

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Larbi Tbessi–Tébessa-  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie  
Département : Des êtres vivants

**MEMOIRE DE MASTER**

**Domaine :** Science de la Nature et de la Vie (SNV)

**Filière :** Sciences Biologique

**Option :** Ecophysiologie Animale:

**Intitulé : Effet de certains paramètres toxiques chez un escargot terrestre (*Helix aspersa*) exposé a une nanoparticule SbCl<sub>3</sub>**

Présenté par :

✚ **Zergui Zineb**

✚ **Djaafar Thouraia**

Devant le jury :

✚ **Mme. HAMEL Mahdia** M.A.A Université de Tébessa Président

✚ **Mme. ROUACHDIA Roukaya** M.A.A Université de Tébessa Rapporteur

✚ **Mme. YAHIA Hada** M.A.A Université de Tébessa Examineur

Date de soutenance : Le 17 Juin 2020

Note : /20

# *RESUME*

# Résumé

Ce travail a permis d'évoquer et d'étudier l'impact du trichlorure d'antimoine  $SbCl_3$ , une nanoparticule métallique trivalent fréquemment rencontré dans les zones urbanisées et industrialisées, sur un bioindicateur de pollution « *Helix aspersa* » suite à une exposition à une concentration sublétales (2,5g/L), par la mesure des indicateurs métriques (RHS et RRS). Et le taux de mortalité ainsi que l'effet de cette nanoparticule sur le comportement des escargots. Les résultats ont montré que le traitement des escargots par les nanoparticules métalliques  $SbCl_3$  provoque une réduction significative du RHS après 14 jours de traitement, et qu'il n'y avait pas de différence significative du RRS entre les lots traités et le lot témoin. Les escargots traités ont tendance à être moins actifs, dès la troisième semaine de traitement et sont préférentiellement en position haute sur les couvercles comparés aux escargots témoins.

**Mots-clés :** *Helix aspersa*, trichlorure d'antimoine, RHS, RRS.

# Abstract

This work made it possible to discuss and study the impact of antimony trichloride  $\text{SbCl}_3$ , a trivalent metallic nanoparticle frequently encountered in urbanized and industrialized areas, on a pollution bioindicator « *Helix aspersa* » following exposure to a concentration sublethal (2.5g /L), by measuring metric indicators (RHS and RRS). And the death rate and the effect of this nanoparticle on the behavior of snails. The results showed that the treatment of snails with the metallic nanoparticles  $\text{SbCl}_3$  causes a significant reduction in RHS after 14 days of treatment, and that there was no significant difference in RRS between the treated batches and the control batch. The treated snails tend to be less active from the third week of treatment and are preferably in the high position on the lids compared to the control snails.

**Keywords:** *Helix aspersa*, antimony trichloride, RHS, RRS.

## الملخص

أتاح هذا العمل مناقشة ودراسة تأثير ثلاثي كلوريد الأنتيمون،  $SbCl_3$  وهو جسيمات نانوية معدنية ثنائية التكافؤ في كثير من الأحيان في المناطق الحضرية والصناعية، على مؤشر بيولوجي للتلوث «aspersa Helix» بعد التعرض لتركيز . شبه مميت (2.5 g/l) عن طريق قياس المؤشرات المترية (RHS و RRS). ومعدل الوفيات وتأثير هذه الجسيمات النانوية على سلوك القواقع. أظهرت النتائج أن علاج القواقع بالجسيمات النانوية المعدنية  $SbCl_3$  يتسبب في انخفاض كبير في RHS بعد 14 يوما من العلاج، وأنه لا يوجد فرق كبير في RRS بين الحلزونات المعالجة والحلزونات الشاهدة. تميل القواقع المعالجة إلى أن تكون أقل نشاطا من الأسبوع الثالث من العلاج ويفضل أن تكون في موضع مرتفع على الجفون مقارنة بالقواقع الغير معالجة .

الكلمات المفتاحية: aspersa Helix ثلاثي كلوريد الأنتيمون، RHS, RRS

## *Remerciements*

*Tout d'abord nous remercions « ALLAH » le tout-puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de pouvoir terminer ce modeste travail.*

*Ensuite, un spécial remerciement à « Mme ROUACHDJA ROUKAYA » mon directeur de mémoire, qui m'a soutenu et conseillé tout au long de ces mois de recherche même si les mots de remerciement sont très petits par apport à ses efforts*

*Pour nous aide et nous oriente -Vraiment Merci-*

*Nous tenons à remercier à la présidente de jury de notre mémoire Dr. HAMEL MAHDJA*

*Toute ma considération à l'égard de Dr. YAËJIA HADA. C'est notre honneur de juger ce travail*

*Je remercie ma famille et surtout mes parents pour leur soutien moral, leurs encouragements*

*et leur patience durant les étapes difficiles de ce travail.*

*Tous nos enseignants qui nous ont signé tout au long de notre parcours : nos enseignants de primaire ; du moyen, du lycée et de l'université.*

*Merci pour tous les enseignants du notre département « département des êtres vivants »*

*Merci pour tous les techniciens et les techniciennes des laboratoires de notre faculté.*

*Merci pour tous les gens qui nous aident de près ou de loin pour réaliser ce travail.*

## *Dédicace*

Je dédie ce travail :

À **ma fille** et à l'esprit de mon cœur, **SIRINE**, dont je tire ma force dans mes moments les plus difficiles. Merci beaucoup d'être dans ma vie

Et je n'oublie pas **mon mari RACHID**, qui m'a soutenu et qui m'a soutenu pour terminer mes études. Merci, parce que vous avez une grande part dans la réalisation de mon rêve d'obtenir un diplôme.

À mais très **chères parents, DJAAFAR GHEZALA et DJAAFAR MAAMAR en témoignage**, de mon profond respect et de l'amour que j'éprouve à leurs. Je vous exprime toute ma gratitude pour les sacrifices que vous avez consentis. Vous m'avez donné toute l'attention et tout l'amour qu'un être puisse espérer,

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

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

A mes frères : **LAKHDAR, SALAH, KAMAL, WASSIM**

A mes chères sœurs : **DHAWIA, BAHIA, HOURIA, AMEL, BOUTHAYNA**

A toute la famille **DJAAFAR**

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

Je n'oublie bien évidemment pas mes amis : **ZINEB, RIMA, BOUTHAYNA, CHAHINEZ, RAWDHA, NAZIHA (Allah yarhamha)**

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

A tous ceux qui ont contribué à l'élaboration ce mémoire.

*Thouraiia*

## *Dédicace*

**A mon Ange,**

Mon supporteur, ma Force

Je ne t'ai jamais oublié, et je ne t'oublierai jamais !

**À mon cher père !**

Merci pour tout l'amour que tu me portes, pour tous les efforts pour répondre à mes besoins, pour tout le bonheur que tu m'as apporté sans le savoir et le fait que tu sois mon père ... Merci !

À ma mère qui m'a donné naissance et à ma mère qui m'a élevé

Pour moi ma mère **Aicha**, aucune dédicace n'est susceptible de vous exprimer ma profonde affection et mon immense gratitude pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mes études, et tout particulièrement à toi maman **Warda**, qui est toujours présente quand j'ai besoin de toi.

« Étudie, fais de ton mieux, persévère ! Il ne te reste que quelques m6+ois et tu auras ton diplôme » - ma mère - **Warda**

Que Dieu vous prête bonne santé, longue vie afin que je puisse, à mon tour, vous comblez.

**À mes frères, mes sœurs et à ma famille,**

Veillez trouver ici l'expression de mes profonds sentiments de respect et reconnaissance pour le soutien, les encouragements et la motivation que vous n'avez cessé de me porter.

**À mes amis(e)s ;**

À vous toutes/toutes, à thouraia, à bouthayna, à chahinaze et Khansa, comme signe de notre profonde amitié. Et plus spécialement Naziha et Choumaysa que Dieu ait pitié d'eux et

Que ta place soit le paradis si Dieu le veut.

*Zineb*



## Liste des tableaux:

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Classification d'Helix aspersa	<b>23</b>
<b>02</b>	propriétés physicochimiques de trichlorure d'antimoine	<b>35</b>
<b>03</b>	Mortalité des escargots adultes durant les quatre semaines de traitement par le trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) (2,5g/l).	<b>45</b>
<b>04</b>	effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport hépato-somatique (R.H.S) (%) chez des escargots terrestres Helix aspersa	<b>46</b>
<b>05</b>	effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport réno-somatique (R.R.S) (%) chez des escargots terrestres Helix aspersa	<b>47</b>

## Liste des figures:

<b>N° Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Les frontières du nanomonde	<b>02</b>
<b>02</b>	Différentes formes de boules Fullerènes / Buck (A) C60 et (B) C70.	<b>03</b>
<b>03</b>	Exemples de produits contenant des nanomatériaux	<b>05</b>
<b>04</b>	Des nanoparticules d'or pour soigner le cancer	<b>06</b>
<b>05</b>	différentes utilisations des nanoparticules manufacturées dans les applications environnementales	<b>07</b>
<b>06</b>	Des nanoparticules d'or pour l'électronique moléculaire	<b>08</b>
<b>07</b>	Approches de production d'énergie à partir de la réduction du CO2	<b>09</b>
<b>08</b>	Différentes formes de Nanoparticules	<b>10</b>
<b>09</b>	agglomérats et agrégats	<b>11</b>
<b>10</b>	Cycle de vie des nanomatériaux dans l'environnement	<b>14</b>
<b>11</b>	Lieux de déposition des nanoparticules dans le système respiratoire	<b>16</b>
<b>12</b>	Structure de la peau	<b>17</b>
<b>13</b>	Origine des espèces réactives de l'oxygène.	<b>20</b>
<b>14</b>	Helix aspersa (photo personnel)	<b>24</b>
<b>15</b>	Genre de l'escargot Helix aspersa	<b>24</b>
<b>16</b>	Morphologie externe d'un gastéropode.	<b>25</b>
<b>17</b>	Anatomie interne d'un escargot	<b>27</b>
<b>18</b>	Partie distale de l'appareil génital d'Helix aspersa ouverte pour montrer la morphologie interne du complexe pénien et vagin.	<b>28</b>

<b>19</b>	Reproduction chez <i>Cornu aspersum</i> .	<b>32</b>
<b>20</b>	SbCl <sub>3</sub> sous forme solide	<b>33</b>
<b>21</b>	SbCl <sub>3</sub> sous forme liquide pendant l'agitation	<b>33</b>
<b>22</b>	SbCl <sub>3</sub> sous forme liquide après l'agitation	<b>34</b>
<b>23</b>	Représentation de la structure chimique (SbCl <sub>3</sub> )	<b>35</b>
<b>24</b>	Elevage d' <i>Helix aspersa</i> dans laboratoire	<b>37</b>
<b>25</b>	Mode de traitement des escargots	<b>39</b>
<b>26</b>	Dissection et prélèvement des organes (l'hépatopancréas et les reins)	<b>41</b>
<b>27</b>	stress oxydatif des escargots	<b>42</b>
<b>28</b>	effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport hépato-somatique (R.H.S) (%) chez des escargots terrestres <i>Helix aspersa</i> (m ± s, n=4)	<b>46</b>
<b>29</b>	effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport réno-somatique (R.R.S) (%) chez des escargots terrestres <i>Helix aspersa</i> (m ± s, n=4)	<b>47</b>

# Liste des symboles

ADN :	Acide désoxyribonucléique.
ATM :	Techniques de mesure atmosphérique
ATP :	Adénosine tri phosphate
CAT :	catalase
Cm :	Centimètre
°C :	Degré Celsius
ERO :	Espèces réactives de l'oxygène
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	Oxyde de fer
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> :	Nano-magnétites de fer
g :	gramme
GSH :	Glutathion réduit
H :	Heure
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> :	Peroxyde d'hydrogène
L :	Litre
Mol :	Moléculaire
NADPH :	Nicotinamide-adénine dinucléotide-phosphate réduit
NPs :	Nanoparticules.
NTC :	nanotube carbone.
PEC :	photo électrochimique
PH :	potentiel hydrogène
PNP :	nanoparticules polymère.
RPSL :	Résonance plasmique de Surface Localisée.
Sb :	antimoine
SbCl <sub>3</sub> :	trichlorure d'antimoine
SnO <sub>2</sub> :	Dioxyde d'étain
SOD :	Superoxydes dismutases
% :	Percentage

# TABLE DES MATIÈRES

**Table des matières**

**Résumé**

**Abstract**

**ملخص**

**Remerciements**

**Dédicace**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des symboles**

**Table des matières**

**Introduction**

## **CHAPITRE I : Etude bibliographique**

I. Généralité sur nanoparticule .....	02
1.1. Classification des nanoparticules .....	02
1.1.1. Nanoparticules à base de carbone .....	03
1.1.2. Nanoparticules métalliques.....	03
1.1.3 Nanoparticules céramiques.....	03
1.1.4. Nanoparticules semi-conductrices .....	04
1.1.5. Nanoparticules polymères.....	04
1.1.6. Nanoparticules à base de lipides .....	04
1.2. Applications des nanoparticules .....	05
1.2.1. Applications dans les médicaments .....	06
1.2.2. Applications dans la fabrication et les matériaux .....	06
1.2.3. Applications dans l'environnement.....	07
1.2.4. Applications en électronique .....	08
1.2.5. Applications dans la récupération d'énergie.....	09
1.2.6. Applications dans les industries mécaniques.....	09

1.3. Synthèse de nanoparticules.....	09
I.3.1. L'approche ascendante (Button-up) .....	10
I.3.2. L'approche descendante (top down) .....	10
1.4. Caractères des nanoparticules .....	10
I.4.1. La Taille .....	10
I.4.2. La forme.....	11
I.4.3. L'agrégation et l'agglomération.....	12
1.5. Toxicités de la nanoparticule.....	13
I.6. Les effets des nanoparticules.....	15
I.6.1. Effet des nanoparticules sur l'environnement.....	15
I.6.2. Effet des nanoparticules sur l'homme.....	17
II. Antimoine trichlorure SbCl <sub>3</sub> .....	18
III. Le stress oxydatif.....	18

## **Chapitre 02 : Etude expérimental « Matériel et Méthodes »**

1. Matériel .....	22
1.1. Matériel biologique.....	22
I.1.1. La position systématique <i>d'Helix aspersa</i> .....	23
I.1.2. Morphologie <i>d'Helix aspersa</i> .....	24
I.1.3. Anatomie de l'escargot .....	25
I.1.3.1. Anatomie externe de l'escargot.....	26
I.1.3.2. Anatomie interne de l'escargot.....	29
I.1.4. Déplacement.....	29
I.1.5. Activité saisonnière.....	29
I.1.6. Hibernation.....	30
I.1.7. Estivation.....	31
I.1.8. Reproduction et le ponte.....	32
I.1.9. La Croissance.....	32
I.2. Matériel chimique.....	33
I.2.1. Propriétés physicochimiques de SbCl <sub>3</sub> .....	33
II. Méthodes .....	37
II.1. Conditions d'élevage.....	38

II.2. Traitement des escargots.....	39
II.3. Préparation et sacrifice des animaux.....	40
II.4. Paramètres étudiés.....	40
II.5. Effets comportementaux.....	41
II.6. Paramètres physiologies.....	42
II.6.1. Le poids frais de l'escargot.....	42
II.7. le rapport hépato-somatique et rapport réno-somatique.....	43
II.7.1. Mesure du rapport hépato-somatique (R.H.S) et du rapport réno-somatique (R.R.S) .....	43
II.7.2. Analyse statistique.....	43

### **CHAPITRE III : Résultats**

III.1. Les effets comportementaux.....	45
III.1.1. Estimation du taux d'alimentation.....	45
III.1.2. Effets sur le comportement.....	45
III.2. Effets sur les paramètres morphométriques.....	45
III.2.1. La mortalité .....	45
III.3. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) sur le rapport hépato-somatique.....	47
III.4. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) sur le rapport réno-somatique.....	48

### **CHAPITRE IV : Discussion**

IV.1. Les effets comportementaux .....	49
IV.1.1. Effets sur le comportement.....	50
IV.2. Effets sur les paramètres morphométriques .....	50
IV.2.1. La mortalité.....	50
IV.3. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) sur le rapport hépato-somatique .....	50
IV.4. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl <sub>3</sub> ) sur le rapport réno-somatique.....	51

### **Conclusion & Perspectives**

### **Références bibliographiques**

# *INTRODUCTION*



## Introduction

La nanotechnologie est un domaine de recherche connu depuis le siècle dernier. Depuis « La nanotechnologie » a été présentée par le prix **Nobel Richard P. Feynman** lors de sa célèbre conférence de **1959** « Il y a beaucoup de place au fond » (**Ibrahim ,2017**) , Les nanosciences et nanotechnologies, qui promettent des progrès remarquables dans de nombreux domaines comme la santé, les biotechnologies, l'énergie, l'électronique ou les technologies de l'information, font l'objet depuis quelques années d'un intérêt croissant, comme en témoignent les nombreux moyens humains et financiers mis en œuvre pour leur développement. Ce domaine de la science s'intéresse aux nano-objets (dont une dimension est inférieure à 100 nm) sous plusieurs aspects : synthèse, observation, manipulation, assemblage, étude et exploitation des phénomènes apparaissant à l'échelle nanométrique ou encore compréhension des interactions développées à cette échelle (**Sandrine.Q ,2012**). L'importance de ces matériaux a été réalisée lorsque les chercheurs ont découvert que la taille pouvait influencer les propriétés physicochimiques d'une substance (**Ibrahim ,2017**), Les nanoparticules métalliques ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche car elles présentent des propriétés physiques et chimiques particulières qui diffèrent des matériaux en vrac correspondants en raison de leur petite taille, de leur grande surface et de leurs effets quantiques. Et les nanoparticules métalliques intégrées dans les matériaux pour étudier et améliorer les propriétés des matériaux ont attiré beaucoup d'attention (**Zhong,2014**). Ces nanomatériaux, dont l'utilisation est appelée à s'étendre de façon importante dans les prochaines années, constituent de nouvelles sources potentielles d'exposition et il est légitime de poser dès aujourd'hui la question de leur éventuelle toxicité pour l'homme et pour les écosystèmes. De tous temps, les hommes ont été exposés aux particules ultrafines de taille nanométrique, provenant de sources naturelles (incendies, éruptions volcaniques, etc.) ou anthropiques (feux de bois, gaz d'échappement de véhicules, etc.) et ces particules ont pu se révéler toxiques. On distingue de ces nanoparticules générées indirectement à l'occasion d'un processus (comme les particules diesel), les nanomatériaux manufacturés qui sont fabriqués intentionnellement pour être utilisés dans le cadre d'un processus industriel et qui font l'objet de nombreuses recherches technologiques (**Afsset ,2006**). L'utilisation des nanomatériaux en biotechnologie fusionne les domaines de la science des matériaux et de la biologie. Les nanoparticules fournissent une plate-forme particulièrement utile, démontrant des propriétés uniques avec des applications thérapeutiques potentiellement étendues. Le domaine des nanoparticules en biologie est certainement en plein

essor, avec le nombre estimé d'articles dans la région (basé sur Web of Science) passant de 11 en **1991** à près de 10000 en **2007**.

Des études ont montré que les nanoparticules pouvaient franchir les barrières de protection, se distribuer dans l'organisme et s'accumuler dans certains organes, principalement lors des expositions respiratoire ou digestive (**Oberdörster et al, 2005**). Les Gastéropodes Pulmonés sont des indicateurs écologiques pertinents de la pollution métallique et organique de l'écosystème terrestre par l'utilisation des biomarqueurs qui constituent un outil biologique naturel qui peut signaler la pollution d'un milieu ainsi que la biodisponibilité des substances toxiques. C'est donc, dans ce contexte, que nous avons évalué par une étude expérimentale l'effet d'une nanoparticule : le trichlorure d'antimoine " $SbCl_3$ " sur le gastéropode terrestre *Helix aspersa*, qui est l'une des espèces d'escargots la plus abondante dans la région Nord-Est de l'Algérie. Ce mémoire est organisé en 4 parties :

- ✚ La première partie : Il s'agit d'une étude bibliographique sur les nanoparticules, où nous présenterons brièvement les différents types et leurs applications ; et un aperçu sur l'espèce étudiée.
- ✚ La deuxième partie : traite les méthodes utilisées pour déterminer les effets du trichlorure d'antimoine «  $SbCl_3$  » sur *Helix aspersa* en étudiant les critères physiologiques (RHS,RRS...)
- ✚ La troisième partie : Il présentera les résultats obtenus et la discussion.
- ✚ Conclusion : contient une déduction.

*CHAPITRE I REVUE  
BIBLIOGRAPHIQUE*

# Chapitre 01 : Etude bibliographique

## I. Nanoparticules :

Une nanoparticule est un assemblage d'atomes dont sont définies par leur taille qui doit être comprise entre 1 et 100 nm dans les 3 dimensions (Tomalia,2004 ; Verry. C et al ,2019) La particularité d'une nanoparticule réside dans le fait que la majorité des atomes qui la constitue se trouvent en surface (Lanone. S et al ,2010), La nanotechnologie représente la conception, la production et l'application de matériaux aux échelles atomique, moléculaire et macromoléculaire, afin de produire de nouvelles matériaux nanométriques (Sovan et al ,2011). En résumant cela, la nanoscience consiste en l'étude des atomes, des molécules et d'autres particules qui se mesurent à l'échelle nanométrique (1 - 100 nm). La figure n°1 illustre l'échelle du nanomètre par rapport à des matières comme l'ADN, ou l'atome de Carbone...Quand on parle de particules (atomes, molécules...) de taille nanométrique, d'une manière générale, on les appelle des Nanoparticules.

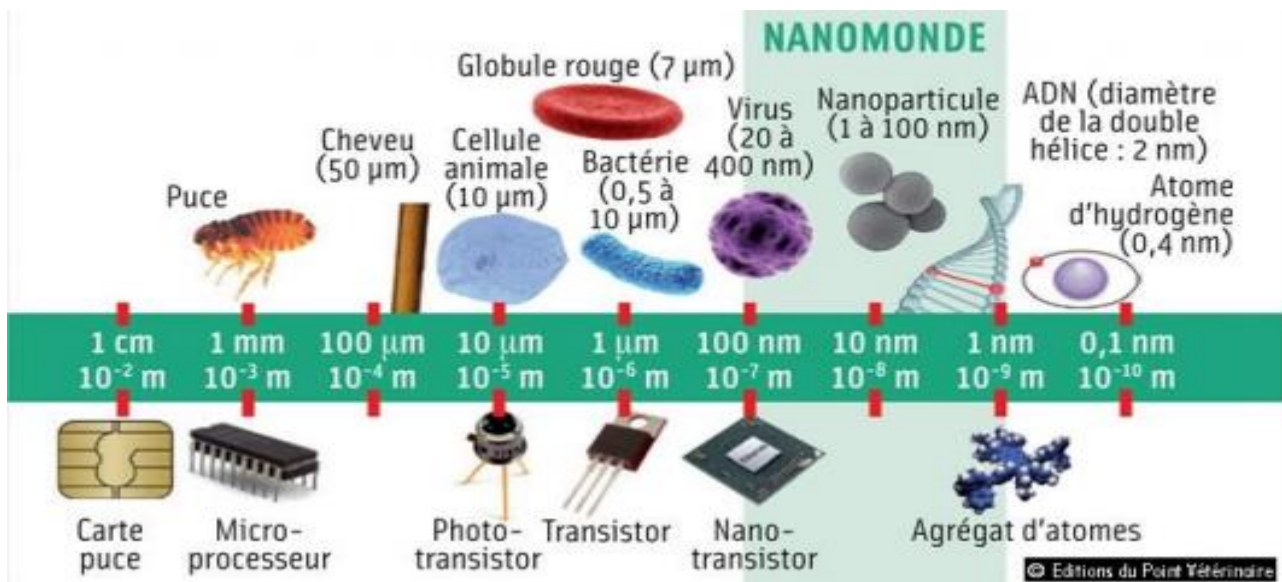


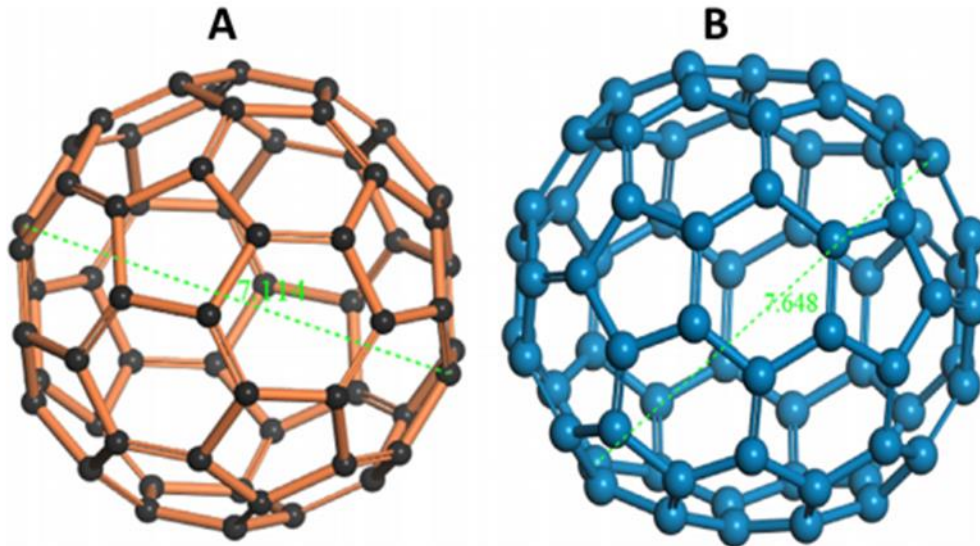
Figure 1 : Les frontières du nanomonde (Chamard ,2013)

### I.1.Classification des nanoparticules :

#### I.1.1. Nanoparticules à base de carbone :

Les nanotubes et Les fullerènes de carbone (NTC) représentent deux grandes classes de NP à base de carbone (Astefanei et al., 2015). Ces matériaux possèdent du carbone pentagonal et

hexagonal arrangé, Les NTC sont de structure tubulaire allongée, de 1 à 2 nm de diamètre Unités (Ibrahim, 2013)



**Figure2** : Différentes formes de boules Fullerènes / Buck (A) C60 et (B) C70. (Ibrahim,2017)

### **I.1.2. NPs métalliques :**

Les NP métalliques sont constitués uniquement de précurseurs métalliques. En raison de caractéristiques bien connues de résonance plasmonique de surface localisée (LSPR), ces NP possèdent des propriétés optoélectriques uniques. Les NP des métaux alcalins et nobles, à savoir Cu, Ag et Au, ont une large bande d'absorption dans la zone visible du spectre solaire électromagnétique. La synthèse contrôlée par les facettes, la taille et la forme des NP métalliques est importante dans les matériaux de pointe actuels (Ibrahim et al., 2019)

### **I.1.3 NP céramiques :**

Les NP céramiques sont des solides inorganiques non métalliques, synthétisés via chaleur et refroidissements successifs. Ils peuvent être trouvés dans amorphe, formes polycristallines, denses, poreuses ou creuses (Sigmund et al.,2006)

### **I.1.4. NPs semi-conducteurs :**

Les matériaux semi-conducteurs possèdent des propriétés entre les métaux et non métalliques et donc ils ont trouvé diverses applications dans la littérature en raison de cette propriété (Ali et al., 2017 ; Khan et al., 2017).

### I.1.5. NPs polymères :

Ce sont normalement des NP à base organique et dans la littérature un terme particulier collectif de nanoparticules de polymère (PNP) utilisé pour-il. Ce sont principalement des nanosphères ou de forme nanocapsulaire (Mansha et al., 2017). Les premiers sont des particules de matrice dont la masse globale est généralement solide et les autres molécules sont adsorbé à la limite extérieure de la surface sphérique. Dans ce dernier cas, la masse solide est encapsulée dans la particule complètement (Rao et Geckeler, 2011).

### I.1.6. NP à base de lipides :

Ces NP contiennent des fragments lipidiques et ils sont utilisés efficacement dans de nombreuses applications biomédicales. Généralement, un NP lipidique est typiquement sphérique avec un diamètre allant de 10 à 1000 nm. Comme NPs polymériques, les NPs lipidiques possèdent un noyau solide en lipides et une matrice contient des molécules lipophiles solubles. (Rawat et al., 2011).

### I.2.Applications des NPs :

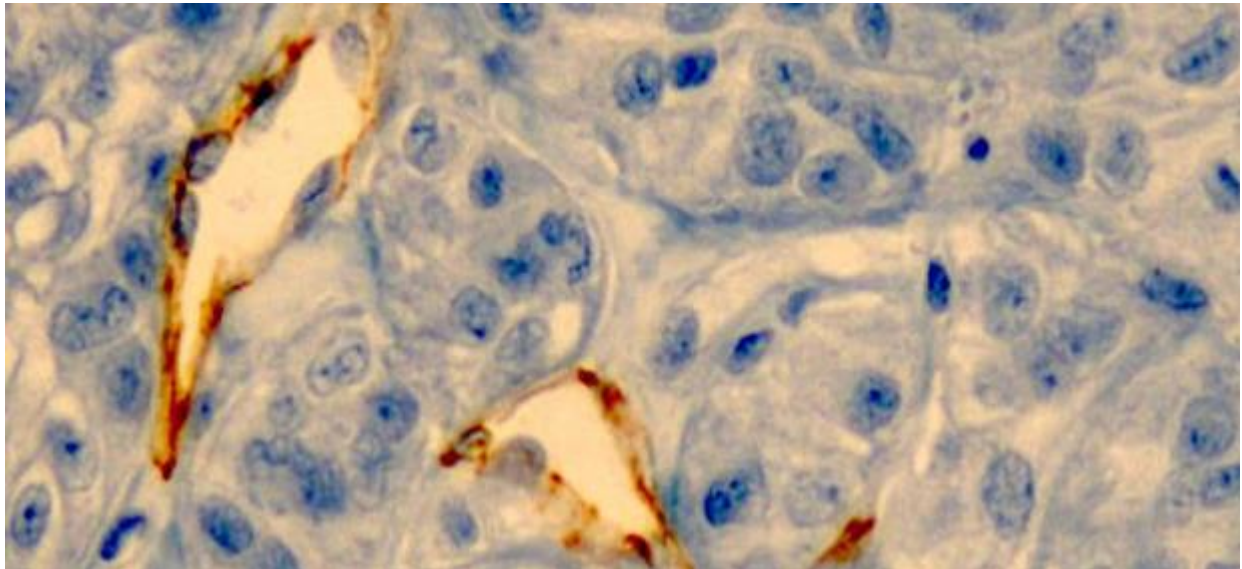
Les domaines d'usage potentiels des nanotechnologies sont très nombreux (Le Marois G, 2005) :



Figure 03: Exemples de produits contenant des nanomatériaux (Lowry et al, 2004)

### I.2.1. Applications dans les médicaments:

Les particules inorganiques de taille nanométrique, de nature simple ou complexe, présentent des propriétés physiques et chimiques uniques et représentent un matériau de plus en plus important dans le développement de nouveaux nanodispositifs pouvant être utilisés dans de nombreuses applications biologiques, biomédicales et pharmaceutiques (Loureiro et al., 2016; Martis et al., 2012; Nikalje, 2015). Les IP ont suscité un intérêt croissant dans toutes les branches des médicaments pour leur capacité à délivrer des médicaments dans le meilleur dosage entraînant souvent une efficacité thérapeutique accrue des médicaments, affaiblissement des effets secondaires et amélioration de l'observance des patients (Alexis et al., 2008). Les particules d'oxyde de fer telles que la magnétite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ou sa forme maghémite oxydée ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sont les plus couramment utilisées pour les applications biomédicales (Aliet al., 2016). La sélection de NPs pour obtenir un contraste efficace pour les applications d'imagerie biologique et cellulaire ainsi que pour les applications photothérapeutiques repose sur les propriétés optiques des NP. Théorie de Mie et dipôle discret une méthode d'approximation peut être utilisée pour calculer l'absorption et l'efficacité de diffusion et la longueur d'onde de résonance optique pour les classes de NP couramment utilisées, à savoir les NP Au, silice-AuNP et nanotiges Au (Jain et al., 2006).



**Figure 4** :Des nanoparticules d'or pour soigner le cancer (Emmanuel. F ,2017)

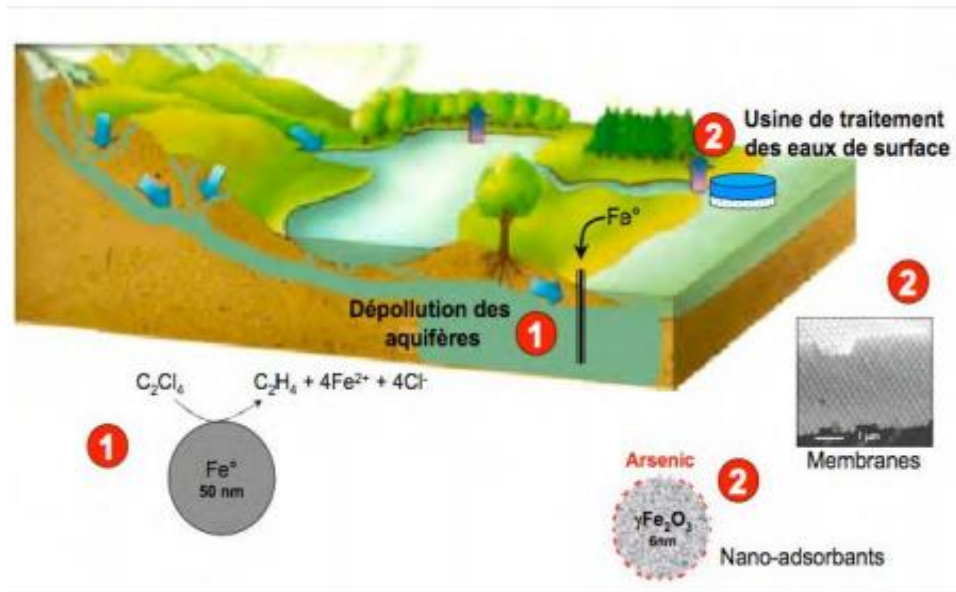
### **I.2.2 .Applications dans la fabrication et les matériaux :**

Les matériaux nanocristallins fournissent des substances très intéressantes pour la science des matériaux, car leurs propriétés diffèrent des matériaux en vrac respectifs d'une manière dépendante de la taille. Fabrication des NP présentent des caractéristiques physico-chimiques qui induisent propriétés électriques, mécaniques, optiques et d'imagerie uniques qui sont extrêmement recherchés dans certaines applications les secteurs médical, commercial et écologique (**Dong et al, 2014; Ma, 2003; Todescato et al, 2016**). Les NP se concentrent sur caractérisation, conception et ingénierie ainsi que des structures non biologiques <à 100 nm, qui montrent des propriétés fonctionnelles uniques et nouvelles. Les avantages potentiels de la nanotechnologie ont été documentés par de nombreux fabricants à un niveau élevé et faible et les produits commercialisables sont déjà produite en série comme la microélectronique, l'aérospatiale et l'industrie pharmaceutique (**Weiss et al, 2006**).

### **I.2.3 .Applications dans l'environnement :**

L'augmentation du domaine des NP d'ingénierie dans les applications industrielles et domestiques conduit à la libération de ces matériaux dans l'environnement. Pour évaluer le risque de ces NP dans l'environnement, il faut comprendre leur mobilité, leur réactivité, leur écotoxicité et leur persistance (**Ripp et Henry, 2011; Zhuang et Gentry, 2011**). Les applications de matériaux d'ingénierie peuvent augmenter la concentration de NP dans les eaux souterraines et le sol, ce qui présente les voies d'exposition les plus importantes pour évaluer les risques environnementaux (**Golobic et al, 2012; Masciangioli et Zhang, 2003**). En raison de la surface élevée à la masse les NP naturels jouent un rôle important dans le partage solide / eau des contaminants qui peuvent être absorbés à la surface des NP, copécipités lors de la formation des NP naturels ou piégés par agrégation de NP qui avaient des contaminants adsorbés à leur surface. L'interaction des contaminants avec les NP dépend des caractéristiques des NP, telles que la taille, la composition, la morphologie, la porosité, l'agrégation / désagrégation et la structure des agrégats. Les luminophores ne sont pas sûrs dans l'environnement et sont protégés de l'oxygène de l'environnement lorsqu'ils sont dopés à l'intérieur du réseau de silice (**Swadeshmukul et al, 2001**).

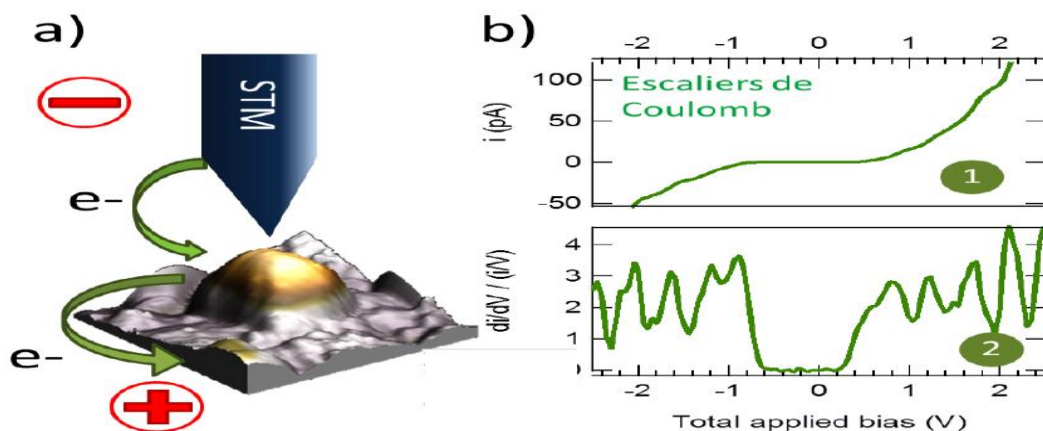




**Figure 05:** différentes utilisations des nanoparticules manufacturées dans les applications environnementales (Lowry et al, 2004).

#### I.2.4.Applications en électronique :

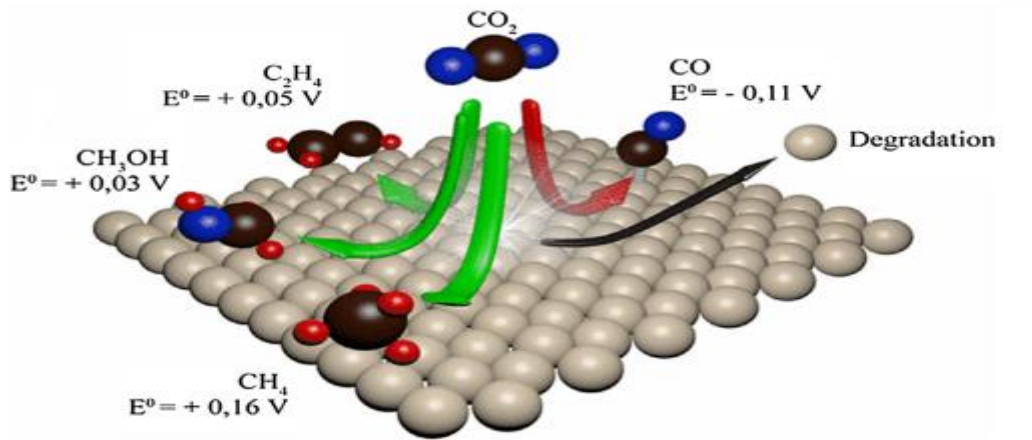
Il y a eu un intérêt croissant pour le développement de l'électronique au cours des dernières années, car l'électronique imprimée offre un attrait pour les techniques traditionnelles du silicium et le potentiel de l'électronique de grande surface à faible coût pour les écrans flexibles, les capteurs. L'électronique imprimée avec diverses encres fonctionnelles contenant des PN tels que les NP métalliques, les molécules électroniques organiques, les CNT et les NP céramiques devrait circuler rapidement en tant que processus de production de masse pour de nouveaux types d'équipements électroniques (Kosmala et al., 2011). Les propriétés structurales, optiques et électriques uniques des semi-conducteurs et métaux unidimensionnels en font le bloc structurel clé pour une nouvelle génération d'électronique, de capteurs et de matériaux photoniques (Holzinger et al., 2014; Millstone et al., 2010; Shaalan et al., 2016).



**Figure 06** :Des nanoparticules d'or pour l'électronique moléculaire(Caillard. L et al ,2013)

### I.2.5.Applications dans la récupération d'énergie :

Des études récentes nous ont mis en garde contre les limites et la rareté des fossiles combustibles dans les années à venir en raison de leur nature non renouvelable. Par conséquent, les scientifiques modifient leurs stratégies de recherche pour générer des énergies renouvelables à partir de ressources facilement disponibles à un coût bon marché. Ils ont découvert que les NP sont les meilleurs candidats à cette fin en raison de leur grande surface spécifique, de leur comportement optique et de leur nature catalytique. En particulier dans les applications photocatalytiques, les NP sont largement utilisés pour générer de l'énergie à partir de la séparation photoélectrochimique (PEC) et électrochimique de l'eau (Avasare et al., 2015; Mueller et Nowack, 2008; Ning et al., 2016). Outre le fractionnement de l'eau, la réduction électrochimique du CO<sub>2</sub> des carburants précurseurs, des cellules solaires et des générateurs piézoélectriques offrent également des options avancées pour générer de l'énergie (Fang et al., 2013; Gawande et al., 2016; Lei et al., 2015; Li et al., 2016; Nagarajan et al., 2014; Sagadevan, 2015; Young et al., 2012; Zhou et al., 2016). Les NPs utilisent également dans les applications de stockage d'énergie pour réserver l'énergie sous différentes formes à l'échelle nanométrique (Greeley et Markovic, 2012; Liu et al., 2015, 2015; Sagadevan, 2015; Wang et Su, 2014) Récemment, des nanogénérateurs sont créés, qui peuvent convertir l'énergie mécanique en électricité à l'aide de piézoélectrique, qui est une approche non conventionnelle pour générer de l'énergie (Wang et al., 2015)



**Figure 07 :** Approches de production d'énergie à partir de la réduction du CO<sub>2</sub> (khan et al ,2017)

### I.3. Synthèse de nanoparticules :

Les NP peuvent être synthétisées selon différentes approches: par la méthode ascendante ou la méthode descendante.

**I.3.1. L'approche ascendante (bottom-up):** les NP sont construites atome par atome ou molécule par molécule.

**I.3.2. L'approche descendante (topdown):** une grande structure est graduellement sousdimensionnée, jusqu'à atteindre des dimensions nanométriques après application des sollicitations mécaniques sévères, de chocs violents et de fortes déformations. (Bsi, 2005).

### I.4. Caractérisation des NPs :

Les Nanoparticules ont des caractéristiques très différentes de celles des atomes ou autres matériaux. Elles leur sont spécifiques, et nous permettent de les classer.

Les principales caractéristiques des Nanoparticules sont :

#### I.4.1. La Taille :

Grâce à leur petite taille nanométrique, les Nanoparticules ont la particularité

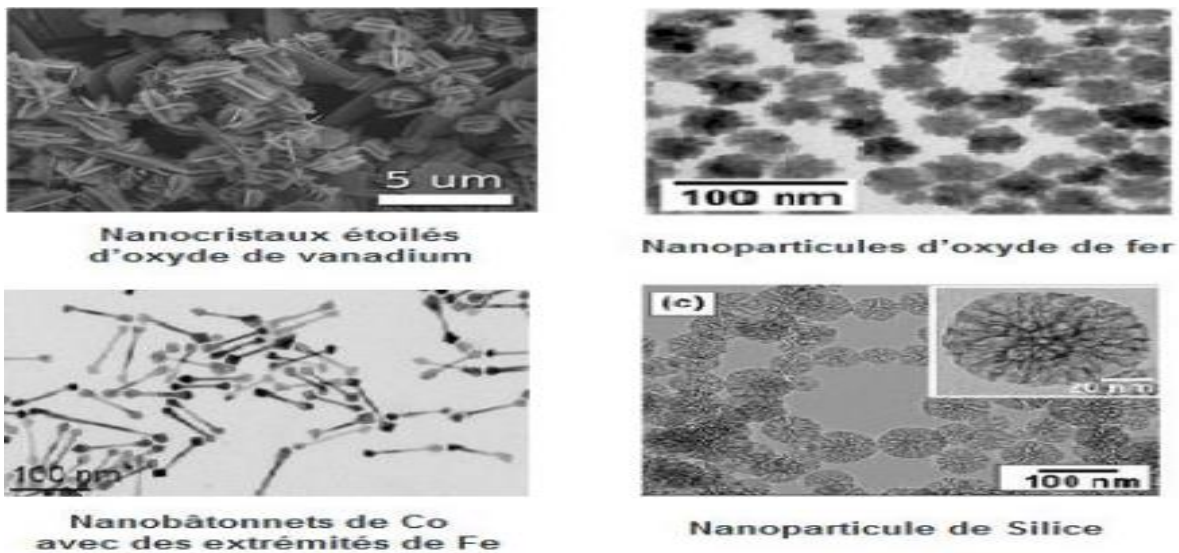
d'avoir 2 types de dispersion :

- Monodispersion : une seule et même taille
- Polydispersion : une gamme de plusieurs tailles plus ou moins importantes.

La taille joue un rôle très important dans la réactivité des particules. Par exemple, pour les atomes d'Arsenic avec les particules d'oxyde de fer ; plus le diamètre des particules est petit, plus leur capacité dans la rétention des atomes d'Arsenic sera forte (Canivet et al ,2015)

#### I.4.2. La forme :

Les Nanoparticules sont caractérisées par leurs diverses formes (sphériques, tubes, plaques...), tellement nombreuses qu'il est difficile de toutes les classer.

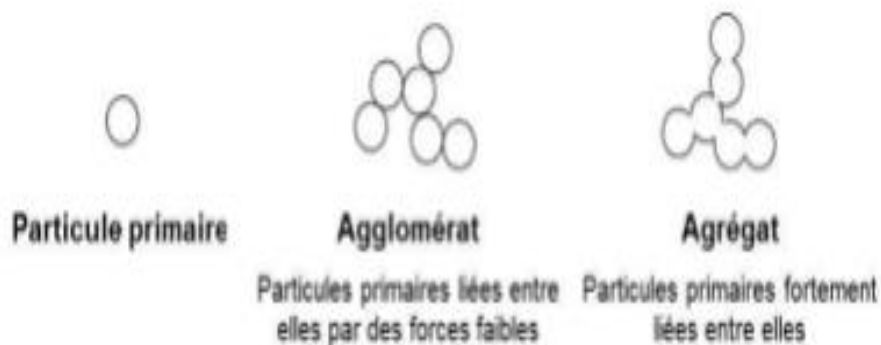


**Figure 08 :** Différentes formes de Nanoparticules (Mirzadeh and Akhbari, 2016)

#### I.4.3. L'agrégation et l'agglomération :

Grâce à leur surface particulière et selon le milieu dans lequel elles se trouvent, les Nanoparticules peuvent se présenter sous 3 formes :

- Nanoparticules primaires
- Agglomérats : ce sont des liaisons de Nanoparticules primaires par des liaisons très faibles telles que les liaisons de Van Der Waals.
- Agrégats : ce sont des liaisons des Nanoparticules primaires par des liaisons chimiques très fortes telles que les liaisons de covalence.



**Figure 09** : agglomérats et agrégats (LNE, 2017)

#### **I.4.4. La surface spécifique : La surface spécifique :**

On entend par « surface spécifique » la surface réelle totale d'une particule par unité de masse de produit par rapport à sa taille apparente. La particularité de la surface d'une Nanoparticule réside dans le fait que la plupart de ces atomes se trouvent sur la surface ce qui va conférer à la Nanoparticule sa propriété de réactivité avec le milieu où elle se présente. Grâce à cette caractéristique, plus la surface spécifique augmente, plus la taille des particules va diminuer, donc, plus leur réactivité chimique et biologique va augmenter.

Les propriétés physico-chimiques particulières résultant des Nanoparticules, ont permis l'essor de nouveaux produits, ce qui a révolutionné le monde qu'on connaissait avant, et cela dans plusieurs domaines d'activité. (Liu et al., 2016).

#### **I.5.Toxicités des nanoparticules :**

Outre de nombreuses applications industrielles et médicales, il existe certaines toxicités associées aux NP et à d'autres nanomatériaux (Bahadar et al., 2016 ; Ibrahim, 2013 ; Khlebtsov et Dykman, 2011) et des connaissances de base sont requises pour ces effets toxiques pour les rencontrer correctement. Les NP pénètrent subrepticement dans l'environnement par l'eau, le sol et l'air lors de diverses activités humaines. Cependant, l'application des NP pour traitement environnemental injecte ou décharge délibérément NPs modifiés dans le sol ou les systèmes aquatiques. Cela a par conséquent attiré de plus en plus de préoccupations de toutes les parties

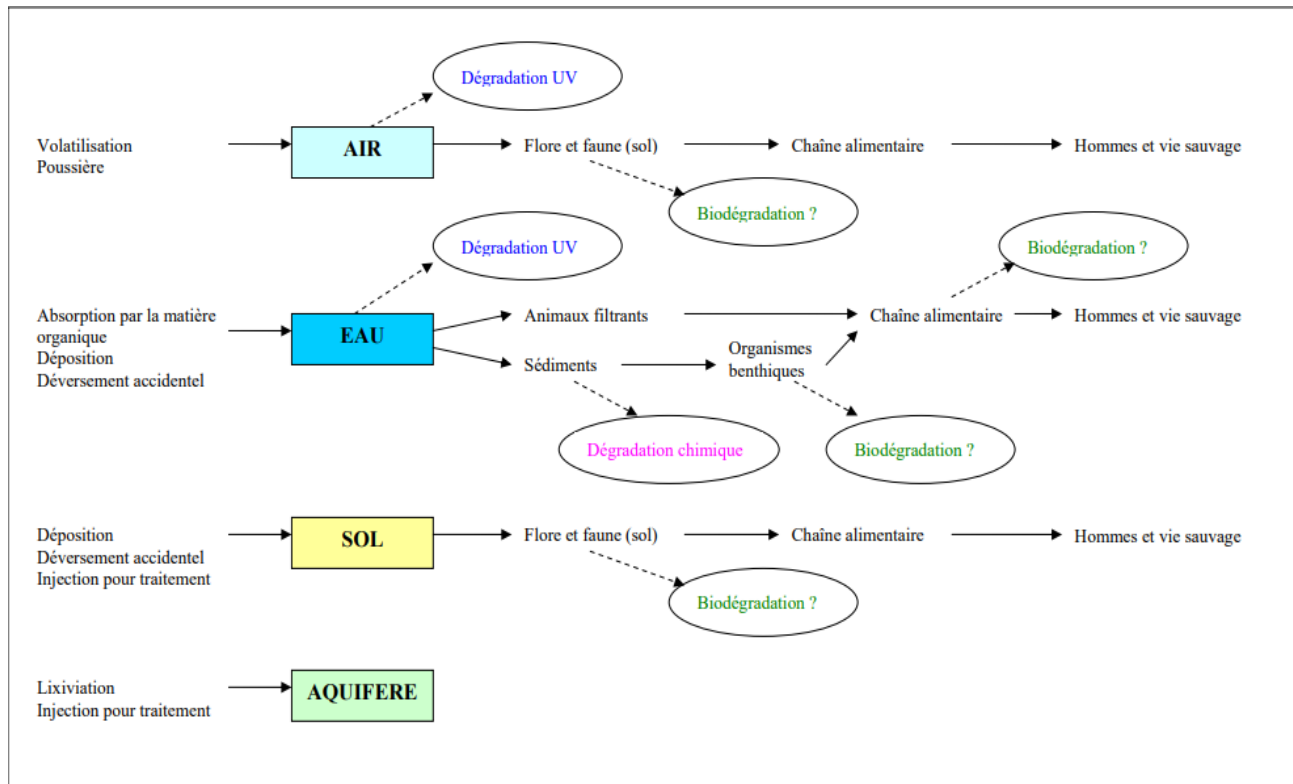
prenantes. Les avantages des NP magnétiques, tels que leur petite taille, leur réactivité élevée et leur grande capacité, pourraient devenir des facteurs potentiellement mortels en induisant des effets nocifs cellulaires toxiques et nocifs, inhabituels en contre-pièces au micron. Des études ont également montré que les NP peuvent pénétrer dans les organismes pendant l'ingestion ou l'inhalation et peuvent être transportées dans le corps vers divers organes et tissus où les NP ont la possibilité d'exercer la réactivité étant effets toxicologiques. Bien que certaines études aient également abordé les effets toxicologiques des NP sur les cellules animales et les cellules végétales. les études toxicologiques avec des NP magnétiques sur les plantes à ce jour sont encore limités. L'utilisation des NP Ag par de nombreux consommateurs et le rejet de ces NP dans le milieu aquatique devenu une source d'Ag dissous et donc exercer une toxicité sur les organismes aquatiques, notamment les bactéries, les algues et les poissons et la daphnie (**Navarro et al., 2008**). Le système respiratoire représente une cible unique pour la toxicité potentielle des NP en raison du fait qu'en plus d'être le portail d'entrée pour les particules inhalées, il reçoit également tout le débit cardiaque (**Ferreira et al., 2013**). Les NP sont largement utilisés dans les applications biologiques mais malgré les progrès rapides et l'acceptation rapide de nanobiotechnologie le potentiel d'effets néfastes sur la santé due à une exposition prolongée à différentes concentrations chez l'homme dans l'environnement n'a pas encore été établie. Cependant, l'impact environnemental des NP sera augmentera l'avenir. L'une des toxicités des NP est la capacité d'organiser autour des protéines une concentration qui dépend : de la taille des particules, forme et surface caractéristiques de charge, groupes fonctionnalisés et énergie libre. En raison de cette liaison, certaines particules génèrent des effets biologiques négatifs grâce aux protéines dépliage, fibrillation, réticulation thiol et perte de l'activité enzymatique. Un autre paradigme est la libération d'ions toxiques lorsqu'elles propriétés thermodynamiques des matériaux favorisent la dissolution des particules dans un milieu de suspension ou un environnement biologique (**Xia et al., 2008**).

Les NP ont tendance à s'agréger dans l'eau dure et l'eau de mer et sont fortement influencé par le type spécifique de matière organique ou autres particules naturelles (colloïdes) présentes dans l'eau douce. L'état de dispersion modifiera l'écotoxicité, mais de nombreux facteurs qui influencent cela, tels que le pH, la salinité et la présence de matières organiques restent à étudier systématiquement dans le cadre des études écotoxicologiques (**Handy et al., 2008**).

## **I.6. Les effets des Nps :**

### **I.6.1. Effet des nanoparticules sur l'environnement :**

Plus de 1 300 nano-produits (y compris, cosmétiques, tissus, produits alimentaires, catalyseurs industriels et matériaux de construction) sont actuellement sur le marché mondial. Les nanomatériaux pourraient pénétrer dans l'environnement écologique du fait de la fabrication, de l'utilisation et / ou de l'élimination de ces produits. Les préoccupations concernant la toxicité potentielle des nanomatériaux ne reposent pas uniquement sur leur composition chimique (**Zhuang et Gentry,2011**). Comme toute substance chimique, les nanoparticules introduites dans l'environnement peuvent par divers processus (volatilisation, déposition, etc.) conduire à une contamination des différents compartiments tels que l'air, le sol, les eaux de surface et souterraines et par la suite entraîner une exposition des organismes vivants. La connaissance des origines, de la composition, du comportement, des mécanismes de transfert ainsi que des transformations des nanoparticules dans l'environnement est essentielle pour évaluer les impacts environnementaux. Du fait de leur petite taille, ces particules sont très mobiles dans l'environnement et peuvent donc être transférées d'un milieu à l'autre. Leur structure cristalline détermine leur réactivité chimique. La connaissance de ces deux paramètres, taille et structure, est donc essentielle pour mener une évaluation de leur impact sur l'environnement. Leurs conditions de synthèse déterminent les caractéristiques physico-chimiques de leur surface (densité de charge électrostatique, solvation, adsorption d'ions variés) dont dépend directement leur énergie de surface. Les nanoparticules sont très sensibles au cycle saturation/insaturation. (**Afsset, 2006**).



**Figure 10** : Cycle de vie des nanomatériaux dans l'environnement (Afsset, 2006).

La plupart des nanoparticules manufacturées sont enrobées de substances diverses qui en modifient la réactivité de surface et leur confèrent des propriétés de durabilité et d'affinité pour diverses structures biologiques membranaires. Le problème émerge de leur biopersistance et de leur accumulation dans le milieu en résulte, notamment dans les boues résiduaire et les sédiments des estuaires. finalement, ces éléments vont se retrouver dans la biosphère et provoquer chez certaines espèces des phénomènes de bioaccumulation et de toxicité dépendant de leur concentration de leur floculation et de leur état de surface. Des modifications significatives de la biodiversité peuvent en il est également à l'origine de résistances multiples chez diverses bactéries pathogènes. Par ailleurs, la dispersion des nanoparticules dans le milieu aboutira à une contamination de la chaîne alimentaire qui devra être surveillée (R. Masse et C. Boudéne, 2013)

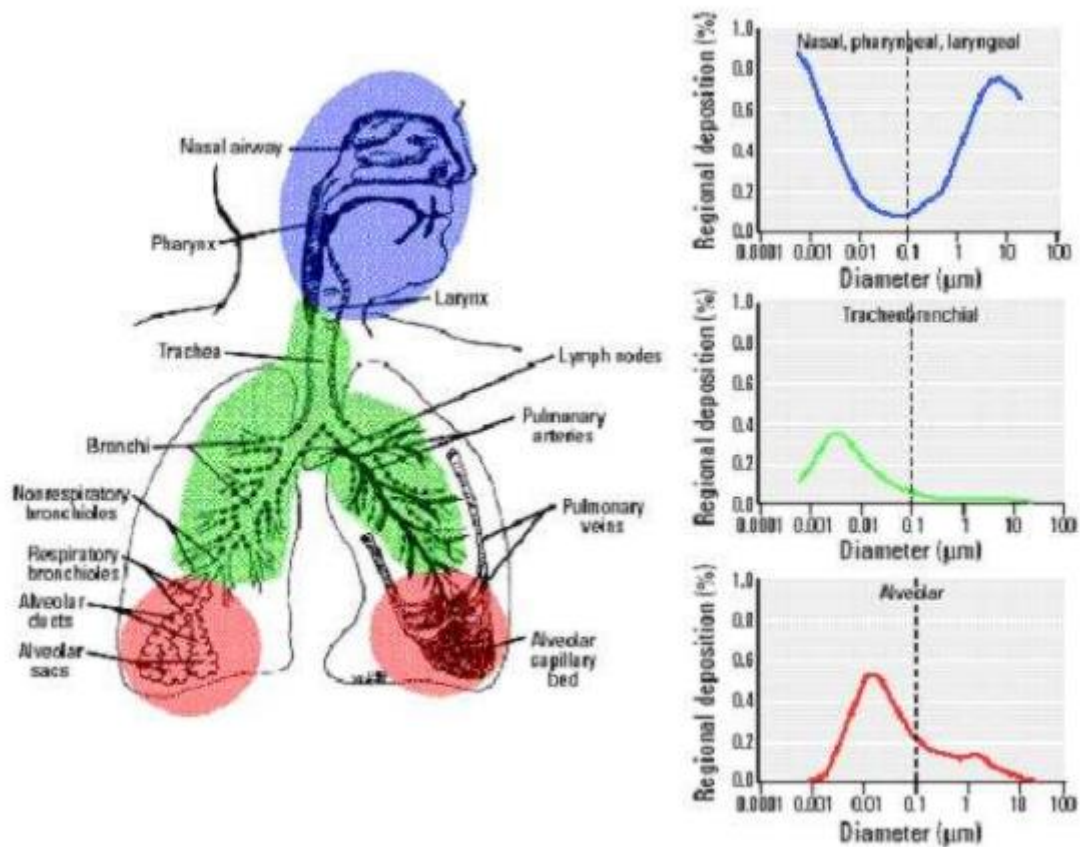
### I.6.2. Effet des nanoparticules sur l'homme :

Les propriétés toxicologiques des nanoparticules font l'objet de nombreux travaux. La plupart des études in vivo ont été réalisées en utilisant différentes espèces animales (principalement

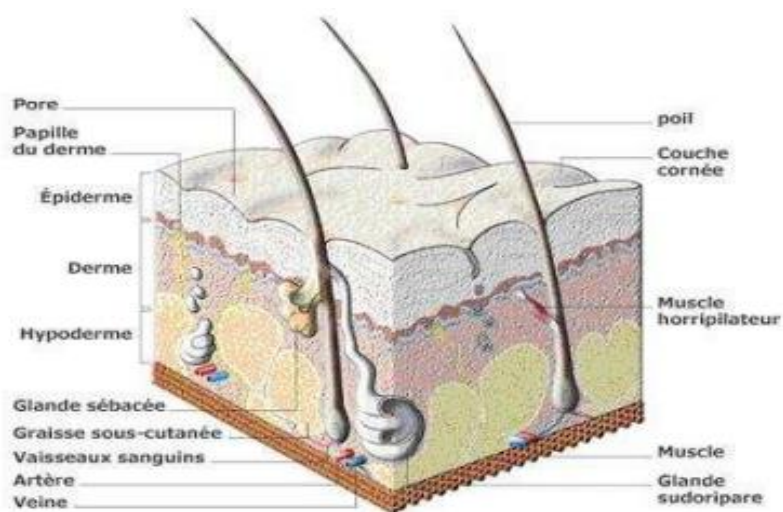


les rongeurs), plus rarement l'homme (**F. Prosie,2008**). Les hommes ont toujours été exposés à des particules fines et ultrafines, parfois à des concentrations importantes. Les particules peuvent pénétrer dans l'organisme à travers les poumons, la peau ou la paroi intestinale, chacun présentant une barrière à cette pénétration. Néanmoins, ces barrières peuvent se révéler insuffisantes et certaines particules avoir des effets toxiques sur l'organisme (**Afsset, 2006**).

L'exposition aux nanoparticules a toujours existé dans l'environnement (des quantités très importantes de nanoparticules d'origine naturelle ou industrielle sont présentes dans l'atmosphère) (**F. Prosie,2008**) ; Des études épidémiologiques ont montré que la présence de particules ultrafines dans l'air ambiant pouvait conduire à des impacts respiratoires et cardiovasculaires pour une partie significative de la population (**Wichmann et al, 2002**). Les effets potentiels des particules ultrafines documentés chez l'homme sont issus d'études épidémiologiques de mortalité. En ce qui concerne les effets pulmonaires, les propriétés physiques des nanotubes, composés de carbone ou autre, indiquent que leur toxicité pourrait être proche de celle des fibres d'amiante. Des études préliminaires suggèrent que les nanotubes ont tendance à se rassembler en grappe. De ce fait ils se présentent donc rarement sous forme isolée. Ils passent ainsi de l'échelle nanométrique à la dimension micrométrique, modifiant ainsi leurs propriétés. Des résultats d'études sur volontaires asthmatiques ayant inhalé des nanotubes de carbone indiquent un accroissement de l'inflammation de l'épithélium pulmonaire, l'apparition d'une hyperréactivité bronchique et d'une vasoconstriction pulmonaire et/ou systémique. Une chute du taux de leucocytes (monocytes, éosinophiles et basophiles) a également été mise en évidence, (**Figure 10**). Les nanotubes de carbone monoparois semblent entraîner une diminution significative de la viabilité cellulaire et un accroissement des biomarqueurs du stress oxydatif, ainsi qu'une augmentation significative des peroxydes lipidiques au sein des kératinocytes épidermiques humains. De fait, l'exposition aux nanotubes de carbone monoparois non raffinés peut déboucher sur une toxicité cutanée parmi les travailleurs exposés. Des effets cancérogènes sont rapportés à travers plusieurs études. Une étude cas-témoins suggère une corrélation entre la présence de microparticules ou de nanoparticules inorganiques insolubles et le cancer du côlon ou la maladie de Crohn. (**Figure 11**) (**F. Prosie,2008**).



**Figure 11** : Lieux de déposition des nanoparticules dans le système respiratoire (en bleu : région nasopharyngée, en vert : région trachéobronchique, en rouge : région alvéolaire) (Oberdörster et al., 2005).



**Figure 12** : Structure de la peau (Afsset, 2006).

## **II. trichlorure d'Antimoine (SbCl<sub>3</sub>) :**

Les nanoparticules métalliques ont fait l'objet de nombreuses recherches car elles ont des propriétés physiques et chimiques qui diffèrent des matériaux en vrac correspondants, en raison de leur petite taille et de leur grande surface. Des nanoparticules d'antimoine Sb ont été préparées avec succès à partir de trichlorure d'antimoine SbCl<sub>3</sub>. (**Zhong et al, 2014**), le trichlorure d'antimoine est un composé chimique moléculaire de formule brute SbCl<sub>3</sub>. C'est un matériau solide, incolore et doux connu sous le nom de beurre d'antimoine. Il a une forte odeur et, au contact de l'eau, il se décompose, forme de l'oxychlorure et libère du chlorure d'hydrogène (**David et al, 2010**). C'est également l'un des types de stéroïdes les plus courants pour SnO<sub>2</sub> ; Ainsi, l'ajout de Sb modifie la structure des bandes de SnO<sub>2</sub> (**Krishnakumar et al., 2009**), l'utilisation du trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) comme principal catalyseur de synthèse organique est répondu, car il est facile à manipuler. (**Pormosavi et al, 2017**) Le trichlorure d'antimoine a été utilisé comme substituée pour améliorer l'effet des ballonnements sur l'absinthe. Il était utilisé dans le passé pour faire fondre et retirer les graines de corne des veaux sans avoir à les couper. Il est également utilisé comme catalyseur pour les réactions de polymérisation et l'hydrocraquage et la chloration ; En tant que résident. Et dans la production d'autres sels d'antimoine. Sa solution est utilisée comme réactif analytique pour le chlore, les aromatiques et la vitamine A. Elle a une utilisation très potentielle comme catalyseur acide de Lewis dans la transformation organique artificielle (**Carolyn A et al ;2015**).

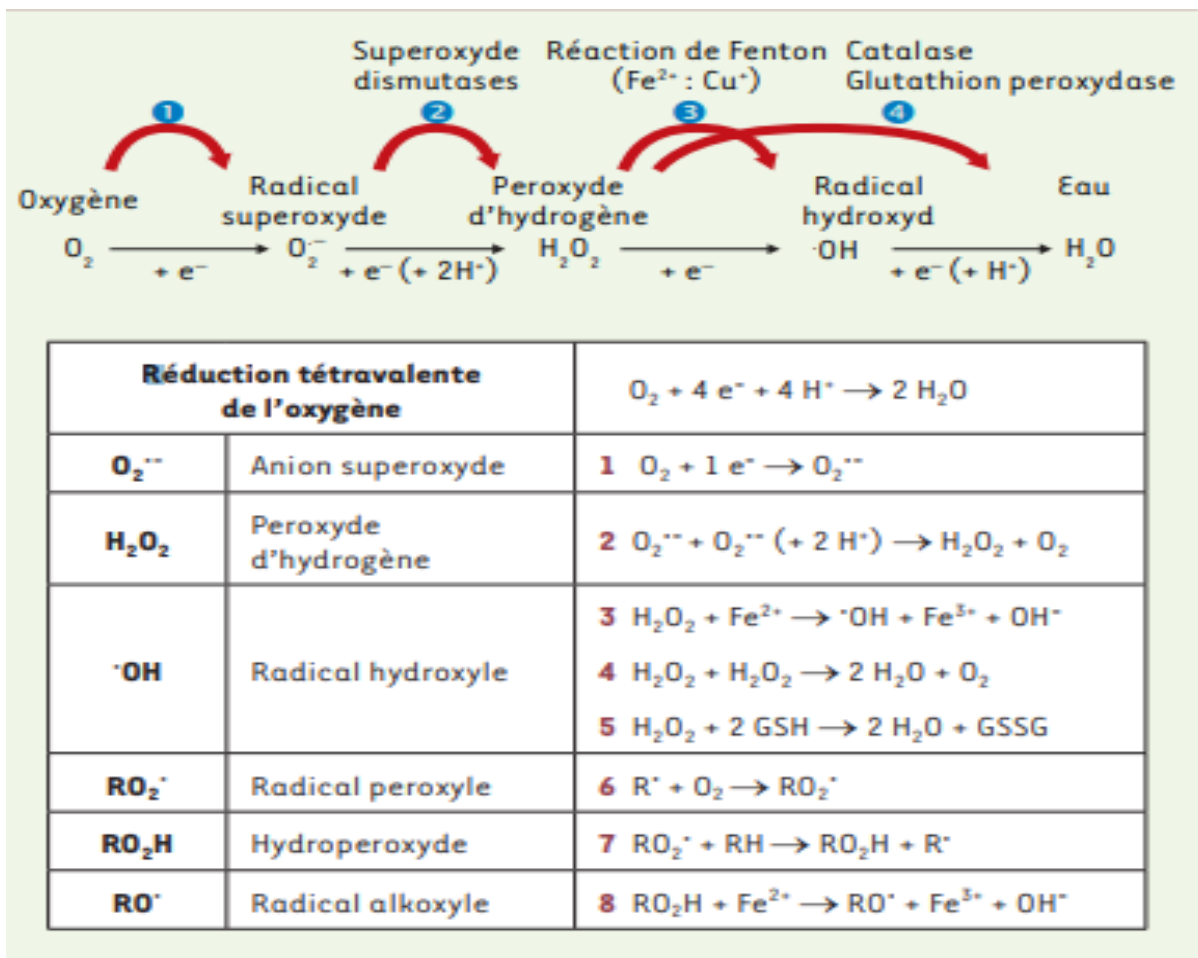
## **III. Le stress oxydatif :**

Le stress oxydant se définit par un déséquilibre entre la production d'espèces radicalaires (ou réactives) de l'oxygène (ERO) et les capacités cellulaires antioxydantes. Les ERO ont longtemps été considérées comme des sous-produits toxiques du métabolisme normal de l'oxygène et impliquées dans de nombreuses pathologies. Cependant, depuis plusieurs années, la production contrôlée de radicaux apparaît comme un mécanisme essentiel de la signalisation cellulaire qui participe au maintien de l'homéostasie de la cellule (**Migdal et al ,2011**).

Origine des espèces réactives de l'oxygène Oxygène et chaîne respiratoire mitochondriale  
À l'exception de certains organismes anaérobies et aérotolestants, l'oxygène (ou dioxygène, O<sub>2</sub>) est indispensable à la production d'énergie par de nombreuses formes de vie (animaux, plantes, bactéries). Cette production d'énergie (sous forme d'ATP) appelée phosphorylation oxydative se

fait notamment par l'intermédiaire de chaînes de transport d'électrons présentes dans la membrane interne des mitochondries (Mazat et al, 2010). Ainsi, depuis que l'atmosphère terrestre a commencé à s'enrichir en oxygène il y a environ deux milliards d'années, les organismes vivants aérobies se sont adaptés à ces conditions en apprenant à consommer et à utiliser l'oxygène mais également à éliminer les métabolites réduits produits. En effet, lors du métabolisme normal, la réduction tétravalente de l'oxygène en eau (Figure 1) se fait en plusieurs étapes successives qui donnent naissance à des intermédiaires potentiellement réduits, appelés radicaux primaires ou espèces réactives de l'oxygène (ERO), car ces entités radicalaires et moléculaires sont beaucoup plus réactives que l'oxygène qui leur a donné naissance. Ainsi, environ 2 % de l'oxygène consommé au niveau mitochondrial sont transformés en radicaux superoxydes  $O_2^{\bullet-}$  lors de la première réduction électronique de l'oxygène (Figure 1-1). La dégradation de ces radicaux est contrôlée par des systèmes de défense, les antioxydants, qui s'adaptent au taux de radicaux présents. Ainsi, la production des radicaux superoxydes est régulée par des métalloenzymes, les superoxydes dismutases (SOD), qui catalysent leur dismutation en peroxyde d'hydrogène,  $H_2O_2$  (Figure 1-2). Bien que le peroxyde d'hydrogène ne soit pas en soi un radical mais une molécule, il est lui-même toxique et capable de donner naissance, via des réactions de type « réaction de Fenton », à la plus délétère des espèces radicalaires du stress oxydant, le radical hydroxyle  $\bullet OH$  (Figure 1-3). La quantité de peroxyde d'hydrogène est régulée par l'enzyme héminique catalase (CAT) qui accélère sa dismutation (Figure 1-4), et par le glutathion peroxydase (GPx) qui catalyse sa réduction par le glutathion (Figure 1-5). Le glutathion (GSH) est un tripeptide (acide glutamique-cystéine glycine) qui représente le groupement thiol majoritaire au niveau intracellulaire ( $10^{-4}$  à  $10^{-3}$  mol. L<sup>-1</sup> sous forme réduite). Il possède un fort pouvoir réducteur et peut également chélater les ions  $Cu^{2+}$  et ainsi limiter leur participation à la génération d'ERO par les réactions de type Fenton (Figure 1-3). Toutefois, il existe également d'autres ERO, dit secondaires, comme les radicaux peroxydes  $RO_2^{\bullet}$  (Figure 1-6), les hydroperoxydes  $RO_2H$  (Figure 1-7) et les radicaux alkoxydes  $RO^{\bullet}$  (Figure 1-8). NAD(P)H oxydases et autres sources cellulaires d'ERO En parallèle de la production d'ERO par le complexe enzymatique mitochondrial de la chaîne respiratoire, la plupart des cellules sont capables de produire des radicaux superoxydes  $O_2^{\bullet-}$  via une activité NAD(P)H oxydase membranaire (NOX). La NOX est une enzyme qui catalyse la réduction monoélectronique de l' $O_2$  en utilisant le NADPH ou le NADH comme donneur d'électrons :  $NAD(P)H + O_2 \rightarrow NAD(P)^+ + H^+ + O_2^{\bullet-}$  La NOX a été

initialement étudiée dans les cellules phagocytaires où elle joue un rôle primordial dans la défense contre les pathogènes, mais elle existe également dans toutes les autres cellules non phagocytaires où elle participe à la signalisation cellulaire. La NOX est localisée dans la membrane cytoplasmique. En plus des NOX, d'autres sources, cytosoliques ou présentes au sein de différents organites, peuvent produire des ERO. Par exemple, la xanthine oxydase, qui catalyse l'oxydation de l'hypoxanthine et de la xanthine au cours du métabolisme des purines, entraîne la formation d'O<sub>2</sub>•<sup>-</sup>. Les enzymes du réticulum endoplasmique, dont la famille des cytochromes P450, assurent l'oxydation des acides gras insaturés (et de certains xénobiotiques) et réduisent l'oxygène moléculaire pour former O<sub>2</sub>•<sup>-</sup> et/ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Les enzymes de la voie de l'acide arachidonique, les peroxysomes, les lysosomes (qui contiennent la myéloperoxydase responsable de la formation d'acide hypochloreux) et le noyau (qui possède des cytochromes oxydases et une chaîne de transport d'électrons) sont également capables de produire O<sub>2</sub>. **(Migdal et al ,2011).**



**Figure 13 :** Origine des espèces réactives de l'oxygène. Les quatre étapes de la réduction de l'oxygène et la formation des intermédiaires partiellement réduits sont détaillées. (Migdal et al, 2011).

*CHAPITRE II*  
*MATERIEL ET*  
*METHODE*

## Chapitre 02 : Partie expérimentale

### Matériels et Méthodes :

#### I. Matériel :

Notre étude a été menée au Laboratoire de biologie animale du Département de biologie de l'Université de Tébessa, à l'aide de matériel expérimental. Cette étude a été menée sur l'escargot terrestre *Helix aspersa* à l'âge adulte de la province de Tébessa même. Ce type a été choisi pour les raisons suivantes:

- ✚ Grande répartition géographique en Algérie.
- ✚ Comme indicateur de pollution écologique.
- ✚ Sa faciliter d'élevage.

#### I.1. Matériel Biologique:

Plus récemment on s'est intéressé en milieu terrestre à la faune du sol et notamment aux escargots (mollusques, Gastéropodes, Pulmonés), ils sont reconnus comme des indicateurs écologiques pertinents (**Berger et Dallinger, 1993 ; Cortet et al, 1999**), car ils représentent une bio masse significative au sein de la communauté des invertébrées des sols (**Dallinger et al, 2001**). Ils occupent une situation privilégiée à l'interface sol-plante-atmosphère, et ils intègrent des sources et voies de contaminations multiples (**Barker, 2001**). Ils possèdent des capacités de bioaccumulation importantes pour de nombreux polluants métalliques (**Viard et al, 2004**), et organiques. Ils présentent des réponses physiologiques (inhibition de croissance et de reproduction, mortalité) (**Notten et al, 2006**) et biochimiques (**Regoli et al, 2006**) quand ils sont exposés aux contaminants. Ils constituent un élément de réseaux trophique qui contribue au transfert des polluants du sol et des plantes aux prédateurs (**Beeby, 1985 ; Laskowski et Hopkin, 1995 ; Scheifler et al, 2002**). Le choix préférentiel de cette espèce est lié à sa distribution mondiale, traduisant ses capacités d'adaptation à des biotopes des sols et des climats variés et à sa facilité d'élevage (**Gomot, 1997**). Grace à ses pouvoirs adaptatifs aux variations climatiques, *Helix aspersa* est très commun pour utiliser comme un matériel biologique, il trouve dans ses zones habituelles de répartition : jardins, buissons, haies, champ, rochers, et vignobles, généralement, ils sont très communs au niveau de la région méditerranéenne et dans le monde.



### I.1.1. La position systématique d'*Helix aspersa* :

*Helix aspersa* (Müller,1774) est un Mollusque gastropode, pulmoné terrestre, aussi nommé *Cantareus aspersus*, *Cornu aspersus* dans la nomenclature récente (Barker,2001) ou le petit gris. Les Mollusques sont des animaux dépourvus d'axe vertébral. Ils possèdent une coquille, Qui peut cependant manquer dans les groupes importants. Par ailleurs, ils présentent une Symétrie bilatérale primitive, mais susceptible de se trouver profondément altérée dans certains groupes (Gaillard,1991).

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

Règne	<b>Animalia</b>
Embranchement	<b>Mollusca</b>
Classe	<b>Gastéropoda</b>
Sous-classe	<b>Pulmonés</b>
Ordre	<b>Stylomatophora</b>
Superfamille	<b>Helicacea</b>
Famille	<b>Helicidae</b>
Genre	<b>Helix</b>
Espèce	<b>Aspersa</b>
Sous-espèce	<b>Aspersa</b>

**Tableau01** : Classification d'*Helix aspersa* (Müller,1774)

L'espèce *Helix aspersa* (Müller 1774) (syn. *Cantareus aspersus*) dit les espèces de gastéropodes les plus abondantes et les plus répandues Nord-est de l'Algérie ont été testés comme bioindicateur. Il est très fréquent et répandu dans la région méditerranéenne et l'ouest de L'Europe (Louiza Douafer,2020). *Helix aspersa* est le nom d'une espèce d'escargot comestible dont il existe deux formes : *Helix aspersa* (Müller, 1774) (Petit-Gris) et *Helix aspersa maxima* (Taylor, 1883) (Gros-Gris).

### I.1.2. Morphologie d'*Helix aspersa*:



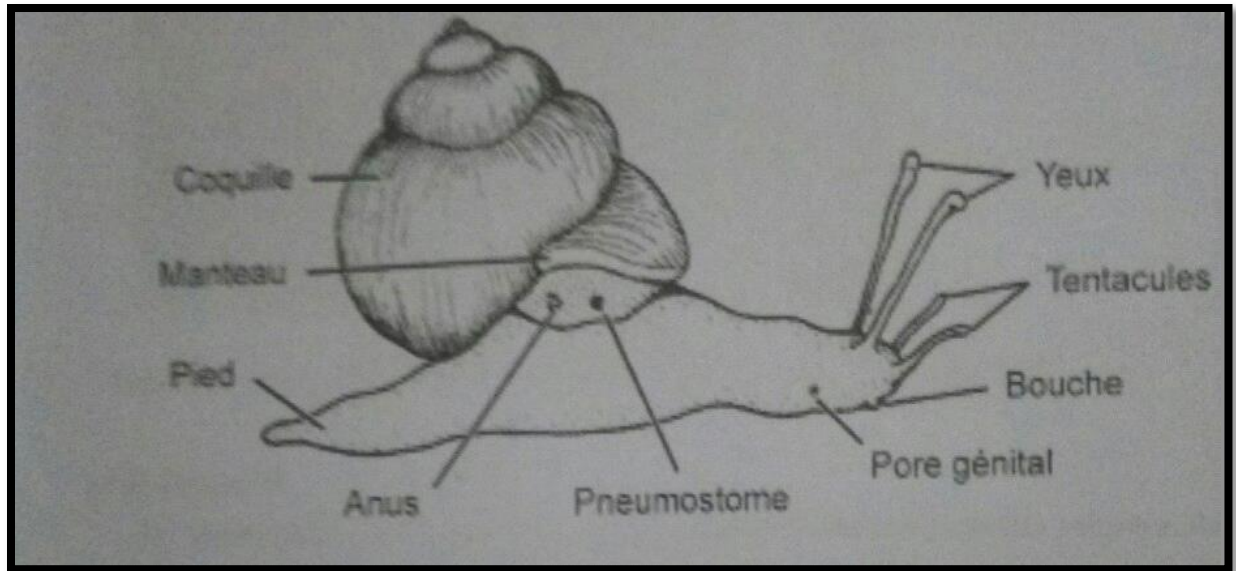
**Figure 14:** *Helix aspersa*



**Figure 15 :** Jeune de l'escargot *Helix aspersa*

### I.1.3. Anatomie de l'escargot :

#### I.1.3.1. Anatomie externe de l'escargot:



**Figure 16 :** Morphologie externe d'un gastéropode (Djaroun et Moussaoui, 2016).

Le corps est constitué de trois parties : la tête, le pied et la masse viscérale (Bonnet et Al,1990). En extension, l'escargot repose sur le sol par son pied, masse musculaire large et épaisse, s'étendant en arrière et avant de la coquille. (MICHEL Rousselet, l'élevage des escargot).

- La tête : La tête constitue la région antérieure (Bellala, 2013). 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). La tête *Helix aspersa* dispose généralement deux paires de tentacules rétractiles, appelées « cornes » ou « antennes » dans le langage familier. (Michel rousselet et Al, 1979).
- Le pied d'*Helix aspersa*, est un organe qui soutient le corps et permet à l'escargot de progresser par reptation. Sa partie inférieure contient des glandes qui secrètent le mucus de façon continue, créant ainsi une trace évidente brillante derrière lui.
- La masse viscérale : comprend les principaux organes (Christian, 1980), La masse viscérale contient la partie moyenne du tube digestif, la majeure partie de l'appareil génital et la partie supérieure du muscle columellaire, insérée à la columelle (Amroun, 2006).

- La coquille protège les organes. Elle est composée de : une partie organique (trame protéique, représentant 1 à 2 % de la coquille.) et une partie minérale (carbonate de calcium sous forme de calcite et d'organite représentant 98% de la coquille). Elle est constituée de trois couche distinctes :

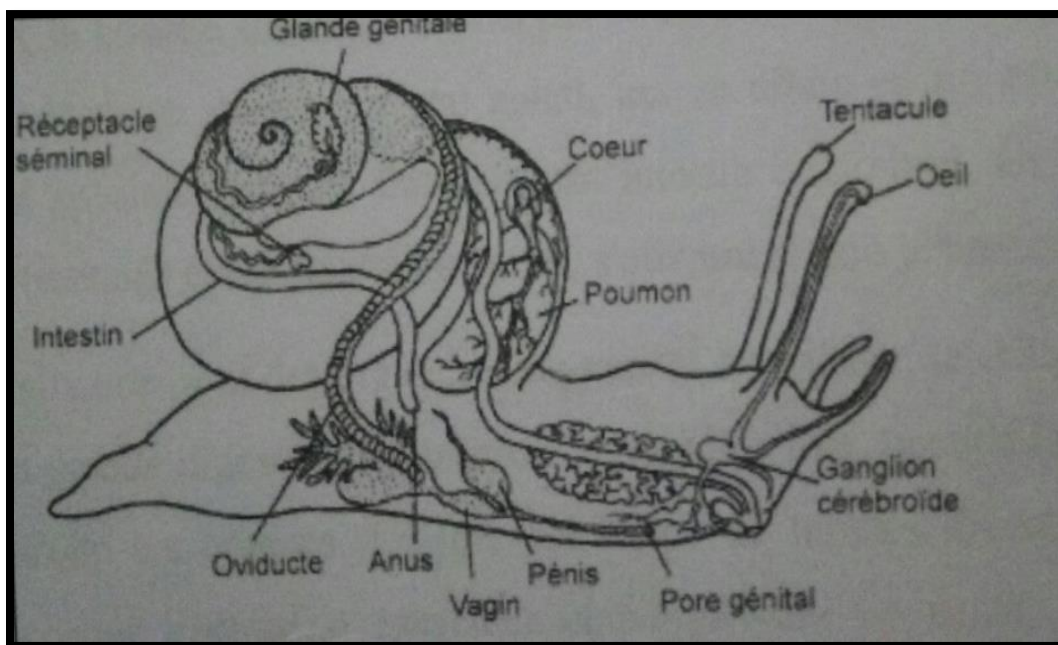
-couche externe appelé : le périostracum, Une couche organique insoluble externe (**Marin, 2009**)

-couche moyenne appelé : l'ostracum, L'ostracum est sécrété par le bord libre du manteau, il permet l'accroissement en surface et non en épaisseur de la coquille (**Bellala, 2013**).

-couche interne appelé : l'hypostracum La croissance de l'animal en surface (périostracum, ostracum) et en épaisseur (hypostracum) est discontinue. Cette discontinuité se traduit par l'existence de stries d'accroissement visibles sur la coquille, permettant ainsi de déterminer l'âge et les périodes d'activités de l'animal (**Maissiat et al., 1990**).

### I.1. 3.2. Anatomie interne de l'escargot :

L'anatomie interne des gastéropodes (*Helix aspersa*), montre une dissymétrie tout à fait remarquable qui résulte des modifications que subit la masse viscérale au cours de développement. Ces modifications résultent d'une flexion, d'un enroulement et d'une torsion qui affectent la région dorsale des embryons (**Boué et Chanton, 1971**)



**Figure 17 :** Anatomie interne d'un escargot (**Amroun, 2006 in Skendraoui, 2015**).

En raison de la torsion à 180° du corps de l'escargot, le tube digestif forme une boucle ramenant l'anus vers l'avant. La bouche se prolonge par un bulbe buccal à l'intérieur duquel se trouve une langue musculaire recouverte d'une lame cornée : la radula, son rôle est de broyer les aliments. Dans la partie postérieure du bulbe buccal on trouve deux glandes salivaires. Ce bulbe se prolonge par un œsophage qui se renfle en un estomac, lui-même prolongé par un intestin formant une double circonvolution autour de l'hépatopancréas et aboutissant à l'anus (**Sandrine et al., 2003**).

➤ Système nerveux :

Le système nerveux de l'escargot est composé de deux parties : Système stomo-gastrique ou sympathique et Système nerveux central qui comprend les ganglions cérébroïdes, les ganglions pédiés et le système viscéral (**Michel rousslet., 1979**).

➤ Appareils circulatoire et respiratoire :

La respiration de l'escargot est pulmonaire, le poumon est formé par la cavité palléale, espace entre le manteau qui recouvre l'intérieur de la coquille et la masse viscérale (**Figure 05**). Il s'ouvre à l'extérieur par l'orifice respiratoire dont on peut observer les mouvements rythmiques d'ouverture et de fermeture (**Gomot de vaufleur., 1998**).

Par contre selon **Michel rousslet, (1979)** l'appareil circulatoire est constitué par le cœur, emballé dans un péricarde, formé d'une oreillette piriforme antérieure et d'un ventricule allongé postérieur à partir duquel deux aortes prennent naissance L'une antérieure irriguant le pied et la région céphalique Alors que l'autre postérieure allant au tortillon.

Ainsi, à partir des deux aortes divergent des artères qui irriguent les différents organes, enfin un système de sinus veineux et veines ramène le sang au cœur.

➤ Appareil excréteur :

Le rein unique, appelé aussi organe de Bojanus, de couleur gris-jaunâtre est situé entre le cœur et le rectum, de forme triangulaire, il est formé de deux parties, l'une proprement excrétrice, l'autre étant une vessie d'accumulation d'où part un fin canal urinaire aboutissant à l'orifice excréteur situé entre l'anus et le pneumostome (**Popple et Tribune, 2002**)

➤ 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 situés à l'extrémité postérieure de l'hépatopancréas.

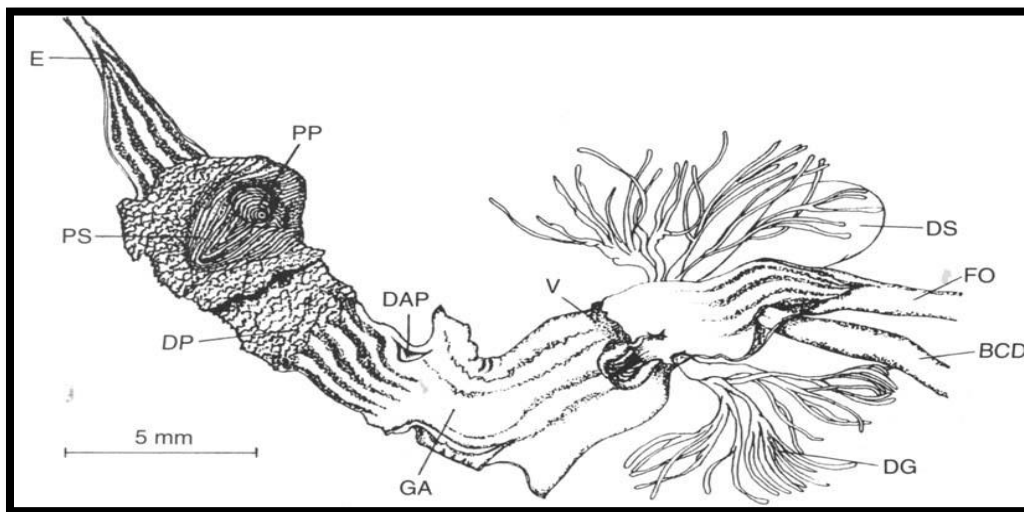
-un canal hermaphrodite servant l'évacuation des gamètes.

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

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

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

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



**Figure 18** : Partie distale de l'appareil génital *d'Helix aspersa* ouverte pour montrer la morphologie interne du complexe pénien et vagin. BCD : canal de la bourse copulatrice ; DAP : appendice distal du pénis ; DG : glandes digitales ; DP : pénis distal ; OS : fléchette sac ; GA : oreillette génitale ; E : epiphallus ; FO : oviducte libre ; PP : papille pénienne ; PS : gaine pénienne ; V : vagin (**L. Madec et Guiller,1993**)

#### **I.1.4. Déplacement :**

Le pied d'*Helix aspersa*, est un organe qui soutient le corps et permet à l'escargot de progresser par reptation. Sa partie inférieure contient des glandes qui secrètent le mucus de façon continue, créant ainsi une trace évidente brillante derrière lui ; Différents types de mucus sont, cependant, sécrétés par ses glandes muqueuses. Il faut noter que ce produit synthétisé contient plusieurs composés qui lui permettent d'avancer facilement soit par glissement sur les obstacles ou bien par fixation même verticalement sur des parois mais en plus il est utilisé par la pharmacologie, la cosmétique et pour certains compléments alimentaires et pour soigner les maladies de la prostate (Toja., 2011).

#### **I.1.5. Activité saisonnière :**

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

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

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

#### **I.1.6. Hibernation :**

Durant l'hibernation le métabolisme de l'animale diminue, donc c'est l'état de vie au ralenti. Dans ce cas l'escargot forme un voile muqueux ou épiphragme afin de couvrir l'ouverture de poids frais de l'escargot, Durant la saison froide, le rythme cardiaque s'affaiblit et le rythme respiratoire régresse. La croissance cesse pendant l'hibernation (Bouchene, 2015). L'hibernation est constante en durée et en période dans une région donnée indépendamment des variations thermo hydrométriques (Bailey,1981).

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

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

### **I.1.7. Estivation :**

Les conditions climatiques seront défavorables un modèle théorique du rythme d'activité nyctéméral de l'escargot en conditions de photopériode "jour long " :

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

Durant l'hibernation le métabolisme de l'animale diminue, donc c'est l'état de vie au ralenti. Dans ce cas l'escargot forme un voile muqueux ou épiphragme afin de couvrir l'ouverture de poids frais de l'escargot, L'animal se présente complètement rétracter à l'intérieur de sa coquille (operculé), dont l'ouverture est fermée par l'intermédiaire des matières muqueuses et calcaires, secrétée par le mollusque lui-même. Durant l'estivation, la respiration et les mouvements cardiaques sont normaux, mais il y a diminution rapide des réserves d'eaux et des réserves énergétiques (**Skendraoui ; 2015**).

### **I.1.8. Reproduction et le ponte :**

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 où Femelle (**Zaafour, 2014**). L'accouplement est cependant nécessaire pour la fécondation, Une seule gonade produit les spermatozoïdes et les ovules qui atteignent l'orifice génital par des conduits séparés. Le processus de l'accouplement est complexe, il peut avoir lieu plusieurs fois avant la ponte. Les 2 escargots se positionnent têtebêche pour échanger leurs spermatozoïdes. Le temps d'accouplement est variable et peut durer plus de 12heures. Pour pondre, l'escargot creuse avec sa tête une cavité de 2-4 cm de profondeur dans le sol, et y dépose une ponte constituée en moyenne d'une centaine d'œufs. La ponte peut durer jusqu'à 36 heures. A une température de 18-20°C, les œufs vont se développer en 12 à 15 jours avant d'éclore. Ensuite les jeunes éclos remontent ensuite en surface, ce qui prend à 5 jours supplémentaires (**Lecalve.,1989**).





**Figure 19** : Reproduction chez *Cornu aspersum*. Haut : *petit-gris* adultes en accouplement. Le repli de la coquille (« bordaison ») est bien visible sur les deux individus. (**Ian Dunster, via Wikimedia Commons**). Bas, à gauche : petit gris transpercé par un dard pendant un accouplement. (**Ronald Chase, via Scholarpedia (Chase 2007)**). Bas, à droite : ponte chez *Cornu aspersum* (**Ronald Chase, via Scholarpedia (Chase 2007)**).

### **I.1.9. La Croissance :**

En milieu naturel, la durée de vie de l'escargot est environ un à quatre ans et sa croissance dure d'un à deux ans. Cette dernière correspond à une prise de poids qui peut atteindre quatorze (14) grammes dans des conditions favorables et contrôlées (20 C°, 80 à 90 % de l'humidité, et photopériode jusqu' à 18h de lumière par 24 h) et la coquille croit en longueur et en épaisseur (**gomot de vaufleury et bispo ; 2000**).

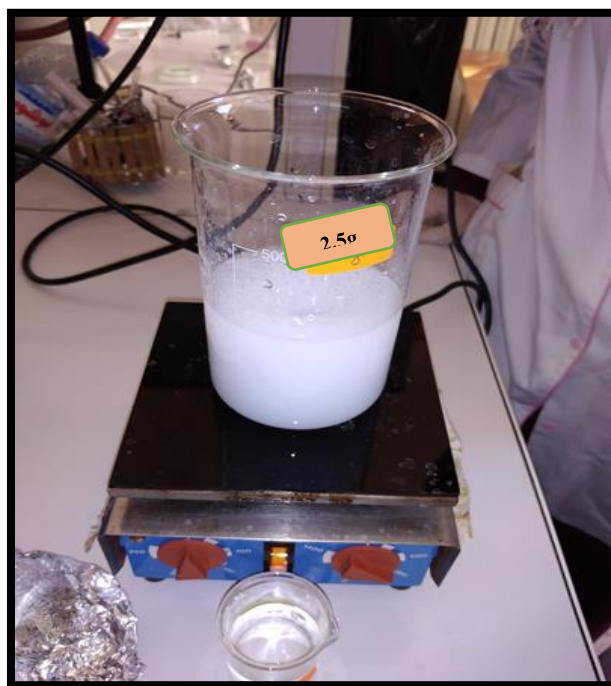
### **I.2. Matériel chimique :**

Il s'agit d'une nanoparticule à base trichlorure d'antimoine ( $SbCl_3$ ), utilisé dans cette expérimentation une préparation commerciale avec des concentrations soit 2,5g/l sous forme

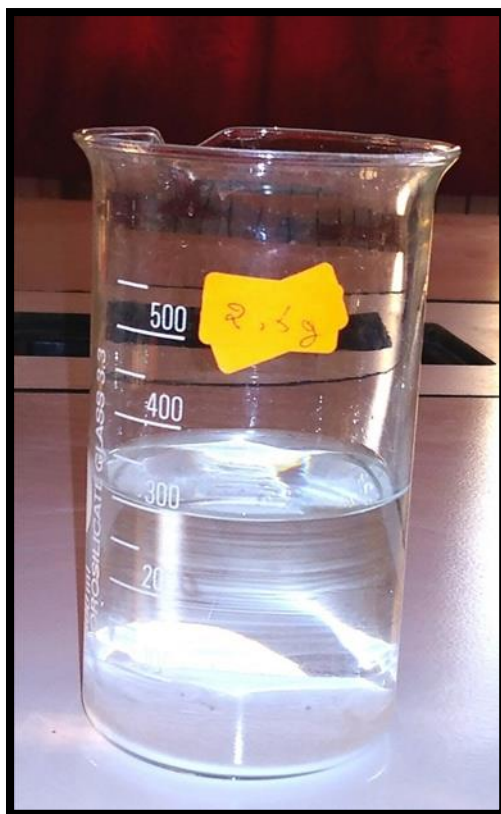
solides et il est décomposé lentement en solution liquide par l'eau distillée,  $\text{SbCl}_3$  largement utilisé comme catalyseur a fait l'objet d'une attention particulière synthèse organique, car elle est bon en marché et facile à manipulé (Seide Ali Pourmousavia,2017).



**Figure 20** :  $\text{SbCl}_3$  sous forme solide



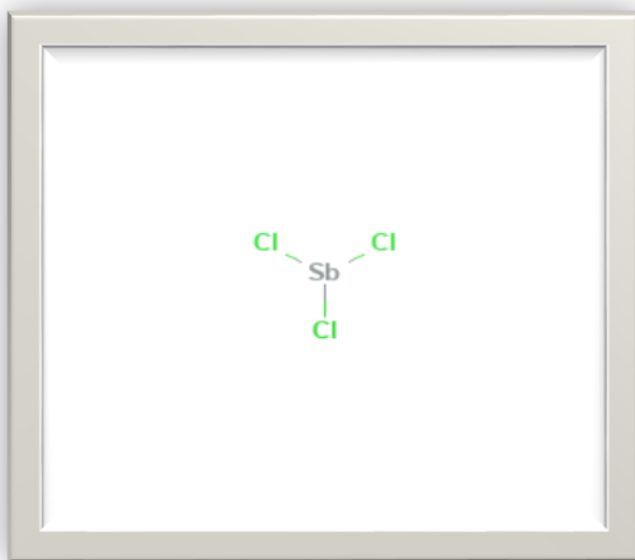
**Figure 21** :  $\text{SbCl}_3$  sous forme liquide pendant l'agitation



**Figure 22** : SbCl<sub>3</sub> sous forme liquide après l'agitation

### **I.2.1. Propriétés physicochimiques de SbCl<sub>3</sub> :**

Le trichlorure d'antimoine est un sel de chlorure inorganique de formule SbCl<sub>3</sub>, Est un solide cristallin incolore. Il est expédié sous forme de solution solide ou liquide, Il est décomposé lentement par l'eau en acide chlorhydrique et oxychlorure d'antimoine, L'oxychlorure d'antimoine est soluble dans l'acide chlorhydrique mais insoluble dans l'eau, Il est corrosif pour les métaux et les tissus.



**Figure 23** : Représentation de la structure chimique (SbCl<sub>3</sub>)

(<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

**Tableau 02** : propriétés physicochimiques de trichlorure d'antimoine (**Handbook of Hazardous chemical properties**).

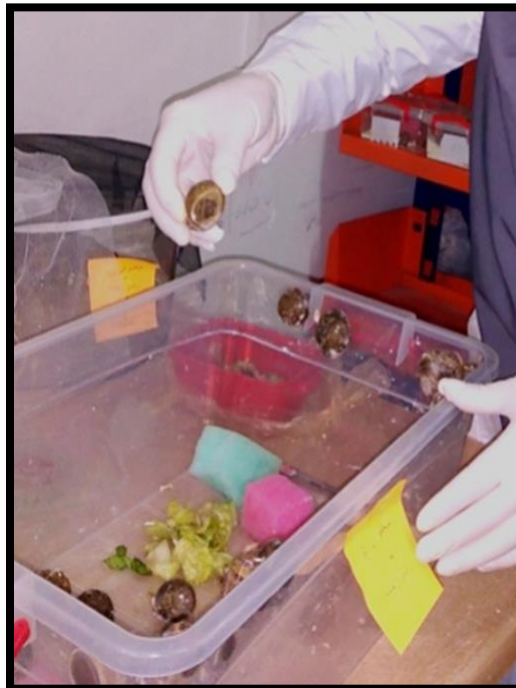
Nom de la propriété	Valeur de la propriété
État physique	à 15 ° C et 1 atm. (solide)
pooids moléculaire	228.11 g/mol
Point d'ébullition à 1 atm	433.223.496
Point de congélation	163,73,346
Température critique	non pertinent
pression critique	sans objet
gravité spécifique	3,14 à 20 ° C (solide)
Densité vapeur (gaz)	Sans objet

Rapport des chaleurs spécifiques de vapeur (gaz)	Sans objet
Chaleur latente de vaporisation	Sans objet
Chaleur de combustion	Sans objet
Chaleur de décomposition	Sans objet

## II. Méthodes:

### II.1. Conditions d'élevage:

Gastéropodes terrestres *Helix aspersa* ont été collectés dans la région de Tébessa (est de l'Algérie) et maintenus en laboratoire dans des conditions environnementales optimales (photopériode 18h lumière / 24h, température ( $20 \pm 2$  ° C), humidité 80 à 95%) (Coeurdassier et al., 2001). Les escargots ont été acclimatés aux conditions de laboratoire pendant **21 jours** avant d'être exposés à des nanoparticules SbCl<sub>3</sub>. (Lyes Khene ,2017). 16 escargots sont Distribués dans des boîtes de plastique transparent, perforées par le haut afin de fournir de l'air à l'escargot et une éponge saturée d'eau pour apporter de l'humidité, L'alimentation est des feuilles de laitue fournie dans des boîtes plastiques, les boîtes sont nettoyées régulièrement tous les deux jours.



**Figure 24** : Elevage d'*Helix aspersa* dans laboratoire

## II.2. Traitement des escargots :

Les escargots sélectionnés ont été divisés en 02 lots à 08 escargots / lot dans des boîtes en plastique, Ils sont exposés à des nanoparticules préalablement préparées à partir de la matière active de trichlorure d'antimoine ( $\text{SbCl}_3$ ) diluée dans **1 L** d'eau distillée à une concentration de **(2.5 g/l)**, et un milieu témoin Pendant 28 jours. Ainsi, pour chaque traitement il est choisi six **(04)** animaux, cependant les deux temps de traitement retenus sont après **14jours et 28 jours**.

Tout en appliquant le traitement, nous nettoyons les boîtes et remplaçons l'éponge par une autre propre et humide, puis mettons une quantité de traitement dans une petite boîte en plastique transparente et y trempons une quantité de feuilles de laitue afin de les mettre comme nourriture pour les spirales et ce processus se poursuit tous les deux jours pendant une période estimée à **28jours**.





**Figure 25** : Mode de traitement des escargots



### II.3. Préparation et sacrifice des animaux :

Après une période de traitement de **14 et 28 jours**, les escargots sont à jeun pendant 48 heures afin que le contenu de la digestion soit complètement rejeté pour éviter une éventuelle interférence entre les contaminants dans les aliments ingérés et les quantités déjà accumulées dans les tissus. Les boîtes avec lesquelles ils jeûnent sont lavées avec de l'eau artificielle pour éviter la ré-ingestion de matières fécales. Ensuite, les animaux sont sacrifiés aux points de temps suivants : **14 jours, 28 jours** par congélation à  $-20^{\circ}\text{C}$  puis disséqués. L'hépatopancréas et les reins sont retirés, lavés avec de l'eau physiologique. (coeuradassier.M.,2001).





**Figure 26 :** Dissection et prélèvement des organes (l'hépatopancreas et les reins)

#### **II.4. Paramètres étudiés:**

- Le poids frais de l'escargot (tissu mou + coquille)
- Le poids frais de l'hépatopancreas et les reins

#### **II.5. Effets comportementaux :**

Pendant le changement de nourriture, les effets sont observés, et donc l'activité de l'escargot est mentionnée comme suit: surveillance de l'activité des escargots et interaction avec le traitement, et l'activité qui a été observée est de la mousse blanche( stress oxydatif) par les escargots, ce qui représente un état d'acceptation et la capacité d'interagir avec la stimulation et il convient de noter que les résultats sont exprimés sous forme de notes pendant le traitement (**14jours 28 jours**).



**Figure 27** : stress oxydatif des escargots

## **II.6. Paramètres physiologies :**

### **II.6.1. Le poids frais de l'escargot :**

Après avoir congelé des escargots, nous pesons individuellement l'escargot frais avant la dissection et nous le divisons en deux périodes : **14jours, 28jours**. La variation de poids est contrôlée avant la dissection à l'aide d'un équilibre fin, puis les organes du l'hépatopancréas et de la rein, Après avoir mesuré tous les organes, divisons en quatre morceaux et placés dans le Tube Eppendorf et ainsi nous accélérons ce processus afin de protéger les organes De la corruption et de le mettre au réfrigérateur, les opérations de poids sont toujours effectuées avant de nettoyer la salle d'essai, car le nouveau poids de la croûte et des tissus mous et le nouveau poids de la glande digestive ne peuvent être mis en œuvre qu'après avoir sacrifié les animaux à la fin de chaque période de traitement en utilisant une balance de précision (**Coeurdassier,2001**).

## **II.7. le rapport hépato-somatique et rapport réno-somatique :**

### **II.7.1. Mesure du rapport hépato-somatique (R.H.S) et du rapport réno-somatique (R.R.S)**

Chez les escargots, le rapport hépato-somatique et reno-somatique représentent un moyen simple et rapide de mesure des interactions des individus avec leur environnement ,Selon **Bougis (1952)**, le RS est égal à cent fois le poids de l'organe sur le poids total de l'escargot.

$$\text{RHS} = \text{poids de l'hépatopancreas} \times 100 / \text{poids total}$$

$$\text{RRS} = \text{poids du rein} \times 100 / \text{poids total}$$

### **II.7.2. Analyse statistique**

Les résultats obtenus sont exprimés par la moyenne plus ou moins l'écart-type ( $m \pm s$ ). Deux tests statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel Minitab (**Weisberg, 1985**), qui sont le test "t" de Student et l'analyse de la variance à deux critères de classification.

*CHAPITRE III*  
*RESULTAS*

### III. Résultats :

#### III.1. Les effets comportementaux

##### III.1.1. Estimation du taux d'alimentation

Le taux des laitues consommée par les escargots n'a pas été mesuré car nous avons constaté que les feuilles de laitue trempées dans les nanoparticules trichlorure d'antimoine « SbCl<sub>3</sub> » perdaient rapidement leur fraîcheur par rapport à celle des escargots témoins (trempées dans l'eau distillée), ainsi il était impossible de quantifier le taux de feuilles consommées avec précision, et il était donc impossible d'estimer le taux d'alimentation.

##### III.1.2. Effets sur le comportement

Les escargots exposés au trichlorure d'antimoine ont montré une série des symptômes. Le premier symptôme est la perte de la chémoréception, de sorte que les escargots traités ne sont plus attirés par la nourriture dès la troisième semaine de traitement.

Les escargots traités ont tendance à être moins actifs, dès la troisième semaine de traitement et sont préférentiellement en position haute sur le couvercle comparés aux escargots témoins. Tous les escargots fuient la nourriture, se positionnent au sommet des boîtes, et n'ont pratiquement pas d'activité locomotrice, dès la troisième semaine de traitement.

#### III.2. Effets sur les paramètres morphométriques

##### III.2.1. La mortalité

Durant l'expérience, la mortalité était égale à zéro.

**Tableau 03 :** Mortalité des escargots adultes durant les quatre semaines de traitement par le trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) (2,5g/l).

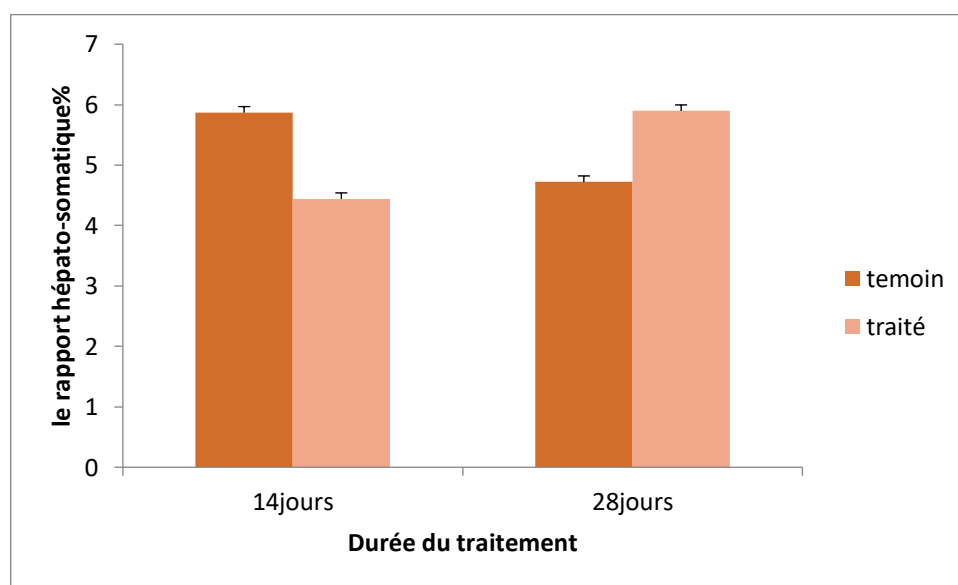
<b>Temps Groupe</b>	<b>03 J</b>	<b>1ère semaine</b>	<b>2ème semaine</b>	<b>3ème semaine</b>	<b>4ème semaine</b>
Témoin	00	00	00	00	00
Traité à la dose de 2,5g/l	00	00	00	00	00

### III.3. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur le rapport hépato-somatique

Chez les escargots exposés à 2,5g/l de trichlorure d'antimoine nous notons une diminution significative du rapport hépato-somatique après 14 jours de traitement: (  $p = 0,04$  à 14j).

**Tableau 04** : effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport hépato-somatique (R.H.S) (%) chez des escargots terrestres *Helix aspersa* ( $m \pm s$ , n=4) (\* Différence significative ( $p < 0.05$ ), entre les séries témoins et traitées)

Durée de traitement	Témoin	Traité (2.5g/l)
<b>14jours</b>	5.868 $\pm$ 1.090	4.439 $\pm$ 0.576 *
<b>28 jours</b>	4.720 $\pm$ 0.720	5.895 $\pm$ 0.906 NS



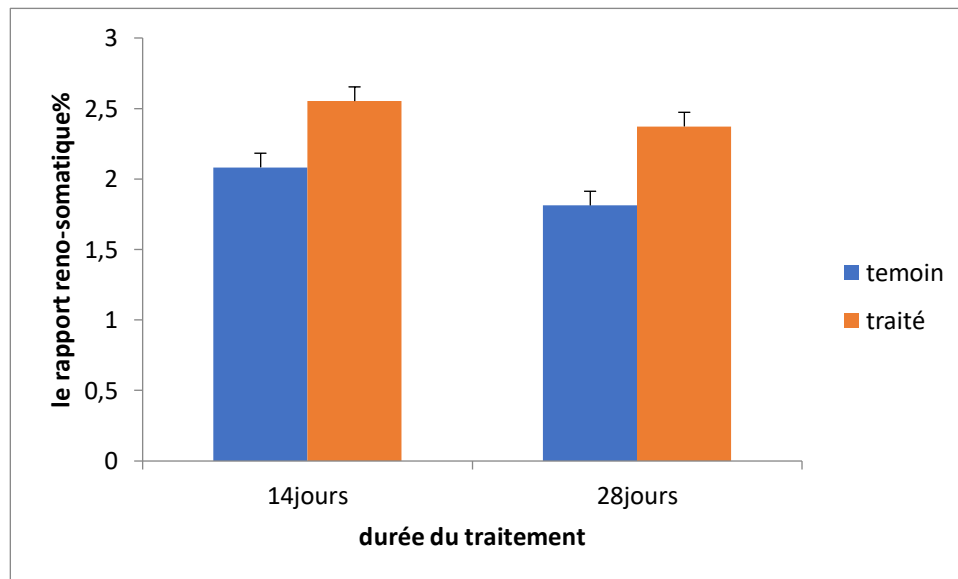
**Figure 28** : effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport hépato-somatique (R.H.S) (%) chez des escargots terrestres *Helix aspersa* ( $m \pm s$ , n=4)

### III.4. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur le rapport réno-somatique :

Les effets de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) (2.5g/l) sur le rapport réno-somatique chez *Helix aspersa* durant le traitement ( 14j et 28j) sont présentés par la **figure 29** et le **tableau 5**. La comparaison des moyennes du R.R.S entre le lot témoin et le lot traité montre qu'il n'existe pas une différence significative ( $p > 0.05$ ).

**Tableau 05** : effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport réno-somatique (R.R.S) (%) chez des escargots terrestres *Helix aspersa* ( $m \pm s$ , n=4) (**NS** : Différence non significative ( $p>0.05$ ), entre les séries témoins et traitées)

Durée de traitement	Témoin	Traité
14jours	2.083 ± 0.828	2.553 ± 0.359 NS
28 jours	1.813 ± 0.416	2.373 ± 0.263 NS



**Figure29** : effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) (2.5g/l) sur l'évolution du rapport réno-somatique (R.R.S) (%) chez des escargots terrestres *Helix aspersa* ( $m \pm s$ , n=4)



*CHAPITRE IV*  
*DISCUSSION*

## IV. Discussions :

Cette discussion a pour objectif de faire la synthèse des résultats obtenus en les plaçant dans le contexte plus général de leur utilisation en biosurveillance et en évaluation des risques pour la santé en particulier l'homme, et pour l'environnement.

Les nanoparticules constituent un problème toxicologique émergent indiscutable et il est tout à fait légitime que le législateur s'en préoccupe. C'est aussi un problème complexe, qui peut difficilement être abordé dans le cadre d'une approche générique. Si l'effet toxique n'était lié qu'au paramètre de taille dans la gamme de quelques nanomètres à 100 nm. (**Masse et, Boudène,2012**). Les nanoparticules peuvent se retrouver dans tous les compartiments environnementaux (eau, sol, air). Par conséquent, l'ensemble des espèces de la chaîne alimentaire, peut être exposé aux nanoparticules. il est important d'évaluer le comportement des nanoparticules manufacturées dans les populations d'organismes constituant les premiers maillons de la chaîne alimentaire (**Thomann 1989 ; Angélique, 2008**). Le beurre d'antimoine ou  $SbCl_3$  est un produit et réactif intermédiaire de la chimie de l'antimoine. Il a été utilisé pour simuler l'effet trouble de l'absinthe. Il est aussi utilisé comme catalyseur pour des réactions de polymérisation, de craquage et de chloration ; comme mordant et dans la production d'autres sels d'antimoine. Ses solutions sont utilisées comme réactif chimique pour le chloral, les aromatiques et la vitamine A. Respirer de l'antimoine qui est lié à l'hydrogène dans la phase gazeuse est la principale cause des effets sur la santé. Selon l'équation chimique"  $SbCl_3 + H_2O \rightarrow SbOCl + 2HCl$ ". L'antimoine trichlorure est présent naturellement dans l'environnement, L'antimoine peut être trouvé dans les sols, l'eau et l'air en très petites quantités. Il pollue principalement les sols. Il peut traverser de grandes distances dans les eaux souterraines et rejoindre d'autres régions ou des eaux de surface, mais il y est aussi introduit par l'activité humaine. C'est plus particulièrement les personnes qui travaillent avec de l'antimoine qui peuvent souffrir d'une exposition en respirant ses poussières. Une exposition à des concentrations relativement hautes d'antimoines (9 mg/m<sup>3</sup> d'air) pendant une longue période peut provoquer des irritations aux yeux, à la peau et aux poumons. Aussi des tests en laboratoire sur des rats, des lapins et des cobayes ont montré que des niveaux relativement hauts d'antimoine peuvent tuer les petits animaux. Les rats souffrent de problème aux poumons, au cœur, au foie et aux reins avant de mourir. Les animaux qui respirent des petites concentrations d'antimoine pendant une longue période peuvent souffrir d'irritation aux yeux, de perte de poils, et de dommages aux poumons. Les chiens peuvent souffrir de problèmes au cœur même quand ils sont

exposés à des niveaux faibles d'antimoine. Les animaux respirant des niveaux faibles d'antimoine pendant plusieurs mois peuvent rencontrer des problèmes de fertilité (**David R,2009**).

Le stress oxydatif est l'un des principaux mécanismes de toxicité associés à une panoplie de xénobiotiques dans l'environnement, parmi lesquels, on retrouve les pesticides et les produits phytosanitaires (**Lauvverys et al., 2007 ; Lukaszewicz, 2008 ; Michael et al.,2016**) ; Le stress oxydant correspond à l'ensemble des effets néfastes liés aux formes actives de l'oxygène (FAO). Les FAO dérivent de l'oxygène moléculaire (O<sub>2</sub>) par réduction électronique univalente (radical superoxyde O<sub>2</sub><sup>-</sup>) divalente (peroxyde d'hydrogène H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ou trivalente (radical hydroxyde OH<sup>-</sup>). Certains métaux peuvent également induire la formation de FAO en cassant la liaison O-O de la molécule de peroxyde d'hydrogène].

Les menaces environnementales peuvent représenter un risque pour la santé de l'homme à travers l'apparition et/ou la recrudescence de pathologies diverses, en particulier les maladies infectieuses et respiratoires, les malformations congénitales et les maladies cancéreuses. Il est donc nécessaire de disposer d'indicateurs de perturbation de l'environnement, à partir d'organismes ou ensemble d'organismes (**Grara, et al,2012**). L'utilisation de l'escargot *Helix aspersa*, comme modèle d'étude de la toxicité des nanoparticules trouve un premier argument (**valérie 2009 ; Scheifler ,2002**) ;

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'impact des nanoparticules métalliques à base SbCl<sub>3</sub> et leurs effets sur un organisme bioaccumulateur et bioindicateur de pollution de l'environnement et un indicateur d'état sanitaire *Helix aspersa*; Nous avons également étudié la contribution d'une méthode d'exposition représentative de l'environnement aux escargots pour déterminer l'effet d'une concentration subchronique de Trichlorure d'antimoine ( SbCl<sub>3</sub> : 2.5g/l) sur des paramètres morfo-physiologiques des escargots adultes *Helix aspersa* en fonction du temps (14 et 28 jours).

#### **IV.1. Les effets comportementaux :**

##### **IV.1.1. Effets sur le comportement :**

Dans notre travail, les effets comportementaux significatifs sont observés à la concentration testée pendant les quatre semaines de traitement par la Np trichlorure d'antimoine. Cet effet est quantifié et associé à un comportement relatif aux déplacements d'escargots : le

Trichlorure d'antimoine provoque une inactivité marquée des escargots, surtout pendant la troisième semaine d'exposition, où on a observé que les escargots traités ont tendance à être moins actifs, ils ne sont plus attirés par la nourriture dès la troisième semaine de traitement, c'est la perte de la chémoréception. Selon (**Petersen et Gjelstrup, 1998**) les implications potentielles de tels effets sont multiples, les Nps métalliques peuvent entraîner une incapacité des animaux à fuir en augmentant la dose ou la durée d'exposition. Notre résultat montre que les escargots traités sont préférentiellement en position haute sur le couvercle comparés aux escargots témoins. Parce qu'ils fuient la nourriture, se positionnent au sommet des boîtes, et n'ont pratiquement pas d'activité locomotrice, dès la troisième semaine de traitement. En accord avec nos résultats (**Courdassier, 2001**) a observé que les escargots ont un comportement de refuge en position haute, il a suggéré que les nanoparticules métalliques peuvent inciter les escargots de rechercher des conditions moins thermophiles en hauteur qui leur permettraient également d'éviter les prédateurs du sol (Nps). Ces effets étaient démontrés chez les escargots du genre *Helix* après ingestion d'un aliment contaminé par un métal (**Laskowski et Hopkin 1996 ; Gomot de Vaufleury 2000 ; Swaileh et Ezzughayyar, 2000**). Ainsi, les escargots présentent donc une gamme des réponses biologiques avec des paramètres qui constituent des Paramètres auxiliaires et précieux dans le diagnostic de la pollution (**El Gendy et al. 2011**). En définitive, nos expériences montrent que les escargots répondent bien aux critères des bioindicateurs rappelés par **Hopkin (1993)** pour participer à la biosurveillance (biomonitoring).

## **IV.2. Effets sur les paramètres morphométriques :**

### **IV.2.1. La mortalité :**

Les résultats concernant les effets des Nps métalliques sur la mortalité des escargots apportent des données originales sur la toxicité de ces molécules sur les gastéropodes terrestres exposés pendant plusieurs semaines (**Coeurdassier et al., 2002**).

Nos résultats révèlent que le traitement des escargots par le trichlorure d'antimoine n'a aucun effet sur le taux de mortalité. Des résultats similaires ont été observés par Marigomez *et al.*, (1986) chez *Arion ater* après ingestion d'aliment contaminés par 1000 µg/g de Zn ou Cu. Ainsi le traitement de gastéropodes par de faibles doses de cuivre et de plomb n'a aucun effet sur la mortalité (**Amusan et al., 2002**).

Mais à l'opposé, **(El Gendy et al., 2011)** ont mis en évidence qu'à des doses élevées, le pourcentage cumulatif de mortalité est prononcé (73.3%) chez *Theba pisana* traité par des concentrations croissantes de Zn et Cu durant 5 semaines. selon **(Grara et al, 2017)**, le pourcentage cumulatif de mortalité des escargots exposés aux concentrations croissantes aux Nps ZnO est dose dépendante. De plus, les travaux de **(Swaileh, 2000)** révèlent que le pourcentage cumulatif de mortalité chez *H. engaddensis* adultes est de 1.7 % et de 50% respectivement après traitement par le Cu et Zn par voie digestive . Ainsi que les travaux de **(El Gendy et al., 2011)** qui ont montrés que le pourcentage cumulatif de mortalité est de 13.3% après traitement de gastéropode *Theba pisana* par le plomb. D'autre part, **Laskowski et Hopkin (1996)** ont étudié les effets des métaux (Zn, Cu, Pb et Cd) chez l'escargot *H. aspersa*. Le taux de mortalité était seulement de 6,7% pour les juvéniles et de 1,9% pour les adultes pendant 4 mois de l'expérience. Ils ont constaté qu'il n'y a pas un rapport entre la mortalité des juvéniles ou des adultes et les concentrations de chaque métal ou bien des combinaisons des métaux. Les doses de  $Cl_3Sb$  ne sont pas mortelles peut être puisqu'elles sont très faibles ou la durée de traitement est courte.

#### **IV.3. Effet de trichlorure d'antimoine ( $SbCl_3$ ) sur le rapport hépto-somatique :**

Les modifications du rapport hépto-somatique (RHS) au cours du temps, permettent de suivre les cycles hépatiques et précisent le rôle du foie au cours de la croissance (Stequert., 1971). Dans notre travail nous avons noté une perturbation du poids de l'hépatopancréas en comparaison avec les témoins à cause de la présence des nanoparticules, en forme de diminution significative du rapport hépto-somatique après 14 j, aucun effet n'a été observé après 28 j, et cela s'explique par deux possibilités : la première est que l'escargot a eu un processus de stockage des particules d'antimoine chloré, et l'autre possibilité est que l'escargot s'adapte aux conditions dans lesquelles sa nourriture contient la substance. Les mollusques gastéropodes sont connus par leur grande capacité d'accumulation des polluants, cette propriété a été mise à profit pour utiliser les escargots comme bioindicateur de pollution de l'environnement **(Beeby et Richmond, 2002 ; Viard et al. 2004)**. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Marigomez et al, (1998)** ont montré une réduction de 50% du poids de la glande digestive des lingots en présence des nanoparticules **( $Fe_2O_3$ , de  $SiO_2$  et des mixtures)**. Ainsi qu'avec ceux de **(Bendahmane et al ,2013)** qui ont mis en évidence une diminution dose-dépendante du poids d'hépatopancréas chez les escargots *Helix aspersa* traités par les nanoparticules : ZnO,  $Fe_2O_3$ , d' $Al_2O_3$ . Mais en opposé La valeur du RHS

est particulièrement élevée chez *Centrina vulpecula* : 22 environ, et la teneur en huile du foie peut atteindre 92 % d'après les observations de **Marcelet (1944)**.

D'autre part, **Gomot-de Vaufleury et Kerhoas, (2000)** ont trouvé qu'à l'échelle de l'organe, des concentrations de 200 µg Cd. provoquent une inhibition importante du développement du tractus génital chez *Helix aspersa*. Même chez les mammifères, la présence de métaux serait à l'origine d'une diminution du poids des organes mous (foie) notamment chez le lapin (**Tadjine ,2007**). **Chouahda et al. (2009)** ont signalé une augmentation du rapport hépatosomatique chez des poissons femelles adulte de *Gambusia affinis* après l'administration de (5µg/L et 2,5µg/L) de cadmium.

#### **IV.4. Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur le rapport réno-somatique :**

Afin de mieux étayer nos résultats, nous avons choisi de suivre l'évolution d'autre organe, à savoir, le rein, notre résultat montre que le traitement des escargots par 2.5 g/l de SbCl<sub>3</sub> n'a aucun effet sur le rapport réno-somatique , ceci peut être explique par l'absence d'effet de trichlorure d'antimoine sur les reins, et on peut dire que la concentration utilisée des nanoparticules est inefficace, c'est-à-dire que la quantité doit être augmentée ,Ces résultats sont en opposé avec ceux de (**Grara et al., 2012 a**) qui ont mis en évidence une diminution du poids d'organe (rein) en présence des poussières métalliques. D'autre part, **Gomot-de Vaufleury et Kerhoas, (2000)** ont trouvé qu'à l'échelle de l'organe, des concentrations de 200 µg Cd provoquent une inhibition importante du développement du tractus génital chez *Helix aspersa*. Chez les mammifères, la présence de métaux serait à l'origine d'une diminution du poids des reins notamment chez le lapin (**Tadjine ,2007**). Les travaux de (**Bendokhane et al ,2013**) ont montré que le poids des reins tend à diminuer d'une manière dose-dépendante chez les escargots *Helix aspersa* traités par l'oxyde de Zinc, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

# *CONCLUSION*

# Conclusion

Le développement des nanomatériaux et leur emploi à l'échelle industrielle sont en plein essor depuis une dizaine d'années. En effet, les propriétés physico-chimiques de ces matériaux permettent leur utilisation pour des applications variées, allant de la fabrication de produits alimentaires ou cosmétiques, au développement d'outils pour l'électronique ou encore les sciences biomédicales. Parmi ces matériaux, les nanoparticules de métaux suscitent de plus en plus d'intérêt. Cependant, l'utilisation croissante de ce type de matériaux soulève aujourd'hui des questions de santé publique. En effet, les interactions des nanoparticules avec les systèmes biologiques, et leur toxicité potentielle, sont à l'heure actuelle mal connues. Le risque sanitaire associé reste de ce fait difficile à évaluer. De plus, l'utilisation industrielle de nanoparticules entraîne également la production de déchets dont la libération dans l'environnement pourrait s'avérer difficile à contrôler, et dont les conséquences sont pour l'instant mal connues.

Notre travail a été réalisé dans le contexte général de l'étude des effets de la contamination chimique sur les écosystèmes terrestres. Nous avons fait le choix de trichlorure d'antimoine, une nanoparticule inorganique, comme contaminant chimique et un gastéropode pulmoné *Helix aspersa*, comme indicateur vital de nombreux polluants, largement diffusés dans les systèmes terrestres. Cette étude a été réalisée en vue d'évaluer l'effet de cette nanoparticule sur les indices métriques (RHS et RRS), sur le taux de mortalité et sur le comportement des escargots.

Les résultats obtenus montrent que la dose testée de  $\text{SbCl}_3$  n'a aucun effet sur le taux de mortalité des escargots et sur le RRS mais elle provoque une diminution significative du RHS après 14 jours de traitement. L'absence de différence significative entre les lots traités et le lot témoin ne constitue pas un critère suffisant pour conclure à l'absence d'effet toxique de ce polluant. En perspectives, notre travail sera poursuivi par des nouvelles voies d'approche (dosage biochimique (GSH, GST, CAT, MET, GPX, LDH, SOD...etc.), embryologie, génétique...) qui pourrait peut-être élucider la toxicité de trichlorure d'antimoine.



*REFERENCE*  
*BIBLIOGRAPHIQUE*

## Références Bibliographiques :

### A

- **Angélique S.D. 2008.** Effets biologiques des nanoparticules manufacturée influence de leur caractéristique. 5-18.
- **Amusan, AAS., Anyaele OO., Lasisi AA., 2002.** Effect of copper and lead on growth, feeding and mortality of terrestrial gastropod *Limicolaria flammea* (Muller, 1774). *Afr J Biomed Res* 5 :47–50.
- **Astefanei, A., Nu´nˆez, O., Galceran, M.T., 2015.** Characterisation and determination of fullerenes: à critical review. *Anal. Chim. Acta* 882,1–21
- **Ali, S., Khan, I., Khan, S.A., Sohail, M., Ahmed, R., Rehman, A., Ur Ansari, M.S., Morsy, M.A., 2017.** Electrocatalytic performance of Ni@Pt core–shell nanoparticles supported on carbon nanotubes for methanol oxidation reaction. *J. Electroanal. Chem.* 795, 17–25.
- **Ali, A., Zafar, H., Zia, M., Ul Haq, I., Phull, A.R., Ali, J.S., Hussain, A., 2016.** Synthesis, characterization, applications, and challenges of iron oxide nanoparticles. *Nanotechnol. Sci. Appl.* 9, 49–67
- **Avasare, V., Zhang, Z., Avasare, D., Khan, I., Qurashi, A., 2015.** Room-temperature synthesis of TiO<sub>2</sub> nanospheres and their solar driven photoelectrochemical hydrogen production. *Int. J. Energy Res.* 39, 1714–1719
- **Amroun M. 2006.** Zoologie des invertébrés 1-des protozoaires aux Echinodermes  
UMMTO, 98p.
- **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.
- **AFSSET. 2006.** Les nanomatériaux : effets sur la santé de l’homme et sur l’environnement. Agence française de sécurité sanitaire de l’environnement et du travail. Juillet 2006.Paris. 248p.

## B

- **Bahadar, H., Maqbool, F., Niaz, K., Abdollahi, M., 2016.** Toxicity of nanoparticles and an overview of current experimental models. *Iran. Biomed. J.* 20, 1–11.
- **Bonnet, J.C., Vrillon, J.L.1990.**L'escargot *Helix aspersa* biologie-élevage. Edition INRA.14-15
- **Bellala.** 2013. Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes au niveau de trois stations De la wilaya de Tizi-Ouzou (Juin 2012-Mai 2013).
- **Boué H. et Chanton R. 1971.** Biologie Animale Zoologie I. Invertébrés. ED Doin, Paris, 542p.
- **Bailley S.E.R.1981.**Circannual and circadian rhythms in the snail *Helix aspersa* Müller and the photoperiodic control of annual activity and reproduction. *J. Comp. Physiol.*142. p.89-94.
- **Bougies, P ; 1952.**Recherches biométrique sur les rougets (*Mul-lus barbatus*, *Mul-lus surmelutus*). *Arch.Zool. Exp.Gén* ;89 :57-174
- **Bouchene. K. 2015.** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes au niveau de la Région de Tizi-Ouzou (Ait Bouaddou, Bounouh et M'douha).
- **BENDOKHANE. W. GOUNACHE S -MEZRICHE S.2013.** Evaluation de la toxicité de certaines nanoparticules métalliques (ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sur un animal bioindicateur de pollution (*Helix aspersa*). These de Master.p68, p71.
- **Berger B. & Dallinger R., 1993.** Terrestrial snails as quantitative indicators of Environmental pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25 : 65-84.
- **Beeby A. 1985.** The role of *Helix aspersa* as a major herbivore in the transfer of lead through a polluted ecosystem. *Journal of Applied Ecology*. 22. 267-275.
- **Barker G.M. 2001.**The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International. Oxon . Wallingford.UK.567 pages

## • C

- **CHAMARD, Valentine.2013.** Les nanomédicaments, alliés de la médecine de demain ?

- **Caillard, L. ; Seitz, O. ; Campbell, P. ; Doherty, R. ; Lamic-Humblot, A.-F. ; Lacaze, E. ; Chabal, Y. J. ; Pluchery, O. Langmuir 2013.** Gold nanoparticles on oxide-free silicon-molecule interface for single electron phenomena, 29, (16), 5066–5073.point vétérinaire. N° 1534.
- **Canivet, L, P. Dubot, G. Garçon, F.-O. Denayer.2015.**
- **Carolyn A. Tylenda, Dexter W. Sullivan Jr., and Bruce A. Fowler.2015.** Antimony. Herdbook on the Toxicology of Metals 4E .2 :565-579
- **Camille Migdal, Mireille Serres.2011.** Espèces réactives de l’oxygène et stress oxydant. Médecine/sciences. 27 : 405-12
- **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 Enviromental Toxicology and Chemistry, 20 :1951-1957.
- **Christian L. 1980.** Les Mollusques 10.
- **Chase, R. 2007** Gastropod reproductive behavior. Scholarpedia, 2, 4125.
- **Chevallier H. 1992.** L'élevage des Escargots. Production et Préparation du Petit-Gris. 2ème édition. Edition du point vétérinaire. Maison-Alfort.
- **Coeurdassier M. 2001.** Utilisation de mollusques gastéropodes pulmonés terrestres (*Helix aspersa*) et aquatiques (*Lymnia stagnalis* et *Lymnia palustris*) comme indicateurs de pollution par les éléments métalliques et les xénobiotiques. Thèse dedoctorat. Université de France comté. France.281p
- **Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot de Vaufleury A., Ribera D., Badot P.M.2002.** The garden snail (*Helix aspersa*) as a bioindicator of organophosphorus exposure : Effects of dimethoate on survival, growth. And acetylcholinesterase activity. Environmental Toxicology and Chemistry. 20 (9) : 1951-1957
- **Cortet.Jérôme ;Annette Gomot -De Vauflery ;Nicole Poinso-Balaguer ;Lucienn Gomot ; Christine ,Texier ;Daniel,Cluzeau.1999.**The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects
  - **D**
- **Dong, H., Wen, B., Melnik, R., 2014.** Relative importance of grain boundaries and size effects in thermal conductivity of nanocrystalline materials. Sci. Rep. 4, 7037

- **Ma, E., 2003.** Nanocrystalline materials : controlling plastic instability. *Nat. Mater.* 2, 7–8
- **Djaroun N. et Moussaoui T. 2016.** Inventaire qualitatifs et quantitatifs des gastéropodes Terrestres au niveau de quatre stations, avec des altitudes différentes dans la région de Tizi-Ouzou.
- **David R. 2009** Lide. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press Inc, 90e éd., 2804 p., Relié
- **De Vaufleury A. & Gomot A., 1998.** Use of land snails to monitor environmental pollution. Laboratoire de Biologie et d'Ecophysiologie.
- **Dallinger R., Berger B., Triebkom R., Kohler H. 2001.** Soil biology and ecotoxicology. The biology to terrestrial mollusc. CAB International. Oxon. Wallingford, UK. 489-525.

### E

- **Emmanuel, Baurand ; 2014.** Embryotoxicité de contaminants métalliques et organiques chez l'escargot *Helix aspersa*. *Sciences agricoles*. Université de Franche-Comté. Français. : 82-93
- **Emmanuel.F ;2017.** L'interaction onde-matière. Prof à l'Institut Langevin. (ESPCI Paris).
- **El-Gendy, K. S., Radhwan. M. A., Gad.A.F., 2011.** Feding and Growth Responses Of the Snail *Theba pisana* to Dietary Exposure. *Arch Environ Contam Toxicol*.

### ▪ F

- **Ferreira, A.J., Cemlyn-Jones, J., Robalo Cordeiro, C., 2013.** Nanoparticles, nanotechnology and pulmonary nanotoxicology. *Rev. Port. Pneumol.* 19, 28–37.
- **Florin Prosie, François-Xavier Lesage, Frédéric Deschamps.2008.** Nanoparticules : structures, utilisations et effets sur la santé. *Environnement et santé*. *Presse Med.* 37 : 1431–1437

### ▪ G

- **Golobicˇ, M., Jemec, A., Drobne, D., Romih, T., Kasemets, K., Kahru, A., 2012.** Upon exposure to Cu nanoparticles, accumulation of copper in the isopod *Porcellio scaber* is due to the dissolved cu ions inside the digestive tract. *Environ. Sci. Technol.* 46, 12112–12119

- **Gawande, M.B., Goswami, A., Felpin, F.-X., Asefa, T., Huang, X., Silva, R., Zou, X., Zboril, R., Varma, R.S., 2016.** Cu and Cu-based nanoparticles : synthesis and applications in catalysis. *Chem. Rev.* 116, 3722–3811.
- **Greeley, J., Markovic, N.M., 2012.** The road from animal electricity to green energy : combining experiment and theory in electrocatalysis. *Energy Environ. Sci.* 5
- **GAILLARD, J, 1991.** Les Mollusques. Document polycopie du module de la conférence sur les animaux venimeux au Muséum d’Histoire Naturelle de Paris, juillet 99, p1-18.
- **Grara N., Boucenna M., Atailia A., Berrebbah H., Djebbar 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.
- **Gomot-de Vaufleury, A., 2000.** Standardised growth toxicity testing (Cu, Zn, Pb and Pentachlorophenol) with *Helix aspersa*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 46, 41-50.
- **Gomot A. 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. *Bull. Acad. Natle.Méd.* 181.p.59-75.
- **Grara.N., F. Khaldi, A. Benamara, Z. Zenir, S. Abdemadjid, M. Bouloudenine.2017.** Toxicité subChronique des Nanoparticule de ZnO chez *Helix aspersa* : Etude physiologique et Comportementale Algerian *Env. Sc. Technology*, 3 :3-A (2017) 509-518

• **H**

- **Holzinger, M., Le Goff, A., Cosnier, S., 2014.** Nanomaterials for biosensing applications : à review. *Front. Chem.* 2, 63.
- **Handy, R.D., von der Kammer, F., Lead, J.R., Hassellov, M., Owen, R., Crane, M., 2008.** The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology* 17, 287–314.
- **Hopkin, S.P., 1989.** *Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates.* Elsevier Applied science, NY, USA, 366 p.
- **Hopkin, S.P., 1993.** In situ biological monitoring of pollution in terrestrial and aquatic ecosystems. *Handbook of ecotoxicology*, 397-427.

• **I**

- **Ibrahim, K.S., 2013.** Carbon nanotubes-properties and applications : à review. *Carbon Lett.* 14, 131–144

- **Ibrahim Khan, Khalid Saeed, Idrees Khan 2017.** Arabian Journal of Chemistry Nanoparticles : Properties, applications and toxicities. 12, 7, 908-931

• **J**

- **Jain, P.K., Lee, K.S., El-Sayed, I.H., El-Sayed, M.A., 2006.** Calculated absorption and scattering properties of gold nanoparticles of different size, shape, and composition : applications in biological imaging and biomedicine. J. Phys. Chem. B 110, 7238–7248

• **K**

- **Khan, I., Abdalla, A., Qurashi, A., 2017a.** Synthesis of hierarchical WO<sub>3</sub> and Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/WO<sub>3</sub> nanocomposite for solar-driven water splitting applications. Int. J. Hydrogen Energy 42, 3431–3439.
- **Kosmala, A., Wright, R., Zhang, Q., Kirby, P., 2011.** Synthesis of silver nano particles and fabrication of aqueous Ag inks for inkjet printing. Mater. Chem. Phys. 129, 1075–1080.
- **Khlebtsov, N., Dykman, L., 2011.** Biodistribution and toxicity of engineered gold nanoparticles : à review of in vitro and in vivo studies. Chem. Soc. Rev. 40, 1647–1671.
- **Krishnakumar. T., R. Jayaprakash, Nicola Pinna, A.R. Phani, M. Passacantando, S. Santucci .2009** Structural, optical and electrical characterization of antimony-substituted tin oxide nanoparticles. Journal of Physics and Chemistry of Solids .70. 993–999

• **L**

- **Le Marois G. 2005.** Plan « nanomatériaux » - 10 propositions d'actions concrètes. Derian PJ. Avant-propos. Rapport DGE/SIMAP/ITVM. Paris : Ministère chargé de l'Industrie.
- **Lowry G.V. and Johnson K.M. 2004.** Congener-Specific Dechlorination of Dissolved PCBs by Microscale and Nanoscale Zerovalent Iron in à Water/Methanol Solution. Environmental Science & Technologie. 38(19) : 5208-5216.
- **Loureiro, A ; Azoia. N.G ; Gomes. A .C ; Cavaco-paulo. A ; 2016.** Albumino-based nanodevices as drug carriers. Curr. pharm. Des.22,13701-1390.
- **Lei, Y.-M., Huang, W.-X., Zhao, M., Chai, Y.-Q., Yuan, R., Zhuo, Y., 2015.** Electrochemiluminescence resonance energy transfer system : mechanism and application in ratiometric aptasensor for lead ion. Anal. Chem. 87, 7787–7794.
- **Li, D., Baydoun, H., Verani, C.N., Brock, S.L., 2016.** Efficient water oxidation using CoMnP nanoparticles. J. Am. Chem. Soc. 138, 4006–4009

- **Liu, J., Liu, Y., Liu, N., Han, Y., Zhang, X., Huang, H., Lifshitz, Y., Lee, S.-T., Zhong, J., Kang, Z., 2015b.** Metal-free efficient photocatalyst for stable visible water splitting via a two-electron pathway. *Science* 80 (347), 970–974. Sagadevan, S., 2015. A review on role of nanofluids for solar energy applications, vol. 3, p. 53.
  - **Louiza Douafer<sup>1,2</sup> & Nedjoudia Zaidi<sup>3</sup> & Noureddine Soltani<sup>1</sup>, 2020.** Seasonal variation of biomarker responses in *Cantareus aspersus* and physico-chemical properties of soils from Northeast Algeria.
  - **L. MADEC AND A. GUILLER., 1993.** Geographic variation of distal genitalia in the land snail *Helix aspersa* (Mollusca : Gastropoda), 218p
  - **Lyes Khene, Houria Berrebah, Amina Yahyaoui, Tayeb Bouarroudj, Sabrina Zouainia, Houssein Kahli, Chiraz Bourayou, 2017.** BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS, LIPID PEROXIDATION AND ROS PRODUCTION INDUCED BY TiO<sub>2</sub> MICROPARTICLES ON SNAILS HELIX ASPERSA. pp127-133
  - **Lecalve, D., 1989.** Influence of incubation condition of eggs on the 1st 6 weeks of the growth of snails *Helix aspersa* Muller (gastropoda, Pulmonata, Stylommatophora). *Bull.Soc. Zool.Fr.Evol.Zool.* 114,101,110
  - **Lauwerys, Robert ; Haufroid, Vincent ; Hoet, Perrine ; Lison, Dominique. 2007** Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Elsevier Masson SAS : Paris.
  - **Lukaszewicz, A .2008** Subchronic intoxication with chlorfenvinphos, an organophosphate insecticide, affects rat brain antioxidative enzymes and glutathione level .46 : pp 82-86
  - **Laskowski, R., Hopkin, P., 1996.** Effect of Zn, Cu, Pb, and Cd on Fitness in Snails (*Helix aspersa*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 34, 59-69.
  - **Laskowski R., Hopkin P. 1995 b.** Accumulation of Zn. Cu. Pb. And Cd in the garden snail (*Helix aspersa*) : Implication for Predators. *Environmental Pollution*. 91. p.289-297.
  - **Leon, A Weisberg .1985,** subcortical lobar intracerebral haemorrhage : clinical-computed topographic correlation; 48:1078-1
- **M**
- **Mansha, M., Khan, I., Ullah, N., Qurashi, A., 2017.** Synthesis, characterization and visible-light-driven photoelectrochemical hydrogen evolution reaction of carbazole-containing conjugated polymers. *Int. J. Hydrogen Energy*



- **Martis, E., Badve, R., Degwekar, M., 2012.** Nanotechnology based devices and applications in medicine : an overview. Chron. Young Sci. 3, 68.
- **Le Marois G. 2005.** Plan « nanomatériaux » - 10 propositions d'actions concrètes. Derian PJ.
- **Masciangioli, T., Zhang, W.-X., 2003.** Peer reviewed : environmental technologies at the nanoscale. Environ. Sci. Technol. 37, 102A–108AAvant-propos. Rapport DGE/SIMAP/ITVM. Paris : Ministère chargé de l'Industrie.
- **Millstone, J.E., Kavulak, D.F.J., Woo, C.H., Holcombe, T.W., Westling, E.J., Briseno, A.L., Toney, M.F., Fréchet, J.M.J., 2010.** Synthesis, properties, and electronic applications of size-controlled poly(3-hexylthiophene) nanoparticles. Langmuir 26, 13056–13061
- **Mueller, N.C., Nowack, B., 2008.** Exposure modeling of engineered nanoparticles in the environment. Environ. Sci. Technol. 42, 4447–4453
- **Mirzadeh, E., Akhbari, K., 2016.** Synthesis of nanomaterials with desirable morphologies from metal–organic frameworks for various applications. Cryst Eng Comm 18, 7410–7424
- **Masse.R. et Boudéne. C.,2013.** Des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, Les nanoparticules : une nouvelle classe de toxiques environnementaux ? 74 :316-319
- **Mazat JP, Ransac S.2010.** Le complexe bc1 de la chaîne respiratoire mitochondriale fonctionne selon l'hypothèse du cycle Q de Mitchell. La preuve par une approche stochastique ? Med Sci (Paris) ; 26 : 1079-86
- **Michel Rousslet.,1979.,** L'élevage des escargots., Deuxième édition, entièrement revue, complétée et actualisée. 11 : 13-29.
- **MICHEL Rousselet,1979,** docteur vétérinaire. L'élevage des escargots 2<sup>e</sup> édition du point vétérinaire, ISBN :2-86326-08-5. Pages : 10-11-12-13-30-31-32.
- **Marin F. 2009.** Biominéralisation de la coquille des mollusques : origine, évolution, Formation mémoire présenté pour l'obtention de l'Habilitation à diriger des recherches (HDR) P62/63.
- **Maissiat J., Baehr J.C et Picaud J.L. (1990).** Biologie animale des invertébrés, 2<sup>ème</sup> édition. Edi. Dunod, Paris, 239p.

- **Michael F., Hughes E.A., 2016.** Environmentally relevant pyrethroid mixtures : A study on the correlation of blood and brain concentrations of a mixture of pyrethroid insecticides to motor activity in the rat. *Toxicology*. 359-360(10) : 19-29
- **Marigomez, J.A., Angulo, E., Saez, V., 1986** c. Feeding and growth responses to copper, zinc, mercury and lead in the terrestrial gasteropod *Arion ater* (Linné). *J. Moll. Stud.*, 52, 68-78
- **Millot, J. 1927.** Sur une fonction d'élimination des graisses par le rein chez les mammifères carnassiers
- **Marigomez I., Kortabitarte M., Dussart G.B.J. 1998.** Tissue-level biomarkers in sentinel slugs as cost-effective tools to assess metal pollution in soils. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34. 167–176.
- **Marcelet, H. 1944.** The oil of *Centrina vulpecula* Rond- Bull. Inst. Océan. Monaco,
  - N
- **Ning, F., Shao, M., Xu, S., Fu, Y., Zhang, R., Wei, M., Evans, D.G., Duan, X., 2016.** TiO<sub>2</sub>/graphene/NiFe-layered double hydroxide nanorod array photoanodes for efficient photoelectrochemical water splitting. *Energy Environ. Sci.* 9, 2633–2643
- **Nagarajan, P.K., Subramani, J., Suyambazhahan, S., Sathyamurthy, R., 2014.** Nanofluids for solar collector applications : à review. *Energy Procedia* 61, 2416–2434.
- **Navarro, E., Piccapietra, F., Wagner, B., Marconi, F., Kaegi, R., Odzak, N., Sigg, L., Behra, R., 2008.** Toxicity of silver nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*. *Environ. Sci. Technol.* 42,8959–8964
- **Nicholas P, Cheremisinoff, 2000.** Handbook of Hazardous Chemical Properties, p26-27
- **Notten M. J. M., Oosthoek A. J. P., Rozema J. 2005.** Heavy metal concentration in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environmental pollution*, 138,178-190
- **Notten M.J.M., Oosthoek A.J.P., Rozema J., Aerts R. 2006.** Heavy metal pollution affects consumption and reproduction of the land snail *Cepaea nemoralis* fed on naturally polluted *Urtica dioica* leaves. *Ecotoxicology*.15. P.295-304.

• O

- **Oberdörster G., Oberdörster E. and Oberdörster J. 2005.** Nanotoxicology : An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. Environmental Health Perspectives. 113(7).
- **Oliveriau, M. J, Leloup.1950.** Variations du rapport Hépatosomatique chez la roussette (*Scyllium canicula* L) au cours du développement et de la reproduction. Vie et Milieu, Observatoire Océanologique - Laboratoire Arago, 4, pp.377-420

• P

- **Petersen, H., Gjelstrup, P., 1998.** Effects of insecticide dimethoate on the behaviour of *Folsomia fimetaria* (L.) (Collembola : Isotomidae). Appl. Soil. Ecol., 9, 389-392

• R

- **Rao, J.P., Geckeler, K.E., 2011.** Polymer nanoparticles : preparation techniques and size-control parameters. Prog. Polym. Sci. 36, 887–913.
- **Rawat, M.K., Jain, A., Singh, S., Mehnert, W., Thunemann, A.F., Souto, E.B., Mehta, A., Vyas, S.P., 2011.** Studies on binary lipid matrix based solid lipid nanoparticles of repaglinide : in vitro and in vivo evaluation. J. Pharm. Sci. 100, 2366–2378
- **Ripp, S., Henry, T.B. (Eds.), 2011.** Biotechnology and Nanotechnology Risk Assessment : Minding and Managing the Potential Threats around Us, ACS Symposium Series. American Chemical Society, Washington, DC, DC.
- **Regoli F., Gorbi S., Fattorini D, Tedesco S., Notti 2006.** Use of land snail *Helix aspersa*

• S

- **Sandrine Quignard. 2012.** Comportement des nanoparticules de silice en milieu biologique : des cellules aux biomatériaux. Thèse de doctorat. Université pierre et marie curie. Page 13
- **Seied Ali Pourmousavia, Ayoob Kanaani, Hamid Reza Fatahi, Fatemeh Ghorbani, Davood Ajloo.2017.** SbCl<sub>3</sub> as effective catalyst for the preparation of 2,3-Dihydroquinazolin-4(1H) -ones, spectroscopic investigation and DFT study, Journal of Physical and Chemistry of Solids
- **Sagadevan, S., 2015.** A review on role of nanofluids for solar energy applications, vol. 3, p. 53.

- **Shaalán, M., Saleh, M., El-Mahdy, M., El-Matbouli, M., 2016.**Recent progress in applications of nanoparticles in fish medicine : à review. *Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med.* 12, 701–710
- **Swadeshmukul, S., Peng, Z., Kemin, W., Rovelyn, T., Weihong, T.,2001.** Conjugation of biomolecules with luminophore-doped silica nanoparticles for photostable biomarkers. *Anal. Chem.* 73, 4988–4993
- **Sigmund, W., Yuh, J., Park, H., Maneeratana, V., Pyrgiotakis, G., Daga, A., Taylor, J., Nino, J.C., 2006.** Processing and structure relationships in electrospinning of ceramic fiber systems. *J. Am. Ceram. Soc.* 89, 395–407.
- **Sovan Lal Pal, Utpal Jana, P. K. Manna, G. P. Mohanta, R. Manavalan; 2011.** Nanoparticle : An overview of preparation and characterization. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 01 (06): 228-234
- **S. Lanone, J. Boczkowski .2010.** *Revue française d'allergologie* 50 211–213, France.
- **Skendraoui F. 2015** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes au niveau de deux stations de la wilaya de Tizi-Ouzou (Makouda et Drâa Ben Khedda).
- **Skendraoui F. 2015** Inventaire qualitatif et quantitatif des gastéropodes au niveau de deux stations de la wilaya de Tizi-Ouzou (Makouda et Drâa Ben Khedda).
- **Sandrine., Sylvie., Louise P. 2003.** Contribution à l'étude de la pathologie estivale de L'escargot petit-gris (*Helix aspersa*) : reproduction expérimentale.
- **Seied Ali Pourmousavi, Ayoub Kanaani, Hamid Reza Fatahi, Fatemeh Ghorbani, Davood Ajloo.2017.** SbCl<sub>3</sub> as effective catalyst for the preparation of 2,3-Dihydroquinazolin-4(1H) -ones, spectroscopic investigation and DFT study.
- **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.P.571-579.
- **Stequert B., 1971.**Contribution à l'étude de croissance et de la reproduction du bar (*Dicentrarchus labrax* L.) dans le réservoir à poissons du bassin d'Areachon, Rapport D.E.A, Université de Bordeaux I, 54p.

• T

- **Tomalia DA. 2004.** Birth of a new macromolecular architecture : dendrimers as quantized building blocks for nanoscale synthetic organic chemistry. *Aldrichimica Acta* 37 (2) : 39-57
- **Todescato, F., Fortunati, I., Minotto, A., Signorini, R., Jasieniak, J., Bozio, R., 2016.** Engineering of semiconductor nanocrystals for light emitting applications. *Materials* 9, 672
- **Thoman R.V. 1989.** Bioaccumulation model of organic-chemical distribution in aquatic food chains. *Environmental Science and Technologie* 23. 699-707
- **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 de Annaba .104 p

• V

- **Verry. C et al ,2019** C. Verry, E. Porcelc, C. Chargari ; C. Rodriguez-La frassef, J. Balosso.2019. Utilisation de nanoparticules comme agent radiosensibilisant en radiothérapie 23(8) : 917-921
- **Valérie.B., 2009.** Mise au point et validation, sur sites contaminés, (ETM-HAP) d'un test de biosurveillance en microcosme : croissance et bioaccumulation par le gastéropode terrestre *Helix aspersa*. 21 p.
- **Viard B., Maul A., Pihan tJ.-C. 2004.** Standard use conditions of terrestrial gastropods in active biomonitoring of soil contamination. *Journal of Environmental Monitoring*. 6 : 103-107

• W

- **Wichmann H.-E., Cyrus J., Stölzel M., Spix C., Wittmaack K., Tuch T. 2002.** Sources and elemental composition of ambient particles in Erfurt, Germany. In : *Fortschritte in der Umweltmedizin* (Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G, eds). Erfurt, Germany : Ecomed Publishers.
- **Wang, Z., Pan, X., He, Y., Hu, Y., Gu, H., Wang, Y., Wang, Z., Pan, X., He, Y., Hu, Y., Gu, H., Wang, Y., 2015.** Piezoelectric nanowires in energy harvesting applications. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2015, 1–21
- **Wang, D.-W., Su, D., 2014.** Heterogeneous nanocarbon materials for oxygen reduction reaction. *Energy Environ. Sci.* 7, 576

- **Weiss, J., Takhistov, P., McClements, D.J., 2006.** Functional materials in food nanotechnology. *J. Food Sci.* 71, R107–R116.

- **X**

- **Xia, T., Kovoichich, M., Liong, M., Ma'dler, L., Gilbert, B., Shi, H., Yeh, J.I., Zink, J.I., Nel, A.E., 2008.** Comparison of the mechanism of toxicity of zinc oxide and cerium oxide nanoparticles based on dissolution and oxidative stress properties. *ACS Nano* 2, 2121–2134

- **Y**

- **Young, K.J., Martini, L.A., Milot, R.L., Snoeberger, R.C., Batista, V.S., Schmuttenmaer, C.A., Crabtree, R.H., Brudvig, G.W., 2012.** Light-driven water oxidation for solar fuels. *Coord. Chem. Rev* 7

- **Z**

- **Zaafour M. 2014.** Étude écophysiologique de la reproduction de l'escargot terrestre Petit-Gris (*Helix aspersa*, Gastropoda : Stylommatophora ; Helicidea) dans la région Nord-Est d'Annaba – Algérie
- **Zhuang, J., Gentry, R.W., 2011.** Environmental application and risks of nanotechnology : à balanced view. pp. 41–67
- **Zhou, Y., Dong, C.-K., Han, L., Yang, J., Du, X.-W., 2016.** Topdown preparation of active cobalt oxide catalyst. *ACS Catal.* 6, 6699–6703
- **Zhong. Jiasong, Xin Ma, Hongwei Lu, Xin Wang, Suling Zhang, Weidong Xiang. 2014.** Preparation and optical properties of sodium borosilicate glasses

- **Des sites internet :**

- <http://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:74856/> Create : 2005-03-26.
- <https://cameochemicals.noaa.gov/chemical/2503/> Create : 2005-03-26
- <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> Create :2005-03-26
- Toja O., 2011. Crème à la bave d'escargot. Dans *Elicina* crème à la bave d'escargot. <http://www.elicina.fr/>. Consulté le 01 juin 2019
- \*(LNE, 2017) LNE. FAQ 2017. Disponible sur internet : [http://webinars.lne.fr/webinars\\_faq/FAQ-webinar-nanomateriaux-aliments](http://webinars.lne.fr/webinars_faq/FAQ-webinar-nanomateriaux-aliments)