

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila



Institut des Sciences et de la Technologie
Département Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Protection des écosystèmes

Mémoire de Fin de cycle
Pour de l'obtention du diplôme DE MASTER

Thème

Contribution à l'étude de la variation morphométrique chez des individus adultes appartenant à l'espèce *Helix aspersa* (Gasteropoda : Helicidae) échantillonnés dans des sites à différents degrés de pollution (Région de Mila)

Présentées Par : BOUKETTA Ibtissam

BOUHROUM Soria

Soutenue devant le jury :

Présidente :	M^{me}. BENDJEDDOU Mouna	MCB	Centre universitaire Mila
Examinatrice :	M^{elle}. KADDECHE Lilya	MCB	Centre universitaire Mila
Encadreur :	M^{me}. RIHANI Lamia	MCB	Centre universitaire Mila

Année universitaire: 2018/2019



Remerciements

Nous remercions avant tout **ALLAH** tout puissant, de mes avoir aidé toutes ces années d'étude et mes avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer notre travail. Il m'est agréable de rendre hommage et d'exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui ont manifesté de l'intérêt et m'ont permis de mener à bien ce travail.

On tient tout particulièrement à remercier notre promotrice **M^{me}. RIHANI Lamia**, pour avoir accepté de diriger cette thèse tout le long de sa réalisation, ses précieux conseils, son suivi, sa patience et sa compréhension.

On adresse nos sincères remerciements à **M^{me}. BENDJEDDOU Mouna** pour avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

On remercie aussi **M^{elle}. KADDECHE Lilya** d'avoir acceptée d'examiner notre travail.

Merci à tous ceux qui nous ont aidées de près ou de loin pour l'élaboration de ce mémoire.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes proches de mon cœur, surtout à mes chers parents **MOUHAMAD** et **NASSIRA** pour toutes les souffrances qu'ils ont endurées pour assurer une bonne éducation, et permettent une vie décente aussi pour m'avoir soutenu avec leurs encouragements et leurs conseils précieux.

A mes frères (**Lamin** , **Yahia** et **Ala Eldin**) Qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité. ma sœur **Ilhame** Pour tout son amour, encouragements permanents, et son soutien moral. Que Dieu te garde et te protège.

A mes amis dans toute le long de cycle d'étude et de ma vie.

A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

A toutes les personnes proches de mon cœur qui sont oublier par mon créant mais ne sont pas oublier par mon cœur.

Ibtissam



Dédicaces

A l'occasion de la rédaction de ce mémoire de fin d'étude,

Je dédie ce travail :

A mon très chère père : **Abd Eslem**, pour son soutien et ses précieux
conseil

A ma très chère mère : **Nadiya** qui m'a toujours apportée son amour
Et son affection

A mes sœurs : **Fatima, Djanet**

A mes frères : **Mohamad, Abd Elghani, Ahmad, Adel, et Yousef**
Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral et leurs
motivations tout au long de mon travail.

A ma binôme : **Ibtissam** et sa famille
Pour ses encouragements et ses aides tout au long de ce travail.

A tous mes amis et mes collègues, et tous ceux qui ont
Contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire
Tout simplement à tous qui ayant un espace dans mon cœur.

Soria

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....01

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

Partie 01 : Polluants et pollution

1. Pollution.....	03
1.1. Définition de la pollution.....	03
1.2. Sources de la pollution	03
1.3. Classification de pollution.....	03
1.3.1. Pollutions physiques.....	03
1.3.2. Pollutions chimiques.....	03
1.3.3. Pollutions biologiques	04
1.3.4 Nuisances esthétiques.....	04
2. Pollution des sols.....	04
2.1. Définition de pollution du sol.....	04
2.2. Source de la pollution des sols.....	04
2.2.1. Par le fond pédo-géochimique naturel.....	04
2.2.2. Par voie atmosphérique.....	05
2.2.3. Par épandage des déchets.....	05
2.2.4. Avec les apport de phosphates.....	05
2.2.5. Ala suite de l'utilisation de pesticides (minéraux et organiques).....	05
2.2.6. Au sein de sites pollué.....	05
2.3. Les différents types des polluants.....	05
2.3.1. Les polluants organiques (les pesticides).....	06
2.3.2. Les polluants inorganiques (les métaux lourds).....	06
3. Métaux lourds.....	06

3.1. Définition des métaux lourds.....	06
3.2. Origine de la contamination des sols par les métaux lourds.....	07
3.2.1. Origine naturelle.....	07
3.2.2. Origine anthropique.....	07
3.3. Les éléments traces métalliques.....	08
3.3.1. Cadmium (Cd).....	08
3.3.1.1. Les sources naturelles du cadmium.....	08
3.3.1.2. Les sources anthropiques du cadmium.....	08
3.3.1.3. Les effets du cadmium sur la santé humaine.....	09
3.3.2. Le cuivre (Cu).....	09
3.3.2.1. Les sources naturelles du cuivre.....	09
3.3.2.2. Les sources anthropiques du cuivre	09
3.3.2.3. Les effets du cuivre sur la santé humaine.....	10
3.3.3. Le zinc (Zn).....	10
3.3.3.1. Les sources naturelles du zinc.....	10
3.3.3.2. Les sources anthropiques du zinc.....	10
3.3.3.3. Les effets du zinc sur la santé humaine.....	11
3.3.4. Le plomb (Pb).....	11
3.3.4.1. Les sources naturelles du plomb.....	11
3.3.4.2. Les sources anthropiques du plomb.....	11
3.3.4.3. Les effets du plomb sur la santé humaine.....	12
3.4. Transport et devenir des métaux lourds dans les écosystèmes.....	12

Partie 02 : Généralité sur l'escargot *Helix aspersa*

1. Présentation et classification de l'espèce (<i>Helix aspersa</i>).....	13
2. Distribution géographique.....	13
3. Anatomie générale d'un escargot terrestre.....	14
3.1. Anatomie externe de l'escargot.....	15
3.2. Anatomie interne de l'escargot.....	18
3.2.1.Appareil digestif	18
3.2.2.Système nerveux	18
3.2.3.Appareil génital.....	18
3.2.4.Appareil circulatoire	19

3.2.5.Appareil respiratoire.....	19
4. Biologie.....	19
4.1. Rythme d'activité.....	19
4.2. Déplacement.....	20
4.3. Alimentation	20
4.4. Hibernation.....	20
4.5. Croissance.....	21
4.6. Reproduction de l'escargot.....	21
4.6.1. Accouplement.....	22
4.6.2. Ponte.....	22
4.6.3. Incubation, éclosion.....	23
5. Utilisation des escargots en écotoxicologie.....	23

Chapitre II : Matériels et Méthodes

1. Récolte des échantillons	25
2. Stations d'échantillonnage et leurs caractéristiques.....	25
2.1. Aïn Tinn	25
2.2. Chigara	25
2.3. La ville de Mila	26
2.4. Centre université Abd Elhafid Boussouf	26
3. Matériels utilisés	27
4. Méthodologie.....	28
4.1. Pesée les individus d' <i>Helix aspersa</i>	28
4.2. Mesurage de la coquille des individus <i>Helix aspersa</i>	29
5. Analyse statistique des résultats.....	30

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Résultats.....	31
1.1. Variation du poids moyen des individus <i>Helix aspersa</i> dans les différentes stations d'échantillonnages.....	31
1.2. Variation du diamètre moyen de la coquille d' <i>Helix aspersa</i> dans les différentes stations étudiées.....	32

1.3. Variation de la hauteur de la coquille des individus <i>Helix aspersa</i> au sein des septes stations étudiées.....	33
2. Discussion.....	35
Conclusion.....	36
Références bibliographiques	37
Résumé	
Abstract	
□ □□	
Annexes	

Liste des figures

Figure 1: Origine des métaux lourds dans le sol.....	08
Figure 2 : Schéma en coupe de l'anatomie d'un escargot.....	15
Figure 3: Les deux paires de tentacules d'un escargot.....	16
Figure 4 : Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots.....	16
Figure 5: Orifice respiratoire chez l'escargot.....	17
Figure 6 : Coquilles d' <i>Helix aspersa</i>	18
Figure 7 : Escargot en hibernation avec son épiphragme.....	21
Figure 8 : Accouplement de Petit-gris.....	22
Figure 9: œufs d'escargot.....	23
Figure 10: Cartographie des différentes stations d'échantillonnage.....	26
Figure 11 : photographie de la balance analytique de précision.....	27
Figure 12: photographie du pied à coulisse numérique.....	28
Figure 13: photographie montre la prise du poids de <i>Helix aspersa</i>	28
Figure 14 : Dessin schématique de la coquille d' <i>Helix aspersa</i> . La hauteur (H) et le diamètre (D) ont été définis en positionnant l'axe de torsion de la coquille perpendiculairement par rapport à l'horizon.....	29
Figure 15: photographie montre la mesure de D.....	29
Figure 16: photographie montre la mesure de H.....	29
Figure 17 : Variation du poids moyen des individus selon les stations d'échantillonnages.....	31
Figure 18 : Variation du diamètre moyen de la coquille des individus d' <i>Helix aspersa</i> dans les différentes stations étudiées.....	32
Figure 19 : Variation de la hauteur de la coquille des individus <i>Helix aspesra</i> au sein des quatre stations étudiées.....	33

Liste des tableaux

Tableau 1 : Le nombre d'individus dans chaque station d'échantillonnage.....	27
Tableau 2 : Variation du poids moyen des individus <i>Helix aspesa</i> dans les différentes stations d'échantillonnages.....	31
Tableau 3 : Variation du diamètre moyen de la coquille d' <i>Helix aspersa</i> dans les différentes stations étudiées.....	32
Tableau 4 : Variation de la hauteur de la coquille des individus <i>Helix aspesra</i> au sein des quatre stations étudiées.....	33

Liste des Abréviations

- **B** :Bore
- **Cd** : cadmium
- **CIRC** : centre international de recherche du cancer
- **Cl** :Chlore
- **cm³** :centimètre cube
- **Cs** :césium
- **Cu** : Le cuivre
- **CuFeS₂** : chalcopyrite
- **Cu₂S** : chalcosine
- **Cu₂O** : cuprite
- **D** : le diamètre
- **E** : Est
- **ETM** : des éléments-traces métalliques
- **F** : Fluor
- **H** : la hauteur
- **INRA** : Institut national de la recherche agronomique
- **g** : gramme
- **Km²** : Kilomètre carré
- **m** : mètre
- **m/h** : mètre par heures
- **Mg** : milligrammes
- **mm** : millimètre
- **mm/s** : millimètre par seconde
- **N** : Nord
- **Ni** :Nickel
- **Pb** : plomb
- **St** : station
- **z** : numéro atomique
- **Zn** : Le zinc
- **°C** : Degré Celsius
- **%**: Pourcentage

Introduction

INTRODUCION

Durant le dernier siècle, la société a connu une phase de forte expansion industrielle accompagnée de l'exploitation de nombreuses ressources non renouvelables. Le manque de préoccupation environnementale de cette époque a conduit au déversement de nombreuses substances polluantes dans l'environnement. Celles qui étaient peu voire non dégradables se sont accumulées dans les sols, les sédiments, les eaux et les organismes. Même si cette exploitation a permis un bon développement économique, elle a été à l'origine d'une dégradation de notre environnement via une chute de la biodiversité et de la qualité des milieux naturels **(Morel, 1997)**.

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 & Tuffs, 2009)**. Des centaines de polluants sont déversés chaque jour dans l'environnement. Parmi eux, les métaux lourds sont considérés comme des polluants graves de l'environnement à cause de leur rémanence et de leur tendance à la bioaccumulation dans les organismes vivants **(Harte et al., 1991; Schuurmann & Markert, 1998)**.

Les métaux lourds peuvent ainsi affecter les organismes directement en s'accumulant dans leurs corps ou indirectement par transfert par le biais de la chaîne alimentaire **(Forstner & Wittman, 1983)**.

En premier lieu, ces éléments viennent s'accumuler dans l'horizon de surface. Ils peuvent être stockés, transformés, lessivés vers les cours d'eaux, et repris par les êtres vivants. Leur accumulation dans le sol peut compromettre l'usage de ce dernier et induire des dangers pour les organismes exposés tels les microorganismes, la flore, la faune et en fine l'homme **(Chassin et al. 1996)**. Ces dangers peuvent se traduire par des changements majeurs dans la structure du compartiment biologique, modifications de la densité et la biodiversité, et influence les différentes activités des communautés vivant dans le sol. Cependant, ces communautés, en contact permanent avec ces éléments dans le sol, peuvent s'adapter à l'augmentation de leurs teneurs en développant différents mécanismes (accumulation, détoxification, ...) pour résister à cette contamination. Elles peuvent être ainsi de bons indicateurs de l'état de ces sols **(Houda, 2010 ; Kabata-Pendias, 2011 ; Alloway, 2013)**.

Un bioindicateur peut être défini comme une espèce animale, végétale ou fongique qui reflète l'état du milieu dans lequel elle vit. Il doit pour cela répondre à un certain nombre de critères, comme participer activement au fonctionnement de l'écosystème, être sédentaire,

largement distribué et facile à identifier, être bioaccumulateur, tolérant ...(**Hopkin, 1989 ; Edward et Slingo, 1996**).

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, par leur grande capacité d'accumulation des éléments-traces métalliques (ou ETM) dont les plus fréquents sont Cd, Cu, Pb et Zn (**Berger & Dallinger, 1993 ; Cortet et al., 1999**).

Cette propriété a été mise à profit pour utiliser les escargots terrestres comme bioindicateurs de la pollution par les ETM (**Viard et al., 2004**).

L'escargot terrestre appartenant à l'espèce *Helix aspersa* est un excellent bioindicateur de pollution terrestre plus efficace que le ver de terre *Lumbricus terrestris* (**Gomot-de Vaufleury & 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 & Dallinger, 1993 ; Cortet et al., 1999**).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la pollution de l'environnement, sur la croissance corporelle des escargots de l'espèce terrestre *Helix aspersa*. Notre travail consiste à une étude morphométrique sur des individus adultes ramassés au niveau de quatre stations (Université Abd Elhafid Boussouf , Aïn Tinn , Chigara et la ville de Mila) à degrés de pollution différents.

La structure retenue dans ce manuscrit est la suivante :

- Le premier chapitre englobe deux parties :
 - la première partie représente les différents types des polluants qui induisent à des effets toxiques et leur devenir dans les écosystèmes et les organismes .
 - La deuxième partie sera réservée à la présentation générale de l'espèce *Helix aspersa*
- Le matériel et les méthodes employés afin de réaliser une étude biométrique, sont développés dans le deuxième chapitre.
- Le troisième chapitre représente les résultats obtenus et leurs discussions.
- Enfin, une conclusion générale accompagnée de perspectives termine ce travail.

CHAPITRE I :

Synthèse

bibliographique

Partie 01 :

Polluants et Pollution

1. La pollution

1.1. Définition de la pollution

D'après **(Ramade, 1982)** la pollution est une modification défavorable du milieu naturel. en modifie les composantes physiques, chimiques ou biologiques. qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine **(Mazoyer 2002)** . Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques **(Ramade 1989)** .

1.2. Sources de la pollution

Selon **(Viala, 1998)** Les principales sources de pollution actuellement sont:

- **la production de l'énergie** ; elle fait appel aux combustibles fossiles, l'énergie nucléaire et la pollution thermique.
- **les activités de l'industrie chimique** ; l'industrie chimique peut rejeter, notamment dans l'air et dans les eaux, des quantités plus ou moins importantes de produits les plus divers.
- **les activités agricoles** ; les engrais et les pesticides sont massivement utilisés à l'heure actuelle en vue d'augmenter et intensifier les rendements agricoles.

1.3. Classification des pollutions

Selon **(Viala, 1998)** Pour la classification classique le phénomène de pollution envisageant ce qui se passe au niveau du sol, de l'air et de l'eau. Mais, actuellement, elle peut se faire selon la nature du facteur ou d'agent polluant considéré :

1.3.1. Pollutions physiques

- Radionucléides actifs (émission de rayonnements).
- Caléfaction (pollution thermique).
- Bruit et vibrations à basse fréquence (infrasons).

1.3.2. Pollutions chimiques

Parmi les principaux polluants impliqués dans la pollution chimique :

Dérivés gazeux du carbone et hydrocarbures liquides, matière plastiques, pesticides, les métaux lourds,... etc.

1.3.3. Pollutions biologiques

- Contamination biologique des milieux inhalés et ingérés (bactéries, virus, pollens, etc).
- Modification des biocénoses par introduction intempestive d'espèces animales et végétales.

1.3.4. Nuisances esthétiques

- Dégradation des paysages et des sites par l'urbanisation « sauvage » ou un aménagement mal conçu.
- Implantation d'industrie ou autres activités dans les biotopes vierges ou peu modifiés par l'homme.

2. Pollution des sols

2.1. Définition de pollution du sol

D'après (**Bliefert & Perraud, 1997**) les pollutions du sol peuvent apparaître de différentes manières. Une grande partie des composés, qui ont de l'influence sur les sols et sur les organismes qu'ils contiennent.

2.2. Source de la pollution des sols

D'après (**Mazoyer, 2002**) les causes de la pollution des sols liées à l'activité agricole proviennent essentiellement de l'existence, dans les produits utilisés pour fertiliser ou traiter les cultures, de différents composés toxiques. Ces derniers sont souvent présents en très petites quantités, mais leur accumulation lente peut entraîner la contamination de certains sols cultivés, ces substances sont en effet très peu mobiles dans le sol et sont peu absorbées par les plantes.

Selon (**Stengel & Gelin, 1998**) Ces produits toxiques parviennent-ils aux sols par différentes voies :

2.2.1. Par le fond pédo-géochimique naturel

Les sols comportent naturellement des éléments traces métalliques, héritage de la roche mère. Ces éléments sont en partie absorbés par les racines des plantes puis libérés plus tard dans le sol.

2.2.2. Par voie atmosphériques

En plus de ses composants gazeux, l'atmosphère contient des particules, les aérosols, qui proviennent de sources variées, naturelles ou liées aux activités humaines.

2.2.3. Par épandage des déchets

La matière organique, les éléments fertilisants et les boues d'épuration contiennent souvent des substances toxiques, en particulier des métaux à l'état de trace qu'il est actuellement impossible d'extraire dans des conditions techniquement et économiquement acceptable.

2.2.4. Avec les apports de phosphates

Une étude réalisée sur des parcelles témoins, existant depuis 1929 sur le domaine de l'INRA à Versailles, a confirmé que la contribution des engrais phosphatés représente une part importante de la pollution totale en cadmium des sols qui ne reçoivent pas d'autres épandages.

2.2.5. A la suite de l'utilisation de pesticides (minéraux et organiques)

Parmi les sources de contamination diffuse les matières fertilisantes et les produits de traitements des cultures. Les engrais issus de gisements minéraux et les amendements organiques apportent des quantités significatives d'éléments traces. De nombreux traitements pesticides contribuent à la contamination des sols. Des études récentes indiquent que les pesticides organiques actuellement utilisés peuvent perturber l'activité microbienne dans le sol pendant quelques semaines.

2.2.6. Au sein de sites pollués

Les sites pollués sont des sites dont le sol ou le sous-sol ou les eaux d'irrigations ont été pollués localement par d'anciens dépôts de déchets ou par l'infiltration de substances polluantes. Les sols comportent naturellement des éléments-traces métalliques, héritage de la roche mère et des retombées atmosphériques d'origine naturelles.

2.3. Les différents types de polluants

Il existe de nombreuses substances toxiques susceptibles de perturber les systèmes biologiques, des simples ions inorganiques jusqu'aux molécules organiques complexes.

2.3.1. Les polluants organiques (les pesticides)

Les pesticides sont des substances organiques toxiques utilisées pour éliminer les espèces animales et végétales nuisibles. L'utilisation intensive de ces substances s'accompagne de nuisances qui peuvent conduire à la rupture de l'équilibre écologique et donner naissance à des produits dérivés dont la toxicité peut s'avérer plus accentuée et néfaste pour les êtres vivants (**Fournier, 2012**). Les pesticides sont des formulations contenant une ou plusieurs substances chimiques, minérales ou organiques, synthétiques ou naturelles (**El Mrabet et al., 2008**).

2.3.2. Les polluants inorganiques (Les métaux lourds)

Les métaux lourds occupent une place prépondérante dans l'activité économique mondiale. Ils jouent un rôle stratégique dans certaines applications (**Boucheseiche et al., 2002**). A la différence des autres contaminants, les métaux lourds sont des composés inorganiques. Ce sont des minéraux, très toxiques, même à des concentrations faibles (**Bourrinet et al., 2008**). Leur caractère persistant signifie qu'ils ne se dégraderont jamais, ni dans l'environnement, ni lors de la transformation de produits alimentaires, ni dans le corps après ingestion (**Boucheseiche et al., 2002**).

3. Métaux lourds

3.1. Définition des métaux lourds

Le terme métaux lourds, « heavy metal », implique aussi une notion de toxicité. Le terme « éléments traces métalliques » est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement. Ces éléments traces peuvent donc être des métaux (ex: Cd, Cs, Cu, Ni, Pb, Zn...) ou des éléments non métalliques (ex: F, Cl, B, ...) (**Stengel & Gelin, 1998**).

Leurs propriétés de toxicités expliquent ainsi la connotation négative du terme « métal lourd ». Ils peuvent se trouver dans l'air, dans l'eau et dans le sol (**Bliefert & Perraud, 1997**).

La définition scientifique et technique des métaux lourds évoque leur densité élevée (dépasse 5g/ cm³), leur numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (z=11) et leur pouvoir toxique pour les systèmes biologiques (**Bloundi, 2005**).

3.2. Origine de la contamination des sols par les métaux lourds

D'après **Robert & Juste in Huynh (2009)** Leur présence dans les sols peut être naturelle ou anthropogénique.

3.2.1. Origine naturelle

Les métaux lourds sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique (**Bourrelie & Berthelin in Huynh, 2009**). La concentration naturelle de ces métaux lourds dans les sols varie selon la nature de la roche, sa localisation et son âge (Baize ,2000). Ce fond pédo-géochimiques local résulte des phénomènes naturels géologiques, pédogénétiques et autres.

3.2.2. Origine anthropique

La source majeure de contamination est d'origine anthropique. Au cours des décennies dernières, l'apport de métaux lourds au sol dans le monde s'est étendu ; à l'heure actuelle on l'estime à 22000 tonnes de cadmium, 939000 tonnes de cuivre, 783000 tonnes de plomb, et 1350000 tonnes de zinc (**Singh et al. in Huynh, 2009**). Les principaux types de pollutions anthropiques responsables de l'augmentation des flux de métaux, sont la pollution atmosphérique (rejets urbains et industriels), la pollution liée aux activités agricoles et la pollution industrielle (**Baize in Huynh, 2009**).

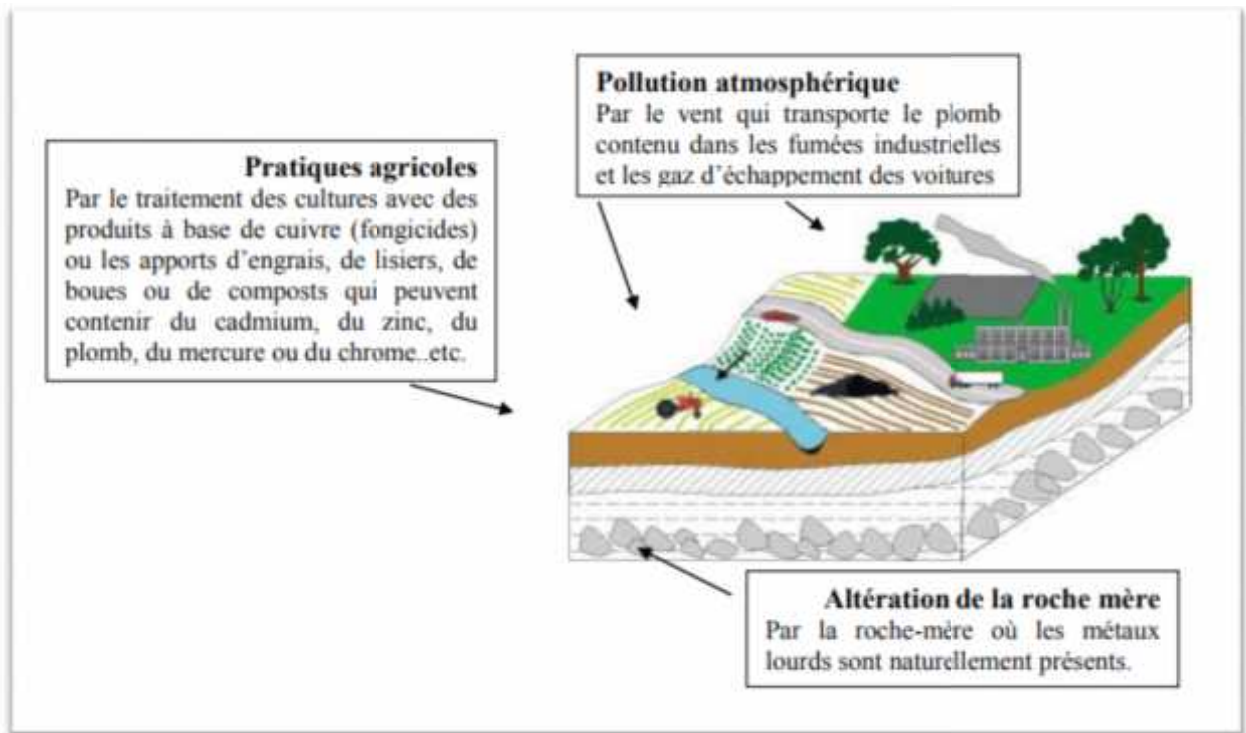


Figure 1: Origine des métaux lourds dans le sol (Source: Anonyme, 2001)

3.3. Les éléments traces métalliques

3.3.1. Cadmium (Cd)

Il fait partie des éléments en trace métallique dits non essentiels (Tukmen *et al.* 2005). Le cadmium est de symbole Cd et de numéro atomique 48 (Annexe 01). Ce métal se caractérise par une grande résistance à la corrosion et par son point de fusion assez bas. Il est considéré comme un bon conducteur d'électricité et ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures (Borchardt, 1985).

3.3.1.1. Les sources naturelles du cadmium

Les origines de cadmium sont multiples. Cet élément métallique est peu répandu dans la croûte terrestre. Il ne se trouve pas à l'état élémentaire dans la nature ; il est généralement présent dans les minerais de zinc ou de plomb. Le cadmium rejeté dans l'atmosphère provient de différentes sources naturelles comme les éruptions volcaniques,..... (Ineris, 2011).

3.3.1.2. Les sources anthropiques du cadmium

L'apport de cadmium aux milieux côtiers provient, en partie du compartiment atmosphérique comme la fumée, la poussière, les fonderies des produits de l'incinération des

Chapitre I : Synthèse bibliographique

matériaux recouverts de cadmium et peut également provenir des lessivages de terrains agricoles, renfermant des engrais (Nriagu & Pacyna, 1988).

3.3.1.3. Les effets du cadmium sur la santé humaine

Un taux élevé de cadmium étant corrélé à la baisse à la fois de la mobilité et de la concentration, il peut aussi provoquer une modification de la morphologie des spermatozoïdes (Xu *et al.*, 1993). Les fumées d'oxydes de cadmium sont considérées comme des irritantes pulmonaires sévères (Pillierre, 2007).

Il a été démontré qu'une intoxication au cadmium, chez la femme enceinte, peut être à l'origine d'une diminution de la durée de la grossesse et du poids du nouveau-né. D'autres études ont pu démontrer que cette intoxication est liée également au dysfonctionnement du système endocrinien et / ou immunitaire chez l'enfant (Schoeters *et al* ; 2006). En 1993, les données de l'évaluation du centre international de recherche du cancer (CIRC), on conduit à classer le cadmium comme un élément cancérigène de catégorie 1 (cancérigène avéré par l'homme). L'exposition professionnelle au cadmium peut être considérée comme responsable d'une augmentation significative du taux de cancer du poumon et des ostéomalacies (ramollissement généralité des os par résorption diffuse des sels calcaires de la substance osseuse. (Pillierre, 2007).

3.3.2. Le cuivre (Cu)

Le cuivre est un élément chimique métallique de symbole Cu et de numéro atomique 29 (Annexe 01), il est indispensable au métabolisme des êtres vivants. Le cuivre est un cofacteur essentiel d'un grand nombre de protéine impliqué dans les réaction d'oxydoréduction liée a l'activité de l'oxygène moléculaire (Clemens, 2001).

3.3.2.1. Les sources naturelles du cuivre

La quantité du cuivre dans l'écorce terrestre est de l'ordre de 0,03%, le cuivre est un métal que l'on trouve a l'état natif, on le trouve aussi dans la chalcoppyrite (CuFeS₂), la chalcosine (Cu₂S), et la cuprite (Cu₂O) (Anonyme.A, 2000).

3.3.2.2. Les sources anthropiques du cuivre

Selon Astrid, D. (2011) & Baruthio (1991), le cuivre est utilisé dans plusieurs domaines :

- **Industrie** : fils électriques, conduit pour les fluides, préservation de bois.
- **Agriculture** : insecticides, les antifongiques.
- **Domaines médicales** : antiseptique à usage externe, facteur nutritif.
- **Animaux** (glauconite, glycérate, carbonate basique).

3.3.2.3. Les effets du cuivre sur la santé humaine

Le manque de cuivre cause le syndrome de Menke (**Plumlee & Ziegler, 2003**). Des études menées par des scientifiques montrent que des enfants exposés à long terme à des fortes concentrations de cuivre deviennent moins intelligents. Elles provoquent aussi la maladie de Wilson, cette maladie se manifeste quand l'organisme humain reçoit des quantités importantes de cuivre et que le foie devient incapable de stocker son excès qui s'accumule ensuite dans le cerveau et dans la cornée de l'œil (**Karl et al., 2011**).

3.3.3. Le zinc (Zn)

Est un métal dit essentiel, il est impliqué dans de nombreux processus physiologiques et il est donc indispensable à la vie d'un grand nombre d'organismes (**Hemalatha et al., 2006**). Selon **Arnaud & Favier (1999)**, le zinc assure le métabolisme des acides nucléiques, des protéines, des glucides, il est indispensable pour certaines fonctions physiologiques telles que la croissance et la circulationetc.

3.3.3.1. Les sources naturelles du zinc

Les sources naturelles dans l'environnement sont l'altération de roches (56%), le volcanisme (22%) et la végétation (**Lantzy & McKenzie, 1979**). Cependant, **Nriagu (1991 ; 1996)** a calculé que ces sources naturelles ne représentent qu'environ 7% des émissions totales de cet élément dans l'environnement, étant donné que la production et le traitement de minerai et les activités industrielles représentaient 75% et 18% respectivement, des émissions du Zn dans le milieu naturel.

3.3.3.2. Les sources anthropiques du zinc

L'utilisation du zinc est très diverse. Le zinc est utilisé en industrie comme la métallurgie, constituants de nombreux alliages : oxyde de zinc, sulfate de zinc. Il est utilisé en agriculture comme raticide (antifongique) ainsi en médecine comme antispasmodique et topique isolant (**Yong et al., 1993**).

3.3.3.3. Les effets du zinc sur la santé humain

Le zinc est un élément essentiel pour la croissance et la survie du corps humains il est nécessaire pour des nombreux processus métaboliques structural et catalytique. En revanche des fortes concentrations en zinc affectent le métabolisme des lipoprotéines qui augmentent les risques cardiovasculaires des personnes (**Foster et al., 2010**). Il provoque aussi les maladies coronarienne, hématologique et respiratoire (**Gimbert et al., 2006**). Il est aussi responsable de la dégradation de pancréas (**perez-quintanila et al., 2007**). Son excès provoque des effets indésirables chez les enfants et les femmes enceintes (**Johnson et al., 2011**).

Dans les poissons la dose létale est comprise entre 0,5 et 5 mg l⁻¹ en Zn (**Moore et Ramamoorthy, 1984**). À la dose de 150 et 650mg, Zn est toxique chez l'homme, mais cette dose descend au-dessous de 6 g, elle est létale. Les troubles physiologiques humains causés par ce type d'intoxication dans un cas primaire, vont comprendre des nausées et des troubles du système respiratoire ainsi que par des affections cutanées Enfin, Zn est soupçonné être cancérigène pour l'homme (**Emsley, 1991**).

3.3.4. Le plomb (Pb)

Le plomb est un métal gris bleuté, brillant, qui se ternit à l'air. Le plomb est un métal toxique sans rôle biologique. On peut le trouver à l'état natif, mais aussi et surtout sous forme de minerais comme la galène (PbS), l'anglésite (PbSO₄) (**Anonyme.A, 2000**).

3.3.4.1. Les sources naturelles du plomb

Dans l'air, les émissions provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues importance mineure (**Marchand & kantin, 1997**). Il se trouve en faible quantité, dans l'écorce terrestre 0,0016% (**Glinka, 1986**).

3.3.4.2. Les sources anthropiques du plomb

Les sources principales étant encore à l'heure actuelle la combustion des carburants automobile ainsi que, les rejets atmosphériques sont principalement anthropique, des alliages divers, des câbles, des produits chimiques (pigments adjuvants de matière plastique), de la verrerie, des revêtements pour l'insonorisation, la radioprotection ou la lutte contre les vibrations (**Rauzy & Danjou ; 1996**).

3.3.4.3. Les effets du plomb sur la santé humaine

Le plomb affecte le système nerveux, en cas d'intoxication massive l'effet neurotoxique du plomb traduit par une encéphalite convulsive pouvant aller jusqu'au décès, mais en cas d'intoxication moins sévère, son effet se traduit par des troubles neuroaux-comportement et les détériorations intellectuelles. Il affecte aussi la moelle osseuse et le sang en bloquant plusieurs enzymes nécessaire à la synthèse de l'hémoglobine, il a un effet sur le système cardiovasculaire, agit d'une part sur la production ou la libération de certaine hormone et d'autre part il exerce un effet toxique directe sur les différents types des cellules des os, son intoxication chronique constitue le saturnisme (**Pierre, 1998**).

3.4. Transport et devenir des métaux lourds dans les écosystèmes

Lorsqu'ils ont été libérés dans l'environnement, les contaminants sont soumis à des processus de transport et de dispersion complexes à l'intérieur et entre les différents compartiments de la biosphère. La pollution peut alors concerner des sites très localisés, proches de la source de contamination ou alors être dispersée via l'atmosphère ou le milieu terrestre et aquatique. La répartition des contaminants à l'intérieur d'un écosystème donné, dépend des caractéristiques physiques et chimiques du milieu et des propriétés physico – chimiques des substances polluantes. Les propriétés physico – chimiques et la stabilité des composés toxiques. La nature du compartiment contaminé et les rythmes d'apports influencent l'exposition et la contamination des biocénoses (**Mackay, 1991**).

Partie 02 :

Généralité sur

l'escargot *Helix*

aspersa

Chapitre I : Synthèse bibliographique

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

Helix aspersa ou le petit gris, est un escargot appartient à l'embranchement des Mollusques, animaux à corps mou et dépourvu de squelette, sa masse viscérale présente une torsion de 180° par rapport au pied d'où une asymétrie de certains de ses organes (**Bonnet et al., 1990**). Il fait partie de la classe des Gastropodes, il possède un poumon (ou cavité palléale), ce qui le situe dans la sous classe des Pulmonés, il appartient au sous ordre des Stylomatophores, caractérisés par le port des yeux à l'extrémité des tentacules oculaires. Sa coquille enroulée caractérise la famille des Hélicidés ; sa spirale tourne généralement dans le sens des aiguilles d'une montre, pouvant contenir tout son corps. La masse viscérale étant retenue dans la coquille par le muscle columbaire.

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

Règne :	Animalia
Embranchement :	Mollusca
Classe :	Gastéropoda
Sous -classe :	Pulmonés
Ordre :	Stylomatophora
Super-famille :	Helicacea
Famille:	Helicidae
Genre :	<i>Helix</i>
Espèce :	<i>aspersa</i>
Sous-espèce :	<i>aspersa</i>

2. Distribution géographique

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

- **Afrique :** le nord d'Afrique (Algérie) et l'Afrique du sud.
- **Asie :** Turquie, rives de la mer noire.
- **Pacifique :** Australie (Queens land, Tasmanie), nouvelle Zélande.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

- **Europe** : Grande-Bretagne (principalement les régions du sud et côtières), Belgique , France, Allemagne, Grèce, Irlande, Italie, Portugal, Espagne.
- **Îles** : les Canaries, Haïti.
- **Amérique du nord** : Mexique, Etats-Unis (AZ-, CA, HI, ID, LA, NM, NV, OR, TX, UT, WA).
- **Amérique du sud** : Argentine, Chili.

3. Anatomie générale de l'escargot

Le corps d'un escargot consiste en un pied unique, une tête et une masse viscérale enroulée placée dans la coquille. Le mouvement a lieu grâce à l'expansion et l'extraction de muscles dans le pied, des glandes de mucus sur le reste du corps protégeant l'escargot contre la perte d'eau. Deux paires de tentacules placées sur la tête. La paire supérieure porte les yeux. La coquille est sécrétée par un épais pli de peau, appelé le manteau, cette dernière est reliée au corps par un puissant muscle qui est attaché au columelle, 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, la figure (02) montre l'anatomie d'*Helix aspersa* . (Quibik, 2007)

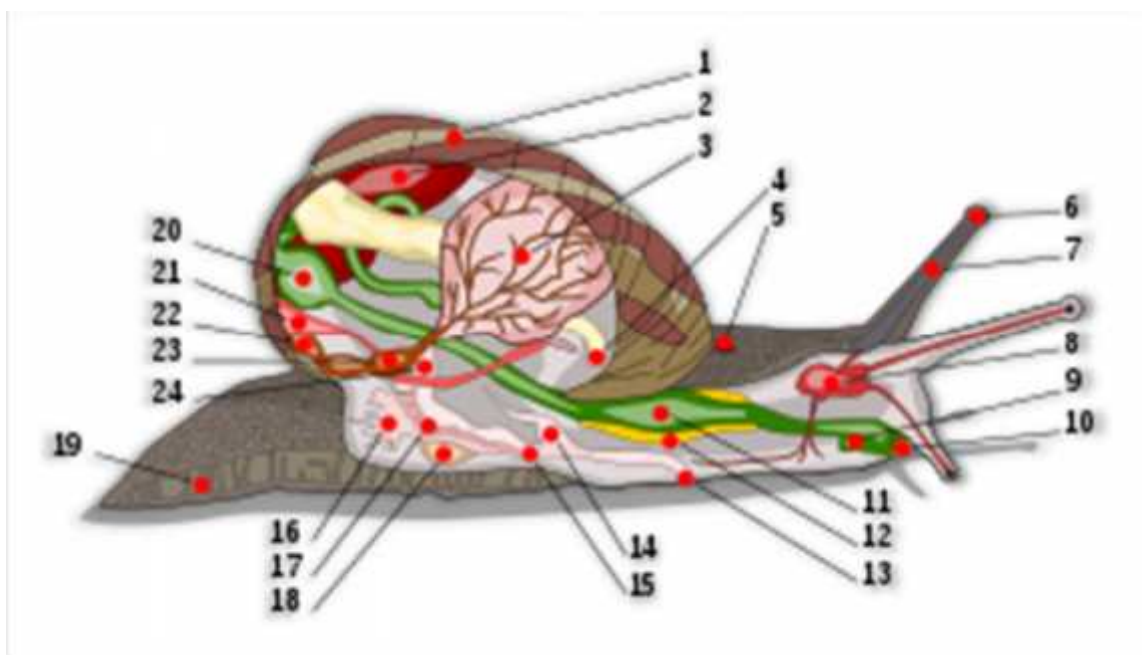


Figure 2 : Schéma en coupe de l'anatomie d'un escargot (Quibik, 2007)

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.

3.1. Anatomie externe de l'escargot

- **Le corps :** est mou, visqueux en raison de la présence du mucus. Il est constitué de trois parties: la tête, le pied et la masse viscérale (Bonnet *et al.*, 1990).
- **La tête :** comporte la bouche qui s'ouvre vers le bas et les organes des sens constitués de deux paires de tentacules. Les tentacules inférieures, tactiles, sont dirigés vers le bas, les tentacules supérieures, oculaires, portant un œil simple et un organe olfactif, qui sont dirigés vers le haut (Bonnet *et al.*, 1990).(Figure 3).



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

- **Le pied :** est musculeux, large et plat, il supporte une coquille calcaire formée d'une seule pièce en forme de spirale. Sa face inférieure, en contact avec le sol, forme une sole de reptation, lorsque l'escargot se déplace, elle laisse une trace brillante formée de mucus. (Figure. 4).



Figure 4 : Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots (Pol, 2001)

- **La masse viscérale :** dont la plus grande partie est enfermée dans la coquille (Chevalier, 1977), contenant presque tous les organes : poumon, glande digestive, cœur., elle est richement vascularisée.
- **Trois orifices impairs :** se sont bien visibles sur le corps de l'animal qui sont : L'orifice génital situé en arrière du tentacule oculaire droit; l'orifice respiratoire, situé sur le côté droit du bourrelet qui sépare la coquille du pied (bourrelet palléal), et qui

Chapitre I : Synthèse bibliographique

s'ouvre et se ferme rythmiquement ; l'anus, situé à proximité de l'orifice respiratoire, qui se révèle par l'apparition d'un petit cordon d'excréments verdâtres.

Un quatrième orifice, l'orifice urinaire, situé à proximité de l'anus, est généralement indétectable en raison de sa petite taille (Vallardi, 1971).(Figure. 5).



Figure 5: Orifice respiratoire chez l'escargot (Pol, 2006).

- **La coquille** : est un squelette externe secrétée par la face dorsale et le bord libre du manteau, elle est globulaire, spirale, a un enroulement dextre, son ouverture est évasée, descendante ; son bord externe est appelé : péristome ; la forme, l'épaisseur et la couleur du péristome ont souvent une grande importance dans l'identification des espèces des gastéropodes. La coquille protège les organes. Elle est composée de :
 - ✓ une partie organique : trame protéique, représentant 1 à 2% de la coquille.
 - ✓ une partie minérale : carbonate de calcium sous forme de calcite et d'aragonite représentant 98% de la coquille. Elle est constituée de trois couches distinctes :
 - ✓ couche externe appelée : le périostacum .
 - ✓ couche moyenne appelée : l'ostracum.
 - ✓ couche interne appelée : l'hypostracum (Vallardi, 1971). (Figure 6)



Figure 6: Coquilles d' *Helix aspersa* (Sakho, 2013).

3.2. Anatomie interne de l'escargot

3.2.1. Appareil digestif

En raison de la torsion 180^0 du corps de l'escargot, le tube digestif forme une boucle ramenant l'anus vers l'avant. La bouche se prolonge par un bulbe buccal à l'intérieur duquel se trouve une langue musculaire recouverte d'une lame cornée : la radula, son rôle est de broyer les aliments. Dans la partie postérieure du bulbe buccal on trouve deux glandes salivaires. Ce bulbe se prolonge par un œsophage qui se renfle en un estomac, lui-même prolongé par un intestin formant une double circonvolution autour d'hépatopancréas et aboutissant à l'anus.

3.2.2. Système nerveux

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

3.2.3. Appareil génital

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

Il comprend :

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

Chapitre I : Synthèse bibliographique

- un canal hermaphrodite servant l'évacuation des gamètes.
- une glande de l'albumine qui élabore les réserves vitellines.
- un ovospermiducte (**Bonnet et al., 1990**).

Puis l'appareil se divise en deux voies :

- la voie mâle comprenant un spermiducte où les spermatozoïdes s'accumulent en un spermatophore ainsi qu'un organe copulateur, le pénis.
- la voie femelle comprend la poche qui sécrète le dard calcaire lors de l'accouplement, le vagin et l'orifice génital.

3.2.4. Appareil circulatoire

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

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

3.2.5. Appareil respiratoire

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

4. Biologie

4.1. Rythme d'activité

L'activité des Helicidae est préférentiellement nocturne. Elle se synchronise avec la photopériode naturelle et débute au coucher du soleil. Les trois facteurs qui influencent cette activité est l'hygrométrie du milieu (air et sol), la température et la photopériode (**Tafoughalt-Benbellil, 2009**).

4.2. 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.

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. 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 (**Ward, 2006**).

4.3. Alimentation

Helix aspersa est phytophage (phyllophage et sacciforme), coprophage (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 & Castillejo (1998)**, le petit gris s'alimente la nuit et se nourrit tout particulièrement de feuilles de la grande ortie appelée encore ortie dioïque ou ortie commune.

4.4. Hibernation

Helix aspersa est un 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. L'hibernation et l'estivation sont donc des réponses à des stress environnementaux prévisibles (**Ansart & Vernon, 2003**). (**Figure. 7**).



Figure 7: Escargot en hibernation avec son épiphragme (Grobe, 2006)

4.5. Croissance

En générale, la croissance naturelle jusqu'au stade adulte s'étale sur deux ans, si bien que les individus sont le plus souvent considérés comme sexuellement matures à partir du deuxième ou troisième été suivant leur naissance. Les facteurs qui influencent sur la croissance sont la température, l'éclairement (longueur d'onde, intensité et photopériode) (Aupinel & Daguzan, 1989).

La durée de vie moyenne d'un escargot en milieu naturel est de 6 à 7 années. Chez les adultes, l'accroissement du poids total du corps est alors dû presque uniquement à celui de la coquille. Quatre phases de croissance ont été définies en fonction de la taille, mais aussi de la différenciation sexuelle : la phase infantile, la phase juvénile, la phase adulte à croissance nulle et la phase sénile (Gomot & Enée, 1980).

4.6. Reproduction

Helix aspersa est un hermaphrodite, il possède à la fois des lignées germinales mâles et femelles, l'accouplement est cependant nécessaire pour la fécondation (Bertrand & Renaud, 2004).

Le printemps est la pleine saison de la reproduction, une fois fécondée la glande hermaphrodite se modifie : la partie mâle se résorbe d'elle-même et la partie femelle se développe. L'accouplement se fait une fois au printemps et une fois en été. Les escargots, possèdent un spermathèque lorsqu'une nouvelle portée d'œufs arrive, ceux sont donc fécondés par un mélange de spermatozoïdes provenant de différents mâles. Cela favorise le brassage génétique indispensable à toute population.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

4.6.1. L'accouplement

Dans la nature, L'accouplement est nocturne, dure de quatre à douze heures de nuit, lors de l'accouplement, les spermatozoïdes collectés peuvent être conservés plusieurs mois ou années avant d'être utilisés pour fertiliser des ovaires, pendant la copulation, l'escargot plante un dard calcaire dans son conjoint afin de favoriser la survie des millions de spermatozoïdes transmis, le dard calcaire contient un mucus contractant temporairement le système reproducteur femelle de l'escargot récepteur qui peut ainsi stocker un plus grand nombre de spermatozoïdes dans sa zone de stockage . L'accouplement et la ponte sont très dépendant de la photopériode, l'accouplement débute lorsqu'il y a au moins 10 heures de lumière par jour (Wikipédia, 2009).



Figure 8 : Accouplement de Petit-gris (Buron-Mousseau, 2014)

5.6.2. La ponte

L'intervalle entre l'accouplement et la ponte est variable, en conditions constantes de température et d'hygrométrie (20°C et 85%) les durées moyennes sont de 10 à 15 jours, *Helix aspersa* peut pondre jusqu'à trois fois entre Mars et Octobre (Wikipédia, 2009). Pour pondre, l'escargot creuse dans la terre un nid de ponte, de 4 à 5 cm de profondeur et pond de 80 à 130 œufs par ponte. Ces œufs sont blancs et sphériques de 4 mm de diamètre et pesant 3 à 4 mg, La ponte dure 12 à 48 heures, La basse température et un faible degré d'humidité réduisent la fréquence de l'oviposition.



Figure 9: œufs d'escargot (Astrid, 2011).

4.6.3. Incubation, éclosion

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

Le taux de maturation étant déterminé par la concentration de calcaire dans le milieu. Cette espèce peut survivre à -10°C et devient active entre 4,5°C et 21,5°C. Donc on peut souligner l'importance de la lumière, l'hygrométrie et la température dans le déterminisme de la reproduction ainsi que la nécessité d'une hibernation suffisante préalable.

5. Utilisation des escargots en 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 bio indicateurs tel que l'escargot *Helix aspersa* (Muller, 1774), Zoohomonymes : *Cantareus aspersus* ; *Cornu aspersum* (Müller, 1774) .

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

Chapitre I : Synthèse bibliographique

sol superficiel, l'escargot est en contact avec divers contaminants qu'il absorbe par voie transcutanée, digestive ou respiratoire (**Gomot-de Vaufleury & Pihan, 2000**).

Il peut accumuler dans sa coquille des minéraux comme le magnésium, des métaux toxiques comme le plomb (**Beeby & 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 (**Abdel Halim et al., 2013**).

La qualité de la croissance et de la reproduction de certains escargots donnent des indices sur le degré de pollution du sol, 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**).

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

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 la pollution terrestre (**de Vaufleury & Gomot, 1998**).

CHAPITRE II :

Matériels et

Méthodes

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

Cette étude morphologique de l'escargot *Helix aspersa* a été réalisée pour comparer la croissance de cette espèce au niveau de quatre stations relativement éloignées des sources de pollution.

1. Récolte des échantillons

Des individus adultes (ceux qui ont une coquille bordée) de l'espèce *Helix aspersa* ont été récoltés au hasard, sans suivre une méthode de prospection précise. La collecte a eu lieu dans différentes stations.

2. Stations d'échantillonnage et leurs caractéristiques

2.1. Aïn Tinn (st 01) :

Le premier site concerné par cette étude est La commune de Aïn Tinn située géographiquement à l'Est de la wilaya de Mila à 680 mètres d'altitude (36°23 '48'' N et 6°19'30'' E), et à environ une douzaine de kilomètre du centre-ville de Mila-Est considérée comme la plus polluée des communes de la wilaya et des plus vulnérables. À sa proximité, de nombreuses carrières de gravier et d'importantes fuites d'eau, ont fini par avoir de sérieuses incidences tant sur la santé de la population que sur le tissu urbain et la nappe phréatique mettant à l'index les carrières de sable et de gravier implantées dans l'environnement immédiat de la localité. On déplore, notamment, les explosions de TNT, auxquelles recourent les exploitants de ces sites, les nuages de poussière générés par ces déflagrations et les incessantes navettes de camions de gros à travers le centre urbain.

2.3. Chigara (st 02) :

Le deuxième échantillon est prélevé dans La commune montagneuse de Chigara, perchée à plus de mille mètres d'altitude sur le massif de M'Cid Aïcha (36°33 '36'' N et 6°13'21'' E), Climat méditerranéen avec été chaud est une région entièrement rurale. Cette contrée du nord- ouest de Mila se caractérise notamment par ses reliefs abrupts et son sol rocheux, relativement pauvre. De toutes les activités agricoles, de subsistance en général, pratiquées, la culture de l'opuntia n'utilisant aucun intrant d'origine chimique.

2.3. La ville de Mila (st 03)

Le troisième site concerné par cette étude est situé dans la ville de Mila est parmi les plus grandes communes de la wilaya du point de vue superficie (130.60 km²) et activité humaine. Elle est située à l'Est de la wilaya de Mila. Cette station est située à 486 m d'altitude (36°27 '00'' N et 6°16'00'' E), cette localité est connue par une forte circulation automobile, elle est dotée d'infrastructures variées qui sont destinées aux besoins de la population en matières de scolarité, santé, loisir, industrie, mosquées, maison de jeunes, stades, terrains de sport...

La commune de Mila est essentiellement à vocation agricole. Les céréales et l'élevage représentent les principales activités.

2.4. Centre université Abd Elhafid Boussouf (st 04)

Le quatrième site échantillon est prélevé dans Le Centre universitaire Abdelhafid Boussouf est situé à cinq kilomètres du centre-ville, sur la route reliant les villes de Mila et Zeghaia et occupe une superficie totale de 87 hectares. loin de toutes activités industriels.

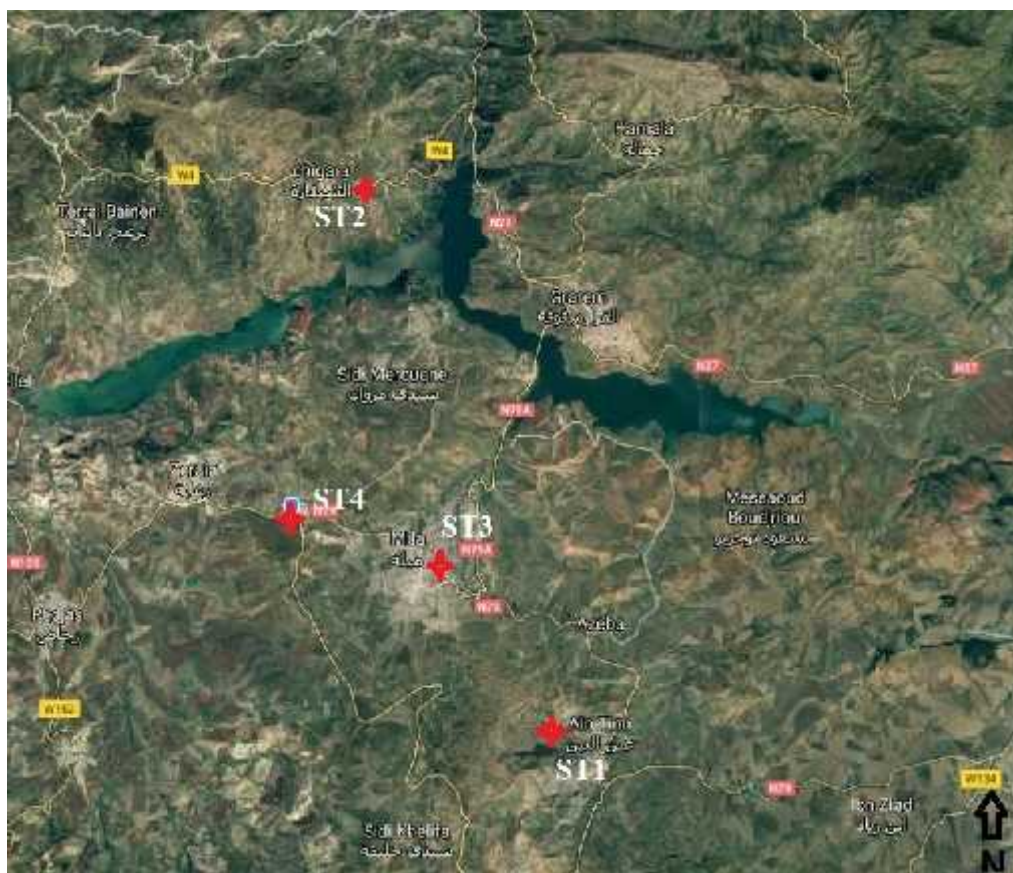


Figure 10: Cartographie des différentes stations d'échantillonnage (Google Earth).

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

Le nombre d'individus étudiés pour chacune des quatre stations d'échantillonnage est résumé dans le tableau suivant (tableau I) :

Tableau 1 : Le nombre d'individus dans chaque station d'échantillonnage

Station	Aïn Tinn	Chigara	La ville de Mila	Centre université Abd Elhafid Boussouf
Nombre d'individus	20	20	20	20

3. Matériels utilisés

Dans cette étude, nous avons utilisé le matériel suivant :

- **Une balance analytique de précision** : Utilisée pour peser les individus échantillonnés.



Figure 11 : photographie de la balance analytique de précision

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

- **Un pied à coulisse numérique** : Utilisé pour mesurer le diamètre et la hauteur de la coquille des escargots.



Figure 12: photographie du pied à coulisse numérique

4. Méthodologie :

Pour chaque individu, on a mesuré le poids de l'organisme, la hauteur (H) et le diamètre (D) de la coquille.

4.1. Pesée les individus d'*Helix aspersa*

L'escargot est d'abord pesé par une balance analytique de précision.



Figure 13: photographie montre la prise du poids de *Helix aspersa*.

4.2. Mesurage de la coquille des individus *Helix aspersa*:

Van Osselaer & Trusch (2000), on définit que ya deux mesures de la coquille, la hauteur (H) et le diamètre (D) (Figure.13), ont été prises avec un pied a coulisse numérique (Figure.14 et 15).

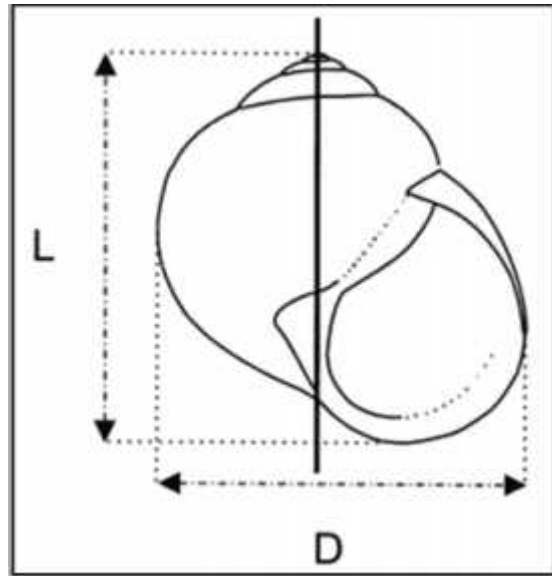


Figure 14 : Dessin schématique de la coquille d'*Helix aspersa*. La hauteur (H) et le diamètre (D) ont été définis en positionnant l'axe de torsion de la coquille perpendiculairement par rapport à l'horizon (Christan, V.O., Bernard, T.2000).



Figure 15: photographie montre la mesure de D



Figure 16: photographie montre la mesure de H

5. Analyse statistique des résultats :

Les différents résultats ont été comparé avec le test de t-student , à l'aide du logiciel XLSAT 2006 .

CHAPITRE III :

Résultats et

Discussion

CHAPITRE III : Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1. Variation du poids moyen des individus *Helix aspersa* dans les différentes stations d'échantillonnages

Les résultats obtenus dans cette étude, montrent clairement que le poids moyen des individus *Helix aspersa* varie au sein des différentes stations concernées par cette étude. . En effets, le poids moyen varie entre 9.45 et 17.18 g (**Tableau 2 et figure 17**).

Tableau 2 : Variation du poids moyen des individus *Helix aspesa* dans les différentes stations d'échantillonnages

Stations	Aïn Tinn	Chigara	Mila	Université
Poids moyens (g)	9.45	13.75	11.76	17.18

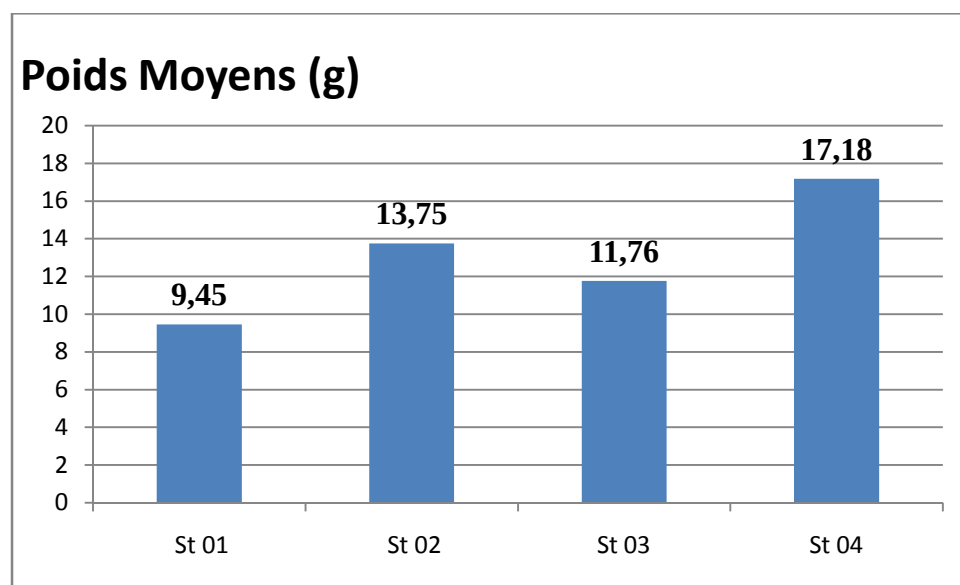


Figure 17 : Variation du poids moyen des individus selon les stations d'échantillonnages.

La moyenne la plus élevée est enregistré au niveau de la station N°04 (Université Abd Elhafid Boussouf) ou le poids moyen enregistré est de 17,18g. En revanche le poids moyen le plus faible est celui enregistré dans Aïn Tinn avec un poids de 9.45 g.(**Annexe 02 et 05**)

CHAPITRE III : Résultats et Discussion

Les testes statistiques montrent une différence significative entre les escargots provenant de Aïn Tinn et ceux des autres stations ($p \leq 0,001$).

1.2. Variation du diamètre moyen de la coquille d'*Helix aspersa* dans les différentes stations étudiées

Les données obtenues (**Tableau 3 et Figure 18**), montrent bien que le diamètre moyen de la coquille, diffère considérablement au sein des quatre stations étudiées. En effet, le diamètre moyen de la coquille varie entre 32.36 mm et 40.86 mm.

Tableau 3 : Variation du diamètre moyen de la coquille d'*Helix aspersa* dans les différentes stations étudiées

Stations	Aïn Tinn	Chigara	Mila	Université
Diamètre moyen (mm)	32.36	36.93	37.44	40.86

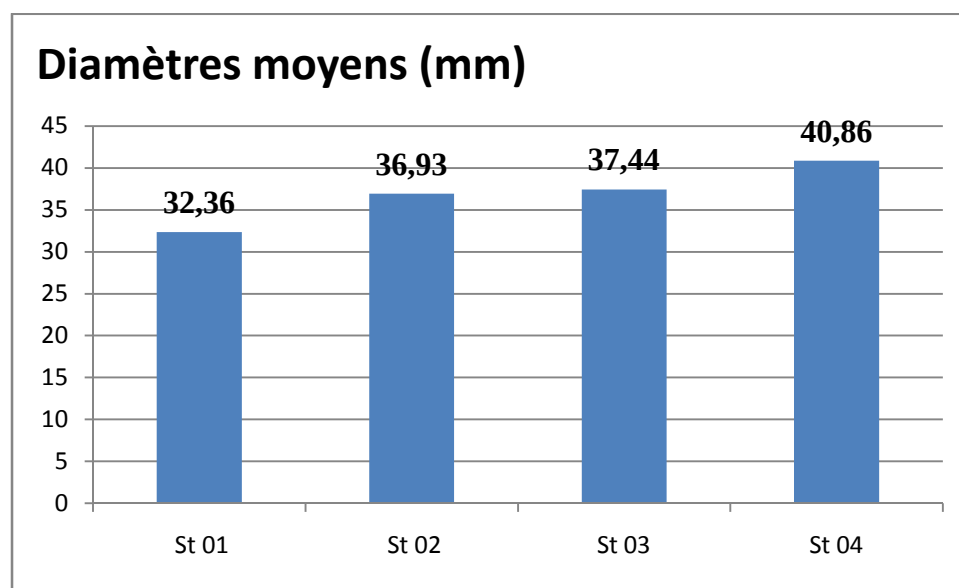


Figure 18 : Variation du diamètre moyen de la coquille des individus d'*Helix aspersa* dans les différentes stations étudiées.

CHAPITRE III : Résultats et Discussion

La valeur la plus élevée (40.86 mm) est détectée au niveau de la station N°04 située dans l'Université Abd Elhafid Boussouf . Cependant, la valeur la plus faible est celle détectée au niveau de Aïn Tinn (32.36 mm) (**Tableau 3 et Figure 18**) (**Annexe 02 et Annexe N°05**).

Le teste de Student t révèle une différence significative entre les escargots provenant de Aïn Tinn et ceux des autres stations ($p \leq 0,001$).

1.3. Variation de la hauteur de la coquille des individus *Helix aspesra* au sein des quatre stations étudiées

L'ensemble des résultats obtenus, concernant la variation de la hauteur de la coquille au niveau des quatre stations étudiées est représenté dans la Figure 19 ainsi que le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Variation de la hauteur de la coquille des individus *Helix aspesra* au sein des quatre stations étudiées

Stations	Aïn Tinn	Chigara	Mila	Université
Hauteur moyen (mm)	30.87	35.37	35.96	39.29

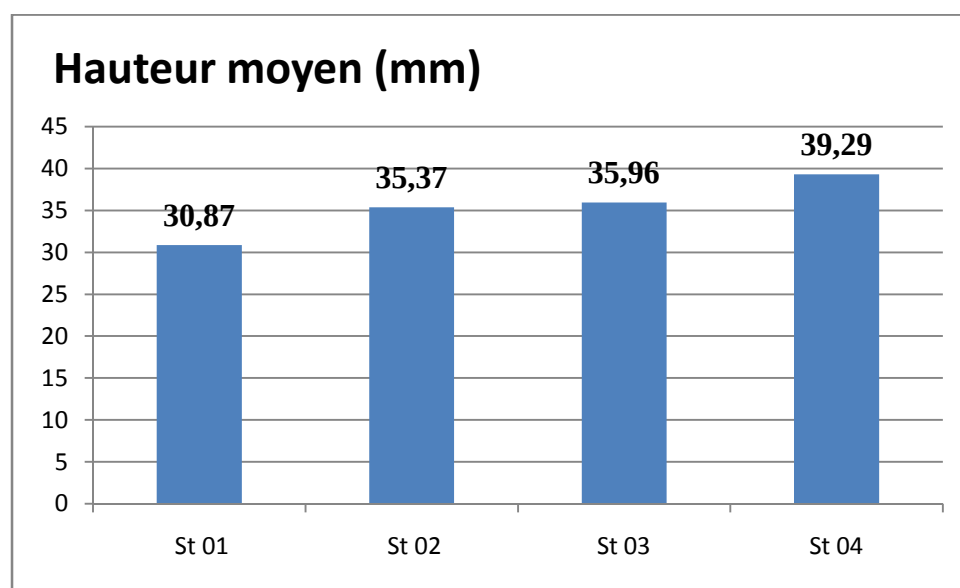


Figure 19 : Variation de la hauteur de la coquille des individus *Helix aspesra* au sein des quatre stations étudiées.

CHAPITRE III : Résultats et Discussion

Nos données, montrent que la hauteur moyenne de la coquille des escargots diffère au sein des différentes stations concernées par cette étude. La hauteur moyenne la plus élevée (39.29 mm) est celle mesurée au niveau de la station N°04, situées dans Université Abd Elhafid Boussouf . D'un autre côté, la valeur la plus faible (30.87 mm) est mesurée au niveau de Aïn Tinn (Tableau 4 et Figure 19) (Annexe 02 et Annexe 05).

Après les analyses statistiques, une différence significative ($p \leq 0,001$) est détectée entre les escargots provenant de Aïn Tinn et ceux des autres stations.

2. Discussion

Sur le plan biométrique, les résultats obtenus marquent une nette différence entre les mensurations morphométriques des échantillons d'escargots provenant des quatre stations avec des tailles et des poids plus élevés chez les spécimens *Helix aspersa* ramassés à Université Abd Elhafid Boussouf.

Nos résultats indiquent bien que le poids moyen et la hauteur (H) et le diamètre (D) moyen des individus *Helix aspersa* ramassés à l'Université Abd Elhafid Boussouf sont largement supérieurs à celle de Aïn Tinn . Ses résultats sont révélateurs d'une forte incidence de la pollution sur la croissance d'*Helix aspersa* au niveau d' Aïn Tinn

Plusieurs auteurs, rapportent que les différences morphométriques entre des escargots appartenant à la même espèce peuvent être dues à la nature des sols, de la végétation et aux effets toxiques des éléments-traces métalliques sur les organismes vivants **(Reinecke, 2004)**

D'autre part, les poussières métalliques émises par les sources polluantes affectent fortement la plupart des fonctions vitales des végétaux et des animaux **(INRA, 2007.)** dont les gastéropodes terrestres. L'escargot *Helix aspersa* est considéré comme l'un des bio-accumulateurs d'éléments-traces métalliques (ETM) les plus efficaces caractérisant les biotopes pollués **(De Vaufleury & Gomot, 1997).**

Nous pouvons confirmer, à travers l'ensemble de nos résultats, que le gastéropode *Helix aspersa* connaît une croissance plus importante dans la station de l'Université Abd Elhafid Boussouf qu'au niveau de celui de Aïn Tinn où sa croissance et son abondance sont fortement compromises en raison.

Conclusion

Conclusion

Afin de répondre à l'objectif principal de cette étude et d'évaluer l'effet de la pollution de l'environnement, sur la croissance corporelle des escargots de l'espèce terrestre *Helix aspersa*. Notre travail consiste à une étude morphométrique faite sur des individus adultes ramassés au niveau de quatre stations différents.

L'étude biométrique d'*Helix aspersa* fait ressortir une différence nette entre les résultats des mensurations des escargots provenant des quatre stations échantillonnées avec un avantage de croissance en faveur des escargots provenant des milieux non pollués. En effet, les résultats les plus faibles sont ceux des animaux échantillonnés au niveau d' Aïn Tinn

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

- Des poids et des tailles faibles ont étaient remarqués chez les individus prélevés dans les terrains agricoles et industrielles avec une utilisation accrue de produits chimiques comparés à ceux provenant des stations naturelles loin de toute activité anthropique.
- La croissance des individus de l'espèce *Helix aspersa* est influencée par différents facteurs, qui affectent le diamètre (D) et la hauteur (H) de la coquille ainsi que le poids des individus.

Perspective

- Une telle éventualité permettrait de dresser une carte des niveaux de pollution et d'évaluer les impacts de la pollution sur la flore et la faune à même de projeter des mesures conservatoires de la biodiversité régionale.
- Etudier plus de spécimens provenant de plusieurs localités afin de donner des résultats plus pertinents.
- Apparier l'étude de la variation morphométrique externe avec d'autres études écologiques, afin de donner avec précisions les facteurs influençant cette variabilité.
- Effectuer les répétitions concerne les mesures dimensionnelles (D, H) de la coquille, ainsi que le poids de l'escargot, afin de minimiser les erreurs.
- Etablir les lois « sévères » afin de réduire les sources trophique des éléments traces métalliques (ETM) toxique, qui présentent un danger pour la santé publique et environnementale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- **Abdel Halim, K.Y., Abo El Saad, A.M., Talha, M.M., Hussein, A.A. et 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.
- 2- **Alloway J.B. 2013.** Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. 3rd Ed. Springer, New York.
- 3- **Anonyme, A. 2000.** les oligo-éléments. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'url : <http://ademe.fr/partenaire/boues/page/F31.nml>.
- 4- **nonyme, 2001 .** Pollution du sol : danger. INRA – OPIE.
- 5- **Ansart, A. Vernon, P. 2003.** Cold hardiness in molluscs. *Acta Oecologica*, 24: 95-102.
- 6- **Arnaud, J et Favier, A.1999).** Ecotoxicologie (2ème édition) collection d'écologie N° 9. P4, 5, 6 et 8.228p.
- 7- **Astrid, D. 2011.** Oeufs d'escargot. Dans Escargots. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'url : <http://leblogdastrid.canalblog.com/archives/2011/10/27/22492885.html>.
- 8- **Aupinel, P., et 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: 4755.
- 9- **Aupinel, P., Vrillon, L. et Bonnet., J.C. 1990.** L'escargot *Helix aspersa* (Biologie, élevage), INRA Éd., Collec. Du Laboratoire au terrain, 365 p.
- 10- **Baruthio, F. 1991.** Toxicologie des éléments Tracés essentiels, in : Les oligoéléments en médecine et en biologie. (partie, Ed, Lavoisier-Tec et doc) ; 281-299

Références bibliographiques

11- Beeby, A. et 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.

12- Bertrand, S., et Renauld, J.M., 2004. Je construis mes apprentissages en sciences en premier degré. pp. 1-43.

13- Bliefert C., et Perraud R., 1997 Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. 1^{ère} éd. Espagne. 477p

14- Bloundi, M.K. 2005. Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental) : Impacts des facteurs anthropiques. Thèse de Doctorat. Université Mohamed V, 238p.

15- Bonnet, J.C., Aupinel, P., Vrillon, J.L., 1990. L'escargot *Helix aspersa*, biologie, élevage. Du labo au terrain. *INRA*. pp.1-5

16- Borchardt, T. 1985. Relationship between carbon and cadmium up take in *Mytilus* 11.edulis. *Mar. Biol* 85, 233-244.

17- Boucheseiche, C., Crémille, E., Pelte, T., Pojer, K. 2002. Pollution toxique et écotoxicologie : Notions de base. Guide technique N°7 du SDAGE Rhône Méditerranée-Corse, 83p.

18- Bourrinet, P., Ramade, F., Remond-Gouilloud, M. 2008. Pollution. cbhg.org/wp-content/uploads/2008/06/pollution-eu.pdf.

19- Buron-Mousseau, F. 2014. Accouplement de Petits-Gris. Dans *Zoologie*. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'url : <http://www2.aclyon.fr/enseigne/biologie/photossql/photos.php?RollID=images&FrameID=escargot1>

20- Charrier, M., Fonty, G., Gaillard-Martinie, B., Ainouche, K. et 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.

21- Chevallier, H., 1977. La variabilité de l'escargot Petit-gris *Helix aspersa* Müller, *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 3^o sér. 448, Zoologie 3 11: pp. 425-442.

22- Christian, V.O. et Benrhard, T. 2000. Variability of the genital system of *Helix pomatia* L., 1758 and *H. Lucorum* L., 1758 (Gastropoda: Stylommaphora), The Malacological Society of London. *J. Moll. Stud.*, 66,499-515.

23- Chris, M., Cater Michael, A., Mercer Julian, F.B., Sharon la fontaine. 2006. Copper. Deppent interaction of glutaredoxim with the Ntermini of the copper A Tpsas (ATP7A and ATP7B) defective in Menkes and wilson diseases. *Biochemical and biophysical research communication* volume 348, issue, 222.p 428- 436.

24- Clemens, R. 2001. Molecular mechanism of plant metal tolerance and homeostasis. P 475-486.

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

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

27- De Vauflery, A. et 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.

28- Edwards, J.M. et 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.

29- Eijsackers, H. 2010. Earthworms as colonisers: Primary colonisation of contaminated land and sediment and soil waste edeposits. *Science of the Total Environment*. 408: 1759-1769.

30- El Mrabet, Kh., Charlet, P. et Lalere, B. 2008. Les pesticides. Laboratoire national de métrologie et d'essai. P2-7.

31- Emsley, C. 1991. The elements. Oxford University press-clarendon press, New York, 264pp.

32- Forstner, U., Wittmann, G.T.W. 1983. Metal Pollution in Aquatic Environment. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 486.

33- Foster, M., Petocz, p., Samman, S. 2010. Effects of Zinc on plasma lipoprotein cholesterol concentration in humans. A meta-analysis of randomized controlled trials. *Atherosclerosis* 2010, 344-352.

34- Fournier, J. 2012. Pesticides : Fonctions et premiers développement, Edition technique de l'ingenieurP2.

35- Ghali, S. 2008. Étude de la carbonisation d'un précurseur végétal, les noyaux d'olives. Utilisations dans le traitement des eaux. Mémoire de Magister. République Algérienne démocratique et populaire Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique. Université de 20 août 55-SKIKDA.

36- Glinka, N. 1986. Chimie générale, Mouscou, Ed.Mir, 184-186.

37- Gomot-de Vaufléury, A. et Pihan, F. 2000. Growing snails used as sentinels to evaluate terrestrial environment contamination by trace elements. *Chemosphere*, 40 (3): 275-284.

Références bibliographiques

38- Gomot, L. et Enée, J. 1980. Biologie de la reproduction de l'escargot *Helix aspersa* Muller: la phase de croissance et de différenciation sexuelle. Atti. Accad. Fisiocrit sienna, 37; 73-85.

39- Grobe, H. 2006. Escargot en hibernation avec son épiphragme. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89piphragme#mediaviewer/Fichier:Helix_pomati_a_opercuum_hg.jpg.

40- Harte, J., Holdren, C., Schneider, R., Shirley, C. 1991. Toxics A to Z, A Guide to Everyday Pollution Hazards. *University of California Press*, Oxford, England, p. 478.

41- Hemalatha, S., Platel, K., Srinivasan, K. 2006. Influence of heat processing on the bioaccessibility of zinc and iron from cereals and pulses consumed in India. *J Trace Elem Med Biol*; 21:1–7. doi: 10.1016/j.jtemb.2006.10.002.

42- Hopkin, S.P. 1989. Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates. Elsevier Applied Science, London, 245 p.

43- Houda PS. 2010. Trace Elements in Soils. A John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, 618p.

44- Iglesias, J. et 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.

45- Ineris. 2011. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Cadmium et ses dérivés. Ineris-DRC-01-25590-V1, Version N°3.2-septembre.

46- 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.

Références bibliographiques

- 47- Johnson, F.O., Gilbreath, E.T., Ogden, L., Graham, T.C., Gorham, S. 2011. Reproductive and developmental toxicities of zinc supplemented rats. *Reproductive toxicology* 31,134-143.
- 48- Kabata-Pendias A. 2011 *Trace Elements in Soils and Plants* Fourth edition, Taylor & Francis; 338-339.
- 49- Karl, H., Summera, J. L., Nathan, B.M. 2011. The biogenic methanobactin is an effective chelator for copper in a rat model for Wilson disease. *Journal of trace element in medicine and biology*.25, 36-41.
- 50- Lantzy, R.J. et Mc Kenzie, F.T. 1979 .Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43: 511-523.
- 51- Mackay, D. 1991. *Multimedia environmental models the fugacity approach*. Lewis publisher, chelsea.
- 52- Marchand, M. et Kantin, R. 1997. Les métaux traces en milieu aquatique. *Océanis*. 23(4): 595-629.
- 53- Marigomez, J.A., Angulo, E. et 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.
- 54- Mazoyer M., 2002. *Larousse agricole*. Montréal (Québec). Larousse. 767 p.
- 55- Morel J.L. 1997. Bioavailability of Trace Elements to Terrestrial Plants. *Soil Ecotoxicology*, J. Tarradellas, G. Bitton and D. Rossel ed., Lewis Publishers, pp. 141- 176.
- 56- Moore, J.W. et Ramamoorthy, S. 1984. *Metals in water, sediment and soilsystems*. Sprianger.Verlag, New York, 125.
- 57- Müller, O.F. 1774. *Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusoriorum, helminthicorum, et testaceorum, non marinorum, succinct historia*.

Références bibliographiques

Volumenalterum. - pp. I-XXXVI [= 1-36], 1-214, [1-10]. *Havniæ & Lipsiæ*. Heineck et Faber, p. 59.

58- Nriagu, J. O., Pacyna, J. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333: 134-139.

59- Nriagu, J.O. 1991, 1996. Human influence on the global cycling of trace metals. In: J.D. Farmer (Ed.), *Heavy Metals in the Environment*. CEP Consultants, Edinburgh, pp.1-5.

60- Perez-Quintanilla, D., Sanchez, A., Del Hierro, L., Fajardo, M., Sierra, L. 2007. Preparation, characterization, and Zn (2+) adsorption behavior of chemically modified MCM-41 with 5-mercapto-1-methyltetrazole. *J Colloid interface Sci.* 313(2), 551-562.

61- Pierre, D. 1998. Les métaux lourds : Centre universitaire de formation sur l'environnement France. P1, 2.2p.

62- Pillière, F. 2007. Département Etudes et assistance médicales, INRS. Tableaux de maladies professionnelles. *Journal Officiel* n° 291 du 15 December 2007.

63- Plumlee, G.S. et Ziegler, T.L. 2003. The medical geochemistry of dust, soils and other earth materials in : B.S. Lollar (Ed) *Environmental Geochemistry treatise on geochemistry*. Elsevier. Pergamon, Oxford, p.264-310.

64- Pol, D. 2001. Ondes de contraction sur la face ventrale des pieds d'escargots. Dans *Biologie animale : Locomotion*. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'URL : <http://www.fondationlamap.org/fr/page/12076/biologie-animale-fonctions-de-relation>.

65- Pol, D. 2006. Orifice respiratoire chez l'escargot. Dans *Biologie animale Respiration*. Consulté en ligne le : 03 juin 2016 à l'URL : <http://www.fondationlamap.org/fr/page/11565/respiration>.

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

Références bibliographiques

67- 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.

68- Ramade F., 1982 Eléments d'écologie : écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. Paris: Mc Graw – Hill. 452 p.

69- Rauzy, S. et Dandjouj. 1996. le plomb dans les eaux douces, eaux naturelles superficielles et eaux souterraines- in : aspect analytique du plomb dans l'environnement. (paris, Ed, lavoisier, Tech et Doc) ; 57-58.

70- Russell, L.K., Haven de, J.J. et Botts, R.P. 1981. Toxic effects of cadmium on the garden snail (*Helix aspersa*). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 26: 634-640.

71- Sakho, N. 2013. Coquilles de Petits-gris. Dans Miss Achatine et ses coquilles. Consulté en ligne le : 03 juin 2016 à l'url : <http://missachatine.blogspot.com> .

72- Schmidt, D.C. 2008. Les deux paires de tentacules d'un escargot. Dans Wikipédia. Consulté en ligne le : 01 juin 2017 à l'url : http://fr.wikipedia.org/wiki/Escargot#mediaviewer/Fichier:Brazilian_Snail.jpg.

73- Schoeters, G., Den Hond, E., Zuurbier, M., Naginiene, R., Van den Hazel, P., Stilianakis, N., Ronchetti, R., Koppe, J.G. 2006. Cadmium and children: exposure and health effects. *Acta Paediatr.* 95 (Suppl.), 50–54.

74- Schuurmann, G., Markert, B. 1998. Ecotoxicology, Ecological Fundamentals, Chemical Exposure and Biological Effects. John Wiley & Sons Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, 900.

75- Stengel P. et Gelin S., 1998 Sol interface fragile Ed. INRA- Paris. 213p.

Références bibliographiques

76- Tafoughalt-Benbellil, S. 2009. Etude de l'influence de la durée de la photopériode et de la température sur la croissance et la reproduction des escargots de l'espèce *Helix aperta* Born (Gasteropoda : Helicidae). Thèse de doctoral. Université de Bejaia.

77- Turkmen, A., Turkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, I. 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry* 91: 167-172.

78- Vallardi, F., 1971. La grande encyclopédie du monde animal (poissons, invertébrés). Tome III: 455-459.

79- Van Osselaer, C.H., Tursch, B. 2000. Variability of the genital system of *Helix pomatia* L., 1758 and *Helix lucorum* L., 1758 (Gasteropoda: Stylommatophora). *J. Moll.Stud.* (2000). 66, 499-515.

80- Viala A., 1998 Eléments de toxicologie. Ed. Médicales Internationales. Lavoisier-Paris. 521p.

81- Viard, B., Maul, A. et Pihan, J.C. 2004. Standard use conditions of terrestrial gastropods in active bio-monitoring of soil contamination. *Journal of Environmental Monitoring*, 6: 103-107.

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

83- Xu, K., Tang, Y., Grifo, J. A., Rosenwaks, Z., Cohen, J. 1993. In: primer extension preamplification for detection of multiple genetic loci from single human blastomeres, *doc*; 8(12):22 p 06-10.

84- Young, P.E. Richman, A.M., Ketchum, A.S., Kiehart, D.P. 1993. Morphogenesis in *Drosophila* requires no muscle myosin heavy chain function. *Genes. Dev* 7(1): 29-41.

Résumé

Résumé

Notre travail a pour objectif, d'évaluer l'effet de la pollution de l'environnement sur la croissance corporelle des escargots de l'espèce terrestre *Helix aspersa*. Notre travail consiste à une étude morphométrique faite sur des individus adultes ramassés au niveau de quatre stations différents.

Les résultats obtenus montrent une différence nette entre les résultats des mensurations des escargots provenant des quatre stations échantillonnées avec un avantage de croissance en faveur des escargots provenant des milieux non polluée. En effet, les résultats les plus faibles sont ceux des animaux échantillonnés au niveau commune d'Aïn Tinn.

Mots-clés

Helix aspersa, croissance, pollution, étude morphométrique.

Abstract

Our work aims to evaluate the effect of environmental pollution on the body growth of snails of the terrestrial species *Helix aspersa*. Our work consists of a morphometric study carried out on adult individuals collected at the level of four different stations.

The results obtained show a clear difference between the results of the snail measurements from the four sampled stations with a growth advantage in favor of snails from unpolluted environments. Indeed, the lowest results are those of the animals sampled at the level from Ain Tinn.

Keywords:

Helix aspersa, growth, pollution, morphometric study

الهدف من هذا العمل هو تقييم أثر تلوث البيئة على نمو جسم الحلزون من نوع *Helix aspersa* يتكون عملنا من دراسة مورفومترية أجريت على الأفراد البالغين التي انتقاءهم على مستوى أربع .

تظهر النتائج التي تم الحصول عليها اختلافا واضحا بين نتائج قياسات الحلزو في المناطق المختلفة . عينات منها حيث لوحظ نمو أفضل للأفراد المتواجدة في البيئات غير الملوثة ، بينما هناك نمو ضعيف للأفراد المنتقاة من منطقة عين التين.

الكلمات المفتاحية

Helix aspersa نمو، التلوث ، دراسة مورفومترية

Annexes

Cu, Zn, Cd et Pb

The periodic table shows elements from Hydrogen (H) to Oganesson (Og). A red path highlights the elements Cu, Zn, Cd, and Pb. The path starts at Cu, goes right to Zn, then down to Cd, and finally right to Pb. A red arrow points down to the Cu-Zn boundary.

* Lanthanides

** Actinides

Annexe 02

Résultats des mesures de différents paramètres étudiés au niveau de la station N°01 Ain Tin

Echantions	Poids	Diamètre	Hauteur
1	12.06	30.7	30.59
2	10.9	32.46	34.13
3	10.04	33.53	30
4	7.89	29.6	27.77
5	8.74	30.07	29.1
6	8.19	31	28.62
7	7.83	29.15	27.3
8	10.43	33.53	35.33
9	6.83	27.89	26.95
10	12.9	32.42	32.42
11	10.53	35.04	32
12	8.28	38.85	32.06
13	9.95	30.04	29.9
14	9.48	36.8	35.12
15	9.08	34.36	33.37
16	7.85	30.46	27.28
17	9.63	34.36	33.31
18	8.8	30.56	29.45
19	8.02	31.45	30.07
20	11.69	35	32.3
Totale	189.12	647.27	617.47

Annexe 03

Résultats des mesures de différents paramètres étudiés au niveau de la station N° 02 Chigara

Echantions	Poids	Diamètre	Hauteur
1	14.09	35.16	34.9
2	11.25	32.66	33.45
3	14.91	38.52	37.11
4	16.69	38.98	37.13
5	11.16	36.37	36.5
6	12.37	36.47	32.76
7	15.45	38.43	35.72
8	16.71	39.26	38.1
9	14.38	37.02	35.44
10	11.86	37.33	33.85
11	12.71	36.59	32.32
12	16.11	37.87	36.58
13	10.91	36.63	35.23
14	11.99	36.01	35.14
15	12.37	35.54	34.14
16	16.01	37.88	37.58
17	15.95	37.98	36.02
18	14.55	37.62	35.01
19	13.42	36.73	36.01
20	11.9	35.56	33.54
Totale	274.79	738.61	707.53

Annexe 04

Résultats des mesures de différents paramètre étudiés au niveau de la station N°3 Mila ville

Echantions	Poids	Diamètre	Hauteur
1	13.87	37.37	36.08
2	10.67	37.5	36.15
3	15.44	39.66	38.01
4	12.24	33.16	32.1
5	14.52	40.31	41.1
6	10.14	34.14	33.51
7	9.45	36.7	35.85
8	10.29	37.15	33.83
9	12.18	39.66	35.24
10	13.88	37.85	36.28
11	10.39	34.88	33.13
12	9.06	33.84	33
13	9.76	37.28	34.74
14	12.58	37.65	36.11
15	14028	46.48	45.24
16	10.44	33.64	32.26
17	11.32	39.25	38.77
18	11.41	38.71	37.9
19	13.02	36.46	36.15
20	10.29	37.15	33.83
Totale	235.23	748.94	719.28

Annexe 05

Résultats des mesures de différents paramètres étudiés au niveau de la station N° 04
Université

Echantions	Poids	Diamètre	Hauteur
1	19.2	44.41	43.58
2	22.8	40.5	42.3
3	17.1	40.88	38.85
4	16.32	40.79	39.13
5	11.54	35.72	37.37
6	19.96	43.33	40.4
7	12.52	40.16	37.76
8	14.44	37.68	36.32
9	17.14	41.98	42.77
10	16.55	42.96	38.07
11	22.72	46.91	43.4
12	19.2	44.41	43.58
13	24.53	47.26	46.56
14	16.65	40.4	37.4
15	15.86	38.15	36.41
16	14.98	35.9	33.44
17	16.29	41.36	40.49
18	15.83	40.18	37.28
19	15.91	38.38	36.68
20	14.11	35.99	34.03
Totale	343.65	817.35	785.82