘Love Darts’’ Source of Cupid Lore, *National Geographic News*, 63: 211-243.

[99] Rabitsch W.B., 1996. Metal accumulation in terrestrial pulmonates at a lead/zinc smelter site in Arnoldstein, Austria. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(3): 475-482.

[100] Redouane S., 2004. Effet des rejets métalliques des acières du complexe sidérurgique d’El Hadjar de Annaba sur un modèle cellulaire marin : *Tetraselmis suecica*. *Revue des Sciences et de la Technologie Synthèse* de l’Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 22: 121-124.

[101] Regoli F., Gorbi S., Fattorini D, Tedesco S., Notti A., Machella N., Bocchetti R., Benedetti M. & Piva F., 2006. Use of the Land Snail *Helix aspersa* as Sentinel Organism for Monitoring Ecotoxicologic Effect of Urban Pollution: An Integrated Approch. *Environnemental Health Perspectives*, 114: 63-69.

[102] Russell L.K., Haven de J.J. & Botts R.P., 1981. Toxic effects of cadmium on the garden snail (*Helix aspersa*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicolog*y, 26: 634-640.

[103] Sabaou F., 2006. «El-Bebouch» à l’assaut de l’Europe. Journal Quotidien du Soir, en date du 21 mai 2006.

[104] Scheifler R., Gimbert F, Hispard F., Cœurdassier M., Badot P.M. & de Vaufleury A., 2006. Biodisponibilité et dynamique des contaminants métalliques et organiques des mollusques gastéropodes terrestres aux réseaux trophiques. Rapport du Laboratoire de biologie environnementale. Université de Franche-Comté. 3ème séminaire INRA d’écotoxicologie, 23 p.

[105] Scheifler R., Gomot-de Vaufleury A., Toussaint M.L. & Badot P.M., 2002. Transfer and effects of cadmium in an experimental food chain involving the snail *Helix aspersa* and the predatory carabid beetle *Chrysocarabus splendens*. *Chemosphere*, 48: 571-579.

[106] Scheifler R., Schhwartz C., Echevarria G., Gomot-de Vaufleury A., Badot P.M. & Morel J.L., 2003. “Non available” soil cadmium is bioavailable to snail: evidence from isotopic dilution technique. *Environmental Science and Technology*, 37: 81-86.

[107] Schuytema G.S., Nebeker A.V. & Botts R.P., 1994. Effects of dietary exposure to forest pesticides on the brown garden snail *Helix aspersa* Müller. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 26: 23-28.

[108] Sejnowski T. & Delbruck T., 2013. Le langage des neurones. Pour la Science, Neurobiologie, 424: 50-55.

[109] Stiévenart C., 1990. Importance de la combinaison des paramètres poids vif et longueur de coquille pour l'appréciation de la croissance chez les escargots géants africains. Service de Production Animale Tropicale, Institut de Médecine Tropicale d'Anvers, Belgique, *Livestock Research for rural Development*, 2(2): 1-9.

[110] Stiévenart C. & Hardouin J., 1990. Manuel d'élevage des escargots géants africains sous les tropiques. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, ACP/CEE, De Rietkampen, Pays-Bas, 38 p.

[111] Swaileh K.M. & Ezzughayyar A., 2001. Dose-dependent effects of dietary Pn and Zn on feeding and growth rates of the landsnail *Helix engaddensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 50(1): 9-14.

[112] Tadjine A., 2007. Impact de la pollution atmosphérique d'origine particulaire sur deux modèles (le rat et le lapin). Approche histologique, biochimique, hématologique et toxicologique. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba, 104 p.

[113] Taylor J.W., 1883. Life History of British *Helices* : *Helix (Pomatia) aspersa* Müll. *The Journal of Conchology*, 4: 94-95.

[114] Thierry J., 2006. Les Mollusques Céphalopodes. *Annales de Paléontologie*, 92(2): 137-149.

[115] Thompson D'Arcy W., 2005. Forme et croissance, Seuil et Meinhardt H. *The Algorithmic Beauty of Sea Shells*, Springer, in Roux, J.B. *La coquille des mollusques*, 87: 234-239.

[116] Van der Oost R., Beyer J. & Vermeulen N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2): 57–149.

[117] Viard B., Maul A. & Pihan J.C., 2004. Standard use conditions of terrestrial gastropods in active bio-monitoring of soil contamination. *Journal of Environnemental Monitoring*, 6: 103-107.

[118] Ward B., 2006. *Unraveling Collagen' structure to be installed in Orange Memorial Park Sculpture Garden*. In : *Expert Review Proteomics*, 3(2,2): 174.

[119] Wekbeker G. & Cory G., 1988. Robo nucleotide reductase activity and growth of glutathione depleted mouse leukemia 1210 cells in vitro. *Cancer letters*, 40: 257-264.

[120] Whittaker R.H. & Margulis L., 1978. Protist classification and the fingdoms of organisms. *Biosystems*, 10(1,2): 3-18.

Webographie

[1] Astrid, 2011. Œufs d'escargot. Dans Escargots. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://leblogdastrid.canalblog.com/archives/2011/10/27/22492885.html

[2] Aurita A., 2008. Escargots en sauce. Dans Cagouilles à la charentaise. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://vivichocolat.canalblog.com/archives/2008/08/10/10191565.html

[3] Aviad, 2007. Bulime tronqué. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Bulime_tronqu%C3%A9#mediaviewer/Fichier:Hillazon.jpg

[4] Bacquet J.P., 2012. Naissains escargots. Dans Naissains Escargots. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www.espaceagro.com/animaux-vivants/naissains-escargots_i84742.html

[5] Bintou C., 2014. Bave d'escargot dans la cosmétique. Dans les soins quotidiens de la peau. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://www.biolissime.fr/blog/les-soins-quotidiens-de-la-peau/page/2/

[6] Bugallo Sánchez L.M., 2006. Petit-Gris vu de haut. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Helix_aspersa_aspersa#mediaviewer/Fichier:Caracol_snail_Galicia.jpg

[7] Buron-Mousseau F., 2014. Accouplement de Petits-Gris. Dans Zoologie. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/photossql/photos.php?RollID=images&FrameID=escargot1

[8] Cazin X., 2014. Schéma de l'anatomie de l'escargot. Dans Biologie et zootechnie du Petit-gris *Helix aspersa* Müller. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://librairie.immateriel.fr/fr/read_book/9782738002471/e9782738002471_c02

[9] Dcschmidt, 2008. Les deux paires de tentacules d'un escargot. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Escargot#mediaviewer/Fichier:Brazilian_Snail.jpg

[10] de Jaeger, 2007. Caviar d'escargot. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92uf_d%27escargot#mediaviewer/Fichier:Oeufs01.jpg

[11] Descouens D., 2012. Forme *sénestre* (à gauche) et *dextre* (à droite) du Petit-Gris. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Helix_aspersa_aspersa#mediaviewer/Fichier:Helix_aspersa_Sinistra_MHNT.CON.2002.767.768.jpg

[12] Fenwick D., 2011. *Riccardoella limacum* parasite du Petit-Gris. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www.davefenwick.com/roscadghill/mite_riccardoella_limacum_slug.html

[13] Gbaiocco, 2009. *H. aspersa.* Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Helix_aspersa#mediaviewer/Fichier:Snails2.jpg

[14] Geller-Grimm F., 2004. Lampyre. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Lampyre#mediaviewer/Fichier:Patapsco_fg04.jpg

[15] Gireaud O., 2008. Schéma du fonctionnement de la *radula*. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www.gireaud.net/escargot_anatomie.htm

[16] Grobe H., 2006. Escargot en hibernation avec son épiphragme. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89piphragme#mediaviewer/Fichier:Helix_pomatia_operculum_hg.jpg

[17] Guyard A., 2009. Schéma de l'appareil génital de l'escargot. Dans Anatomie de l'Escargot. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://baladesnaturalistes.hautetfort.com/archive/2009/10/11/l-escargot-anatomie- interne.html

[18] Iankov P., 2007. *Helix lucorum*. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Helix_lucorum#mediaviewer/Fichier:Helix_lucorum_2.jpg

[19] Jeffdelonge, 2006. Staphylins. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Staphylinidae#mediaviewer/Fichier:Paederus_littoralis01.jpg

[20] Koene J.M. et Schulenburg H., 2005. Dard d'amour d'un escargot. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Dard_d%27amour#mediaviewer/Fichier:Monachoides_vicinus_dart_lateral.jpg

[21] Nicobxl, 2013. *H. aspersa maxima*. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Gros-gris#mediaviewer/Fichier:Gros_Gris_Helix_aspersa_maxima.jpg

[22] Piel P., 2014. Schéma d'un Petit-Gris en position de ponte. Dans Gastéropodes : escargot Petit-Gris. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://ym.piel.pagesperso-orange.fr/ptgris.html

[23] Pol D., 2001. Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots. Dans Biologie animale : Locomotion. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://www.fondation-lamap.org/fr/page/12076/biologie-animale-fonctions-de-relation

[24] Pol D., 2006. Orifice respiratoire chez l'escargot. Dans Biologie animale : Respiration. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11565/respiration

[25] Quibik, 2007. Schéma en coupe de l'anatomie d'un escargot. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Escargot#mediaviewer/Fichier:Scheme_snail_anatomy-numbers.svg

[26] Rasbak, 2008. *Helix aspersa aspersa.* Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Petit-gris#mediaviewer/Fichier:Cornu_aspersum_%28Segrijnslak%29.jpg

[27] Sakho N., 2013. Coquilles de Petits-gris. Dans MissAchatine et ses coquilles. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://missachatine.blogspot.com/

[28] Salguero A., 2005. Khella, ou Noukha. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Khella#mediaviewer/Fichier:Ammi_visnaga_habito.jpg

[29] Schwarz T., 2014. Climat Dréan - Diagramme climatique, Courbe de température, Table climatique. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.climate-data.org/location/45073/

[30] Schwarz T., 2014. Climat Sidi Amar - Diagramme climatique, Courbe de température, Table climatique. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://fr.climate-data.org/location/830090/

[31] Séquier-Blanc A., 2014. Petit-Gris adulte bordé. Dans La législation sur le ramassage des escargots. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www.algeriemesracines.com/loisirs/ramassage-escargot.php

[32] Sirtin, 2009. Partie de la langue râpeuse de l'escargot, la *radula*, grossie 4000 fois à l'aide d'un microscope électronique à balayage. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www.sirtin.fr/2009/08/26/limage-mystere-du-jour/

[33] Toja O., 2011. Crème à la bave d'escargot. Dans Elicina crème à la bave d'escargot. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://www.elicina.fr/

[34] Uldry G., 2012. Stries de croissance de la coquille du Petit-Gris. Dans Les escargots. Consulté en ligne le : 01 juin 2014 à l'url : http://ecole.pont-en-ogoz.ch/jessica/escargot/journalescargots.htm

[35] Zell H., 2010. *Helix pomatia.* Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 03 juin 2014 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Escargot_de_Bourgogne#mediaviewer/Fichier:Helix_pomatia_002.JPG