



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi -Tébessa-

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la  
Nature et de la vie

Département : Biologie des Êtres Vivants

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

SPECIALITE : BIOLOGIE ANIMALE

OPTION : ECOPHYSIOLOGIE ANIMALE

**Intitulé :**

**Étude de l'impact d'une nanoparticule métallique (le  
trichlorure d'antimoine) chez un indicateur de la pollution  
l'escargot *Hélix aspersa*.**

Présenté par :

Melle AOUN Hanine

Melle BAGHDECHE Malak

Devant le jury

HAMEL M.	M.A.A	Présidente	Université de Tébessa
ROUACHDIA R.	M.A.A	Rapporteuse	Université de Tébessa
BELLEL W.	M.A.A	Examinatrice	Université de Tébessa

Date de soutenance : Le 07 Juin 2023

Année Universitaire : 2022/2023



# RÉSUMÉ

## Résumé

Les organismes du sol subissent des fluctuations régulières de facteurs abiotiques, ainsi que la pollution chimique de l'environnement due aux activités humaines. Ils sont donc soumis à de multiples pressions auxquelles ils doivent faire face.

L'objectif de ce travail était d'étudier l'effet du trichlorure d'antimoine  $SbCl_3$ , qui est une nanoparticule cristalline incolore qui a plusieurs applications particulières dans le domaine industriel ; sur un indicateur biologique de contamination « *Helix aspersa* », après exposition à des concentrations différentes (500 $\mu$ g/g, 1000 $\mu$ g/g, 2500 $\mu$ g/g, 5000 $\mu$ g/g) pendant 3 et 7 jours par voie orale, en mesurant les indicateurs morpho-métriques : le diamètre de la coquille, le RHS et le RRS, ainsi que son effet sur le contenu hépato-pancréatique et rénal en protéines, glucides et lipides.

Les résultats ont montré que le traitement des escargots par le  $SbCl_3$  provoque une diminution du RHS après 3 et 7 jours de traitement, et qu'il n'y a pas de différence significative du RRS entre les lots traités et le lot témoin. Les escargots ont une tendance à être moins mobiles après 3 jours d'exposition avec une diminution du diamètre de la coquille. Une augmentation du taux moyen des paramètres biochimiques (protéines et lipides) et une diminution des glucides ont été observés chez les lots traités par rapport au lot témoin.

**Mots-clés :** *Helix aspersa*,  $SbCl_3$ , RHS, RRS, protéines, Glucides, Lipides

## ملخص

تتعرض كائنات التربة لتقلبات منتظمة في العوامل اللاأحيائية ، فضلاً عن التلوث الكيميائي للبيئة بسبب الأنشطة البشرية. لذلك فهم يخضعون لضغوط متعددة يجب أن يواجهوها.

كان الهدف من هذا العمل دراسة تأثير ثلاثي كلوريد الأنتيمون **SbCl<sub>3</sub>** ، وهو جسيم نانوي بلوري عديم اللون وله العديد من التطبيقات الخاصة في المجال الصناعي ؛ على مؤشر التلوث البيولوجي "*Helix aspersa*" ، بعد التعرض لتركيزات مختلفة (500 ميكروغرام / غرام ، 1000 ميكروغرام / غرام ، 2500 ميكروغرام / غرام ، 5000 ميكروغرام / غرام) لمدة 3 و 7 أيام شفوياً ، عن طريق قياس المؤشرات الشكلية: قطر القشرة ، RHS و RRS ، وتأثيره على محتوى الكبد والبنكرياس والبروتين الكلوي والكربوهيدرات والدهون.

أظهرت النتائج أن معاملة القواقع باستخدام SbCl<sub>3</sub> يسبب انخفاض في RHS بعد 3 و 7 أيام من المعاملة ، وأنه لا يوجد فرق معنوي في RRS بين الدفعتين المعاملة ومجموعة التحكم. تميل القواقع إلى أن تكون أقل حركة بعد 3 أيام من التعرض مع انخفاض في قطر القشرة. لوحظ زيادة في متوسط مستوى المعلمات البيوكيميائية (البروتينات والدهون) وانخفاض في الكربوهيدرات في جرعات المعاملة مقارنة بدفعة التحكم.

**الكلمات المفتاحية:** *Helix aspersa* ، SbCl<sub>3</sub> ، RHS ، RRS ، البروتينات ، الكربوهيدرات ، الدهون

## Abstract

Soil organisms experience regular fluctuations of abiotic factors, as well as chemical pollution of the environment due to human activities. They are therefore subject to multiple pressures that they must face.

The objective of this work was to study the effect of antimony trichloride **SbCl<sub>3</sub>**, which is a colorless crystalline nanoparticle which has several particular applications in the industrial field ; on a biological contamination indicator « *Helix aspersa* », after exposure to different concentrations (500µg/g, 1000µg/g, 2500µg/g, 5000µg/g) for 3 and 7 days orally, by measuring the morphometric indicators : shell diameter, RHS and RRS, and its effect on hepato-pancreatic and renal protein, carbohydrate and lipid content.

The results showed that the treatment of the snails with SbCl<sub>3</sub> causes a reduction in the RHS after 3 and 7 days of treatment, and that there is no significant difference in the RRS between the treated batches and the control batch. Snails tend to be less mobile after 3 days of exposure with a decrease in shell diameter. An increase in the average level of biochemical parameters (proteins and lipids) and a decrease in carbohydrates were observed in the treated batches compared to the control batch.

**Keywords** : *Helix aspersa*, SbCl<sub>3</sub>, RHS, RRS, proteins, Carbohydrates, Lipids.



# Remerciements

*avant tout. je remercie le mon Dieu qui ma éclairé le chemin  
et ma donné la patience et le courage pour réaliser*

*ce travail*

*Je tiens à adresser mes remerciements à Madame  
"Rouachdia Roukaya", mon encadreur qui ma permis de  
réaliser ce travail dans les meilleures conditions. Je lui dis  
merci de m'avoir fait partager votre expérience et votre culture  
scientifique et de m'avoir fait confiance. travaillé sous votre  
direction a été un plaisir et un honneur*

*pour moi. Un grand remerciement au président de jury  
Madam "Hamel Mahdia", pour son aide, son soutien et pour  
avoir exprimé son entière disponibilité*

*Madame "Bellel Warda" je la remercie beaucoup pour avoir  
bien voulu juger ce travail.*

*fin mes remerciements s'adressent également à l'ensemble des  
enseignants qui ont contribué à ma formation au cours de mes  
années universitaires.*

# Dédicace

*Tout d'abord, je remercie Dieu de nous aimer, de nous sauver, d'accepter nos sacrifices, de pardonner nos péchés et de nous éclairer*

*L'esprit qui nous donne chance et bonheur.*

*Vers quoi le bon et le meilleur nous dirigent, vers ma deuxième mère, ma grand-mère "Khadija" 🍀, je te dédie ma remise de diplôme, ma chérie. Au déjunt repose dans mon cœur, ma grand-mère ( que Dieu ait pitié de toi ). Exprimez-moi l'amour et le respect que j'ai pour vous, vous continuerez d'être mon meilleur guide de fond, à ma chère mère ❤️ qui m'a aidé à développer le chemin de l'étude avec l'amour et la joie qu'il m'a donnés. C'est à Dieu de le préserver.*

*Dans le témoignage de mon amour fraternel des profondeurs*

*à mes chers et merveilleux frères et sœurs 💜, gentillesse et remerciements: Shaima, Aya, Itihal, Malak, Moatas Billah, Al-Mu'tasim Billah Taha Habib al-Rahman, je vous souhaite une vie pleine de bonheur.*

*Enfin, je dédie ce modeste travail à ma tante "abla", ❤️ "Samira et Karima "et à mon oncle "Kamel," 💙 "Saleh" ❤️ "Abdallah," Khalil " ❤️*

*Ce qui m'a le plus aidé dans l'accomplissement de ce travail, ce sont tous mes remerciements et ma gratitude envers eux.*

*à tous ceux qui ont été involontairement oubliés.*

# Hanine

# Dédicace

Dieu soit loué en premier et en dernier  
"Ma réussite n'est due qu'à Allah"  
Je dédie mon bonheur et mon succès à qui les mots ne peuvent  
comblés mon père

A qui Dieu a confié prestige et dignité.. A qui je porte son nom  
avec fierté..

Mon cher père, que Dieu ait pitié de lui, que vous  
soyez toujours un modèle pour moi, monsieur   
Allah qui m'a soutenu dans ses prières.. et à Allah qui m'a  
aidé par amour

Ma chère maman  Et à ceux qui ont un don du  
destin, alors sachez le sens des frères (Dhia, Manar, Ghoufran) mes  
frères, je vous aime 

Et à l'amie de mon parcours et à ma sœur qui a participé avec moi  
à la réalisation du projet de fin d'études (Hanine), que Dieu t'accorde  
le succès

Et à ceux qui me tiennent à cœur, à mes soutiens et à mes amis,  
merci... Takwa... Yusra... Sarah.

Enfin, à tous ceux qui ont partagé ma joie

# Malak

- **Listes des tableaux.**

<b>Tableau N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1</b>	Caractéristiques de Sbcl3	<b>17</b>
<b>Tableau 2</b>	Le risque de Sbcl3 sur la santé	<b>21</b>
<b>Tableau 3</b>	Dosage des protéines réalisation de la gamme d'étalonnage	<b>35</b>
<b>Tableau 4</b>	Dosage des Glucides réalisation de la gamme d'étalonnage	<b>36</b>
<b>Tableau 5</b>	Dosage de lipides réalisation de la gamme d'étalonnage	<b>37</b>
<b>Tableau 6</b>	Effet de Sbcl3 sur l'évolution du diamètre de la Coquille	<b>39</b>
<b>Tableau 7</b>	Effet de Sbcl3 sur l'évolution du rapport Hépto-somatique	<b>40</b>
<b>Tableau 8</b>	Effet de Sbcl3 sur l'évolution du rapport reno-somatique	<b>41</b>
<b>Tableau 9</b>	Variation du taux des protéines totale (hépatopancreas)	<b>42</b>
<b>Tableau 10</b>	Variation du taux des Glucides totale (hépatopancreas)	<b>43</b>
<b>Tableau 11</b>	Variation du taux des lipides totale(hépatopancreas)	<b>44</b>
<b>Tableau 12</b>	Variation du taux des protéines totale (Riens)	<b>45</b>
<b>Tableau 13</b>	Variation du taux des Glucides totale (Riens)	<b>46</b>
<b>Tableau 14</b>	Variation du taux des lipides totale (Riens)	<b>47</b>

- Listes des figures

Figure N°	Titre	Page
Figure 01	Les frontières du nanomonde.	02
Figure 02	Image de microscopie électronique a transmission ou a balayage de différentes géométrie.	04
Figure 03	Structure de la micelle inverse (a) et directe ( b ).	05
Figure 04	Différentes formes de boules Fullerènes / Buck .	06
Figure 05	Sources des nanoparticules.	08
Figure 06	Exemples de produits contenant des nanomatériaux	09
Figure 07	Des nanoparticules d'or pour soigner le cancer.	10
Figure 08	Différentes utilisations des nanoparticules manufacturées dans les applications Environnementales.	12
Figure 9	Approches de production d'énergie à partir de la réduction du CO2.	12
Figure 10	Des nanoparticules d'or pour l'électronique moléculaire.	13
Figure 11	Cycle de vie des nanomatériaux dans l'environnement.	15
Figure 12	Localisation de l'antimoine Sb dans le tableau périodique.	16
Figure 13	Structure de Sbcl3.	20
Figure 14	<i>Hélix aspersa</i> .	26
Figure 15	Anatomie de l'escargot.	27
Figure 16	Alimentation des escargots.	29
Figure 17	Mode de traitement d' <i>Hélix aspersa</i> .	30
Figure 18	Schéma représentatif du protocole expérimental.	31
Figure 19	Sacrifices des escargots et prélèvement des hépatopancréas et des reins.	32
Figure 20	Extraction des protéines et glucides et lipide totaux.	34
Figure 21	Droit de régression expriment l'absorbance en fonction de la Quantité de protéines.	35
Figure 22	Droit de régression expriment	36

	l'absorbance en fonction de la Quantité de glucides.	
<b>Figure 23</b>	Droit de régression expriment l'absorbance en fonction de la Quantité de lipides.	<b>37</b>
<b>Figure 24</b>	Effet SbCl3 sur l'évolution du diamètre de la Coquille.	<b>39</b>
<b>Figure 25</b>	Effet SbCl3 sur l'évolution du rapport Hépatato-somatique.	<b>40</b>
<b>Figure 26</b>	Effet SbCl3 sur l'évolution du rapport reno-somatique.	<b>41</b>
<b>Figure 27</b>	Variation du taux des protéines totale dans hépatopancreas.	<b>42</b>
<b>Figure 28</b>	Variation du taux des Glucides totale dans hépatopancreas.	<b>43</b>
<b>Figure 29</b>	Variation du taux des lipides totale dans hépatopancreas.	<b>44</b>
<b>Figure 30</b>	Variation du taux protéines des totale dans riens.	<b>45</b>
<b>Figure 31</b>	Variation du taux Glucides des totale dans riens.	<b>46</b>
<b>Figure 32</b>	Variation du taux Lipide des totale dans riens.	<b>47</b>

- **Listes d'abréviations**

<b>Np</b>	Nanoparticule
<b>Ufp</b>	Particules ultrafine
<b>Pu</b>	Polyuréthane
<b>Atm</b>	Atmosphère
<b>Sno2</b>	Dioxyde d'étain
<b>g/mol</b>	Gramme / mol
<b>Nm</b>	Nanomètre
<b>ADN</b>	Acide désoxyribonucléique
<b>Nf</b>	Nanoparticule fine
<b>CNT</b>	Nanotube de carbone
<b>SWCNT</b>	Nanotube de carbone simple- feuille
<b>MWCNT</b>	Nanotube de carbone multi – feuille
<b>Pa</b>	Pression de vapeur
<b>SB(III)</b>	Oxydant modérément fort
<b>H2o</b>	Eau
<b>Sbocl</b>	Antimony oxychloride
<b>Hcl</b>	Chlorure d'hydrogène
<b>mg</b>	Mille grammes
<b>SB(v)</b>	L'intimoine SB de valeur v
<b>R.R.S</b>	Rapport réno-somatique
<b>R.H.S</b>	Rapport hépato-somatique
<b>Fe2O3</b>	L'oxyde de fer(III), également appelé oxyde ferrique et sesquioxyde de fer,
<b>SiO2</b>	Trioxyde de silicium
<b>Cd</b>	Cadmium

## • Tables des matières

<b>Abstract</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>ملخص</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Remerciement</b>	
<b>Tables des matières</b>	
<b>Listes des tableaux</b>	
<b>Listes des figures</b>	
<b>Listes des abréviations</b>	
<b>Listes des annexes</b>	
<b>Introduction</b>	
<b>CHAPITER I : Recherches bibliographiques</b>	
<b>1. Les nanoparticules</b>	
<b>1-Définition</b>	<b>02</b>
<b>2- Caractéristiques</b>	<b>02</b>
<b>2-1- Taille</b>	<b>03</b>
<b>2-2- Forme</b>	<b>03</b>
<b>2-3- Agrégats</b>	<b>04</b>
<b>2-4- agglomérat</b>	<b>04</b>
<b>2-5- Micelles</b>	<b>05</b>
<b>3- Classification</b>	<b>05</b>
<b>3-1- Nanoparticules en base de carbone</b>	<b>06</b>
<b>3-2- Nanoparticules céramique</b>	<b>07</b>
<b>3-3- Nanoparticules de semi-conducteur</b>	<b>07</b>
<b>3-4- Nanoparticule de basé polymères</b>	<b>07</b>
<b>4- Source De Nanoparticule</b>	<b>07</b>
<b>4-1- Les nanomatériaux accidentels</b>	<b>07</b>
<b>4-2- Nanomatériaux manufacturés</b>	<b>07</b>
<b>4-3- Nanomatériaux produits naturellement</b>	<b>07</b>
<b>5- Application des nanoparticules</b>	<b>08</b>
<b>5-1- Application dans les médicaments</b>	<b>09</b>
<b>5-2- Application dans la fabrication et le Matériau</b>	<b>11</b>
<b>5-3- Application dans l'environnement</b>	<b>11</b>
<b>5-4- Application de récupération d'énergie</b>	<b>12</b>
<b>5-5- Application en électronique</b>	<b>13</b>
<b>6- Synthèse de nanoparticules</b>	<b>13</b>
<b>6-1- L'approche ascendante (bottom-up)</b>	<b>13</b>
<b>6-2- L'approche descendante (topdown)</b>	<b>13</b>
<b>7- Toxicité de nanoparticules</b>	<b>14</b>
<b>7-1- Toxicité pour la flore</b>	<b>14</b>
<b>7-2- Toxicité pour la faune</b>	<b>14</b>

<b>8- Effet de nanoparticules sur l'homme et l'environnement</b>	<b>14</b>
<b>II. 1. Le trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>)</b>	<b>15</b>
1- Définition	15
2- l'origine de sbcl <sub>3</sub>	16
3- principe de production	17
4- caractérisation de sbcl <sub>3</sub>	17
5- la source de sbcl <sub>3</sub>	18
6- Comportement	18
6-1- Dans l'eau	18
6-1- Dans les sols	18
6-3- Dans L'air	19
7- Persistance	19
8- Utilisation	19
9- Préparation	20
10- l'usage de sbcl <sub>3</sub>	20
11- la toxicité de sbcl <sub>3</sub>	21
12- Toxicité chronique	22

#### CHAPITER II : Partie expérimentale

<b>Matériel et Méthode</b>	
<b>1- Matériel</b>	<b>25</b>
1-1- Le matériel biologique	25
1-2- position systématique d' <i>Hélix aspersa</i>	25
1-3- Morphologie	26
1-4- Anatomie de l'escargot	26
1-5- Reproduction	27
1-6- Croissance	27
1-7- Rôle de l'escargot, comme un bio-indicateur de la pollution	28
<b>2- Méthode</b>	
2-1- Conditions d'élevages	29
2-2- traitement	30
2-3- Dissection et prélèvement des organes.	32
<b>3- Paramètres étudiés</b>	<b>32</b>
3-1- Paramètres physiologiques	32
3-1-1- Le diamètre de la coquille.	32
3-1-2- le rapport hépato-somatique et rapport réno-somatique	33
3-1-2-1 Mesure du rapport hépato-somatique (R.H.S) et du rapport réno-somatique (R.R.S) .	33
3-2- Paramètres biochimiques.	33
3-2-1- Dosage des métabolites.	33
3-2-1-1- Extraction des métabolites.	33
3-2-1-2- Dosage des protéines	35
3-2-1-3- Dosage des Glucides	36
3-2-1-4- Dosage des Lipide	37
<b>4- Etude statistique</b>	<b>38</b>

## **Résultats**

---

<b>1- Effet de (SbCl<sub>3</sub>) sur les paramètres physiologiques.</b>	<b>39</b>
<b>1-1- Effet de SbCl<sub>3</sub> sur l'évolution du diamètre de la coquille .</b>	<b>39</b>
<b>1-2- Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur le rapport hépatosomatique</b>	<b>40</b>
<b>1-3- Effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur le rapport réno-somatique</b>	<b>40</b>
<b>2- Effets de SbCl<sub>3</sub> sur la composition biochimique.</b>	<b>42</b>
<b>2-1- Effets sur le taux des métabolites</b>	<b>42</b>
<b>2-1-1- Au niveau de l'hépatopancréas.</b>	<b>42</b>
<b>2-1-1-1- Effets sur le taux des Protéines</b>	<b>42</b>
<b>2-1-1-2-Effets sur le taux des glucides</b>	<b>43</b>
<b>2-1-1-3 Effets sur le taux des Lipide</b>	<b>44</b>
<b>2-1-2-Au niveau de reins</b>	<b>45</b>
<b>2-1-2-1 Effets sur le taux des protéines totales</b>	<b>45</b>
<b>2-1-2-2Effets sur le taux des Glucides totales</b>	<b>46</b>
<b>2-1-2-3Effets sur le taux des Lipide totales</b>	<b>47</b>
<b>Discussion</b>	<b>48</b>
<b>1- Effets de SbCl<sub>3</sub> sur les paramètres physiologique</b>	<b>49</b>
<b>1-1- sur le diamètre de la coquille des escargots</b>	<b>49</b>
<b>1-2- sur le rapport hépatosomatique</b>	<b>49</b>
<b>1-3- sur le rapport réno-somatique</b>	<b>49</b>
<b>2- Effets de SbCl<sub>3</sub> sur la composition biochimiques.</b>	<b>50</b>
<b>2-1- Effets sur le taux des métabolites</b>	<b>50</b>
<b>2-1-1- Effets sur le taux des Protéines</b>	<b>50</b>
<b>2-1-2- Effets sur le taux des Glucides</b>	<b>50</b>
<b>2-1-3- Effet sur le taux des lipides.</b>	<b>51</b>
<b>Conclusion &amp; perspectives</b>	<b>52</b>
<b>Références bibliographiques</b>	

# *Introduction*

### Introduction

Les nanoparticules métalliques fascinent les scientifiques depuis plus d'un siècle et sont maintenant largement utilisées dans les sciences et le génie biomédical. Ils sont au centre de l'attention en raison de leur énorme potentiel en nanotechnologie. Aujourd'hui, ces matériaux peuvent être synthétisés et modifiés avec différents groupes fonctionnels chimiques qui leur permettent de se conjuguer avec des anticorps, des ligands et des médicaments d'intérêt, ouvrant ainsi un large éventail d'applications potentielles en biotechnologie, séparation magnétique et pré-concentration pour des analytes ciblés, cibles l'administration de médicaments, les véhicules d'administration de médicaments et de gènes et, surtout, l'imagerie. Des modalités d'imagerie diagnostiques et différentes ont été développées, telles que l'imagerie par résonance magnétique et la tomographie par émission de positons. Tous ces dispositifs et techniques nécessitent des propriétés physiques et chimiques différentes. Cela a conduit à l'invention de nombreux agents de contraste nano-particulaires tels que des nanoparticules magnétiques et des nanoparticules d'or et d'argent à appliquer dans ces méthodes d'imagerie. (Mody, V.V., Siwale, R., Singh, A et Mody, H. R *et al.* , 2010).

On appelle toutes choses nanoparticules, malgré leurs origines différentes (nanoparticules, nanocapsules, nanocristaux, nanopores, etc.), les nanoparticules manufacturées représentent aujourd'hui un enjeu technique et économique majeur pour les sociétés avancées. Elle permet des innovations de rupture dans de nombreux domaines: santé, énergie, information, transport, etc. Son évolution extrêmement rapide, l'absence de mécanismes de régulation spécifiques et sa toxicité inconnue de l'homme ont conduit à des réactions alarmantes face à des dangers apparemment nouveaux, dans les deux cas est inconnue. Cette inquiétude s'est cristallisée autour des premières découvertes Toxicologiques (nanotubes de carbone...). (Benoit Hervé Bazin *Nanoparticules*, 2021).

Le trichlorure d'antimoine est un sel de chlorure inorganique de formule  $SbCl_3$ . C'est un solide cristallin incolore. Expédié sous forme de solution solide ou liquide. Il est lentement décomposé par l'eau en acide chlorhydrique et oxychlorure d'antimoine. Il est soluble dans l'acide chlorhydrique mais insoluble dans l'eau. Il est corrosif pour les métaux et les tissus. Il est utilisé comme réactif pour la détection de la vitamine A et des caroténoïdes apparentés, où il réagit avec le carotène pour former un composé bleu mesurable par colorimétrie (test de Carr-Price). Des solutions de trichlorure d'antimoine étaient autrefois utilisées pour dissoudre et éliminer les parties de corne des veaux et des chèvres. Il sert d'acide de Lewis, d'inducteur d'apoptose et de réactif colorimétrique. C'est une entité moléculaire d'antimoine et d'un chlorure inorganique. Il est dérivé de l'hydrure de stéphanum. (CAMEO Chemicals *et al.*, 2022)

L'objectif général de cette étude est d'évaluer par une étude expérimentale les effets d'exemple d'une nanoparticule métallique grâce à l'utilisation d'un modèle bioindicateur présent dans les écosystèmes terrestres, l'escargot *Helix aspersa*. Pour y répondre, ce manuscrit est organisé en quatre grandes parties :

## Introduction

---

-La première partie : est une étude bibliographique sur les nanoparticules, fonctions de leur origine, ses différents types et applications ...

-La deuxième partie : traite les méthodes utilisées pour déterminer les effets du trichlorure d'antimoine «  $SbCl_3$  » sur *Helix aspersa* en étudiant les critères physiologique (diamètre de la coquille, RHS et RRS) et les paramètres biochimiques (protéines, glucides, lipides).

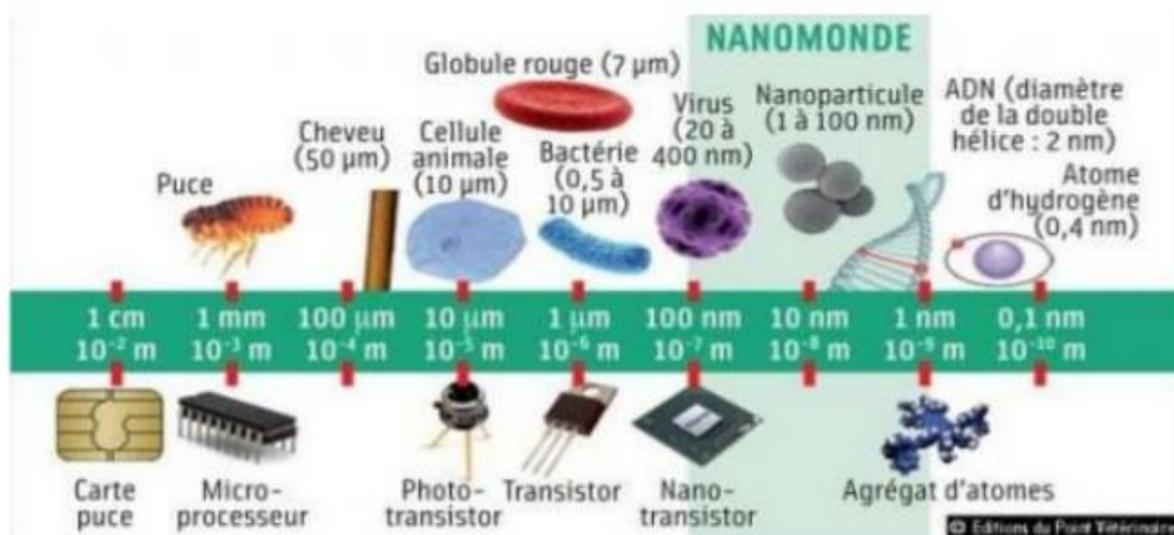
-La troisième partie : présente les résultats obtenus et la discussion.

-Enfin la Conclusion

***Chapitre I :***  
***Les nanoparticules***

## 1- Définition

Une nanoparticule est définie comme une particule ayant au moins une direction de l'espace et une dimension inférieure à 100 nm. La particularité des nanoparticules réside dans le fait que la plupart des atomes qui les composent se trouvent en surface. Par conséquent, les nanoparticules ont de très grandes surfaces d'échange (spécifiques de surface), cette grande surface d'échange confère aux nanoparticules des propriétés physiques et chimiques spécifiques qui peuvent conduire à des effets biologiques qui leur sont propres, la réactivité de surface des nanoparticules, qui augmente avec la diminution de la taille des particules, indique qu'il sera Il a une plus grande activité biologique, avec une masse similaire, que les particules plus grosses. Cela peut être pertinent et utilisé dans des approches thérapeutiques (porteurs de médicaments pour leur capacité à franchir les barrières biologiques). Au contraire, cela peut être défavorable et entraîner une toxicité liée à sa capacité à générer un stress oxydatif et sa dispersion dans l'organisme (Lanone, S et



J. Boczkowski., 2010).

Figure 01: Les frontières du nanomonde (Chamard, 2013).

## 2- Caractéristiques

Les nanoparticules ont de nombreuses propriétés physiques et chimiques en raison de leur taille et de leur surface extrêmement petites, ce qui en a fait l'objet d'études et de développement. (Ali *et al.*, 2009)

### 2-1- Taille

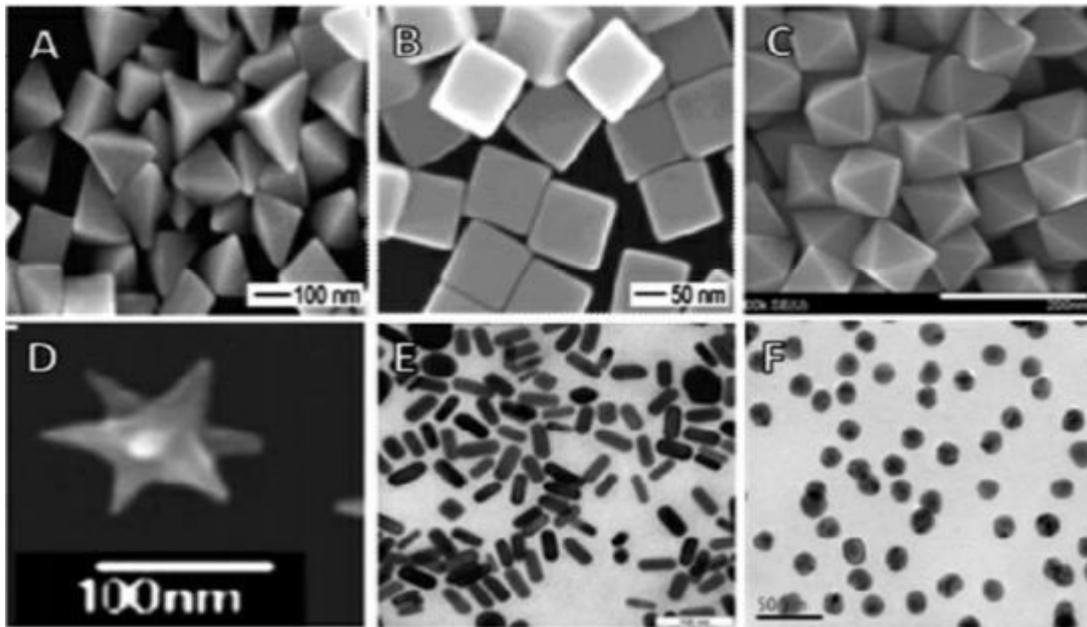
Une nanoparticule, également appelée nanoparticule, est définie comme une nanoparticule dont les trois dimensions sont à l'échelle nanométrique. Il s'agit donc d'une particule d'un diamètre inférieur à 100 nanomètres. Une autre définition plus large décrit une nanoparticule comme un groupe d'atomes qui a au moins une dimension à l'échelle du nanomètre. Terme de conception pour plusieurs classes de nanoobjets: Les fullerènes, qui ont trois dimensions à l'échelle nanométrique Nanotubes et nanomètres Deux types de nanoparticules peuvent être distingués: Les nanoparticules monodispersées dans un seul état de dispersion afin qu'elles soient hautement mobiles peuvent être biodisponibles et toxiques La diffusion est le principal moyen de transfert de np. Cette propriété montre que Np ne reste pas localisé dans la région d'émission mais peut rapidement se retrouver .À titre de comparaison, il existe le même rapport de taille entre la planète Terre et une orange qu'entre une orange et une nanoparticule. Ces caractéristiques dimensionnelles permettent à ces matériaux d'avoir certaines propriétés physiques, en terme de résistance par exemple (Bizi., mars 2012).

### 2-2- Forme

Le nanoparticules prend de nombreuses formes et de nombreuses catégories:

- Nanoparticules :
- Nano-fibre :
- Nano-feuille :
- Agrégats :
- Nano-composés :
- Agglomérat :
- Matériaux nano-poreux :

Les nanoparticules (NP) existent sous différentes formes (sphérique, fibreuse, tubulaire et plate et étoiles. Bâtonnets et cubique et polyédrique Les NP sont de petits matériaux dont la taille varie de 1 à 100 nanomètres. Ils peuvent être classés en différentes catégories en fonction de leurs caractéristiques, formes ou tailles. Les différents groupes comprennent les fullerènes, les NP métalliques, les NP céramiques et les NP polymères. Les NP possèdent des propriétés physiques et chimiques uniques en raison de leur grande surface et de leur taille à l'échelle nanométrique.( Ibrahim Khan ; Khalid Saeed ; Idrees Khan *et al.*, 2019.)



- **A:** nos d'agent ;
- **B:** pyramidale ;
- **C:** cubique ;
- **D:** octaédrique en étoile ;
- **F:** sphérique.

**Figure 02:** Images de microscopie électronique à transmission ou à balayage de Différentes géométries (Adapté de Wang et Yu., 2012 )

### 2-3-Agrégats

Les agrégats sont des structures constituées d'un petit nombre (ou noyaux) de  $n$  atomes ou molécules. Ils forment une phase intermédiaire de la matière, également appelée mésoscopique, entre deux états stables d'atomes (ou molécules) isolés et la phase condensée volumineuse. Cet état est longtemps resté inaccessible à l'expérimentation en raison précisément de sa taille extrêmement réduite et aussi de son empreinte éphémère. Dans la plupart des cas, sous une forme quelconque, selon les conditions thermodynamiques, les agrégats ont tendance à s'évaporer, à se sublimer ou à se dissoudre, ou, au contraire, de grandir vers un état intense massif. Et aussi, leurs propriétés caractéristiques et subtiles de matériaux massifs n'apparaissent qu'à ces très petites tailles, entre quelques dixièmes de nanomètre et quelques nanomètres au plus. (Belloni, Jacqueline, et Mehran Mostafavi., 2011).

### 2-4- agglomérat

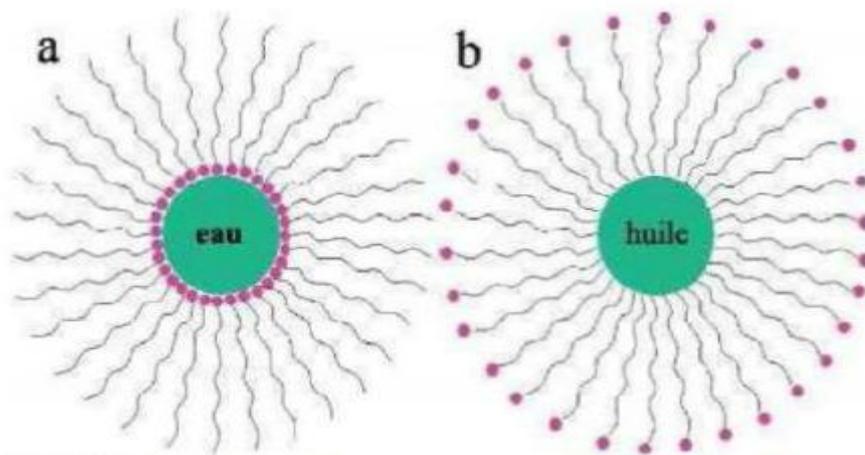
Un agglomérat est un ensemble de particules faiblement liées, d'agrégat ou de mélange des deux dont l'aire de la surface externe résultante est similaire à la somme des aires de surface de chacun des composants.

(<http://www.nanosmile.org/index.php/fr/precautions/nano-materiaux/nano-/471-agregat-et-agglomerat>).

### 2-5- Micelles

Nous discutons d'un «polymère bloc en peigne» avec un squelette hydrophile (têtes polaires N), des chaînes latérales Nf / 2 de type A et des chaînes latérales Nf / 2 de type B. En supposant une surface par tête et un volume par chaîne latérale, attendez-vous à des conformations différentes basé sur les deux fractions sphériques. Dans certains cas, ce critère permet deux appariements distincts: le mieux est de réduire l'énergie interfaciale A/B. On parle aussi de « multiples » (p-polymères par double micelle) et de « colliers » (k doubles micelles d'un même polymère chaîne)( **Pierre-Gilles de Gennes *et al.*, 1999.**)

Il existe également deux types de micelles: les micelles régulières et les micelles en forme Dans un solvant polaire (comme l'eau par exemple), qui contient des molécules Apollinaire. Des micelles réversibles, qui se forment dans un solvant en gouttelettes Ils contiennent des molécules polaires ( **Lucas *et al.*, 21 juin 2019.**)



**Figure 03:** Structure de la micelle inverse (a) et directe (b) (**Djehboub, 2010.**)

### 3- Classification

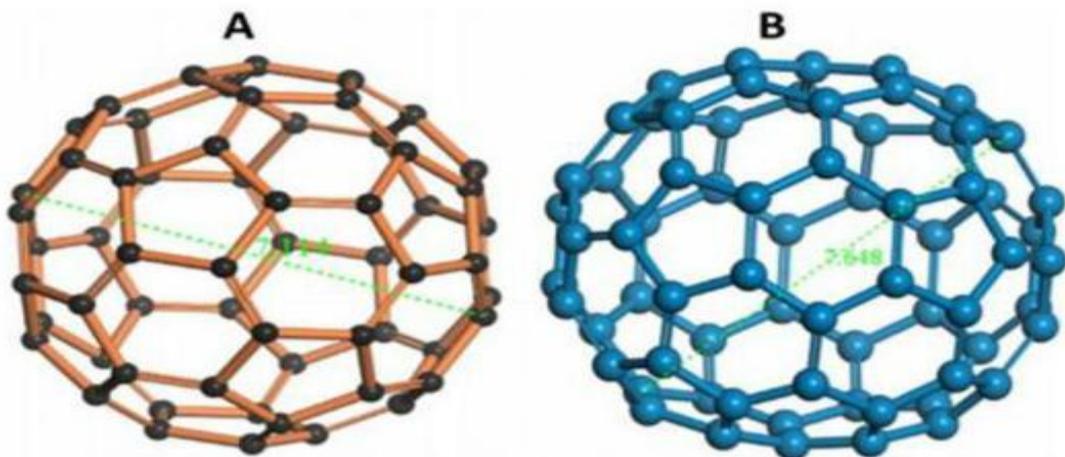
Les nanoparticules représentent la majorité des nanomatériaux utilisés. Les nanoparticules sont un groupe très hétérogène. Alors il y a plusieurs façon Classement (Brucey, 2008).

Et effets sur la santé. Presse Med 37: P 1431-1437. La diversification de ces produits dépend de leurs différentes origines (Pailleux, 2012), (Pailleux *et al.*, 2012.)

#### 3-1-Nanoparticules en base de carbone

Les nanotubes de carbone sont uniforme allotropique du carbone appartenant à la famille des fullerènes (WWOLFGANG KRÄTSCHMER et DONALD).

Dans The Fulleratomes de carbone enroulés sur eux-mêmes formant un tube. Le tube peut être fermé ou non à ses extrémités par une demi-sphère. On distingue les nanotubes de carbone simple-feuillet (SWNT ou SWCNT, pour Single-Walled (Carbon) Nanotubes) (Kiang *et al.*,1996.) et multi-feuillets (MWNT ou MWCNT, pour Multi-Walled (Carbone) Nanotubes).



**Figure 04:** Différentes formes de boules Fullerènes / Buck (A) C60 et (B) C70. (Ibrahim, 2017)

Les nanoparticules métalliques sont des métaux de taille nanométrique dont les dimensions (longueur, largeur, épaisseur) sont comprises entre 1 et 100 nm. En 1857, Faraday a été le premier à étudier l'existence de nanoparticules métalliques en solution. En 1908, Mie a donné une explication quantitative de leur couleur. Aujourd'hui, ces nanomatériaux peuvent être préparés et modifiés avec divers groupes fonctionnels

chimiques qui leur permettent de se lier à des anticorps, comme le cas des ligands et des médicaments. (K.Watanabe *et al.*, 2018).

### 3-2- Nanoparticules céramique

un matériau inorganique et non métallique préparé par chaleur et refroidissement ultérieur. Les matériaux céramiques peuvent avoir une composition cristalline ou semi-cristalline. Les céramiques vitreuses peuvent être de composition amorphe ou de composition cristalline. La porcelaine est soit formée à partir d'une masse fondue qui se solidifie lorsqu'elle est refroidie (formée et formée sous l'influence de la chaleur), soit elle est fabriquée chimiquement à basse température (Meyers *et al.*, 2008).

### 3-3- Nanoparticules de semi conducteur

Les nanomodulateurs métal/semi-conducteur sont des nanomatériaux hybrides comprenant une partie semi-conductrice liée chimiquement à une partie métallique. Grâce à la synergie des propriétés des deux composants, cette structure hybride se traduit par une forte séparation de charge induite par la lumière, ouvrant des voies très prometteuses pour la conversion photovoltaïque, la détection de gaz et la production d'hydrogène par séparation catalytique directe de l'eau ou photodégradation de polluants organiques. Cependant, les procédés de fabrication de ces nanomatériaux sont encore très spécifiques et manquent de diversité. (Unjee Hao *et al.*, 2021).

### 3-4- Nanoparticule de basé polymères

Des nombreux polymères organiques sont produits à l'échelle nanométrique. Comme Exemple, citons le chlorure de polyvinyle et le polystyrène. Ces composés peuvent être modifiés Chimiquement (Guitou, M.-A *et al.*, 2012).

## 4- Source de nanoparticule

De nombreuses nanoparticules sont présentes partout où nous les trouvons dans notre corps et nous entourent. Les sources de ces particules sont classées en 3 sources principales :

#### a. Les nanomatériaux accidentels

qui Ils sont produits accessoirement en tant que sous-produit de procédés industriels telles que les nanoparticules provenant des gaz d'échappement des moteurs de voiture, Les fumées de soudage, les processus de combustion et même certains processus tels que les incendies de forêt;

#### b. Nanomatériaux manufacturés

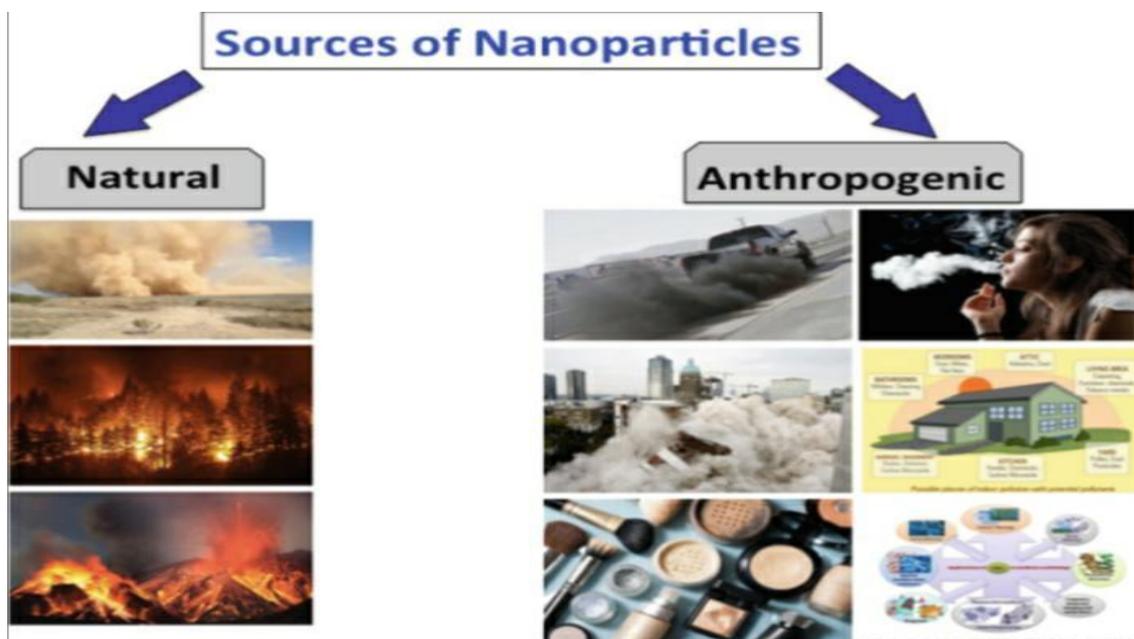
qui ont été fabriqués par l'homme pour avoir certaines propriétés requises pour les applications souhaitées telles que les nanotubes de carbone, les oxydes métalliques, etc

### c. Nanomatériaux produits naturellement

Qui peuvent être trouvés dans le corps humain Organismes, insectes, plantes, animaux et corps humains. mais, Différences entre naturel et épisodique f Les NP synthétisés sont souvent ambigus. Dans certains cas, par exemple, les NM accessoires peuvent être considérés comme une sous-classe de NM naturels.( **Jeevanandam, Jaison, et al., 2018**).

Les types 1 et 3 de nanoparticules sont appelées particules ultrafines (UFP). (**Georgio et al., 2018**).

Nous appelons également le deuxième et dernier type de nanoparticules fabriquées à la main par l'homme, ce type de nanoparticules est appelé « nanoparticules d'ingénierie » (NP). (**Georgio et al., 2018**).



**Figure 05 :** Source de nanoparticules (**Georgio et al., 2018**).

### 5- Application des nanoparticules

La nanotechnologie (**Feynman R et al., 1991**) est une technologie habilitante qui traite des objets de taille nanométrique. On s'attend à ce que les nanotechnologies soient développées à plusieurs niveaux: matériaux, dispositifs et systèmes.

Le niveau des nanomatériaux est le plus avancé à l'heure actuelle, tant dans les connaissances scientifiques que dans les applications commerciales. Il y a une dizaine d'années, les nanoparticules étaient étudiées en raison de leurs propriétés physiques et chimiques dépendant de la taille. (**Murray CB ; Kagan CR ; Bawendi MG et al ., 2000**).

Ils sont maintenant entrés dans une période d'exploration commerciale. (Mazzola L et snikula M , 2003 )



**Figure 06 :** Exemples de produits contenant des nanomatériaux (Lowry *et al.*, 2004).

### 5-1- Application dans les médicaments

Le développement récent des nanotechnologies a contribué à modifier les règles médicales utilisées pour prévenir, diagnostiquer et traiter les maladies, et nous vivons maintenant à l'ère de la technologie nanomédicale, où la nanotechnologie offre, par exemple, de nouvelles voies de transport de médicaments à l'intérieur du corps humain (appelés nanopORTEURS avec des tailles allant jusqu'à l'échelle nanométrique) être capables de cibler différentes cellules dans le corps. (Salata, Oleg v *et al.*,2004).

Grâce à cette technique, les cellules du corps peuvent être facilement photographiées comme si nous prenions une photo normale d'elles, ainsi que ces cellules peuvent être contrôlées et façonnées dans différentes formes.

(Salata, Oleg V *et al.*,2004).

De nombreux types de nanoparticules sont utilisés dans des applications médicales en tant que vecteurs de médicaments ou outils d'imagerie à l'intérieur du corps. Actuellement, divers types de nanoparticules de liposomes fabriqués sont utilisés comme systèmes d'administration de médicaments anticancéreux et de vaccins. Les nanoparticules

d'or sont également utilisées dans les dispositifs de test à domicile pour détecter une grossesse. (Salata, Oleg V *et al.*, 2004).

Les nanofils sont utilisés comme nanobio-capteurs en raison de leur grande sensibilité et de leur taille nanométrique, où ces nanofils sont recouverts d'anticorps fabriqués de sorte qu'ils adhèrent uniquement aux biomolécules (ADN), aux protéines ou à d'autres particules biologiques présentes à l'intérieur du corps. (Salata, Oleg V *et al.*, 2004).

Les nanovaisseaux recouverts d'or sont également utilisés pour détruire les cellules cancéreuses, et la longueur de ces nanovoies est d'environ 120 nanomètres, soit 170 fois plus petite que la taille d'une cellule cancéreuse. Le rouge, qui chauffe l'or et augmente sa température, ce qui conduit à la combustion et mort de ces cellules. Cette méthode se caractérise par sa précision et sa localité du fait de la petitesse des nanosphères par rapport aux cellules et de leur concentration dans les cellules malades uniquement, ce qui éloigne les cellules saines des risques d'effets secondaires. (Salata, Oleg V *et al.*, 2004).

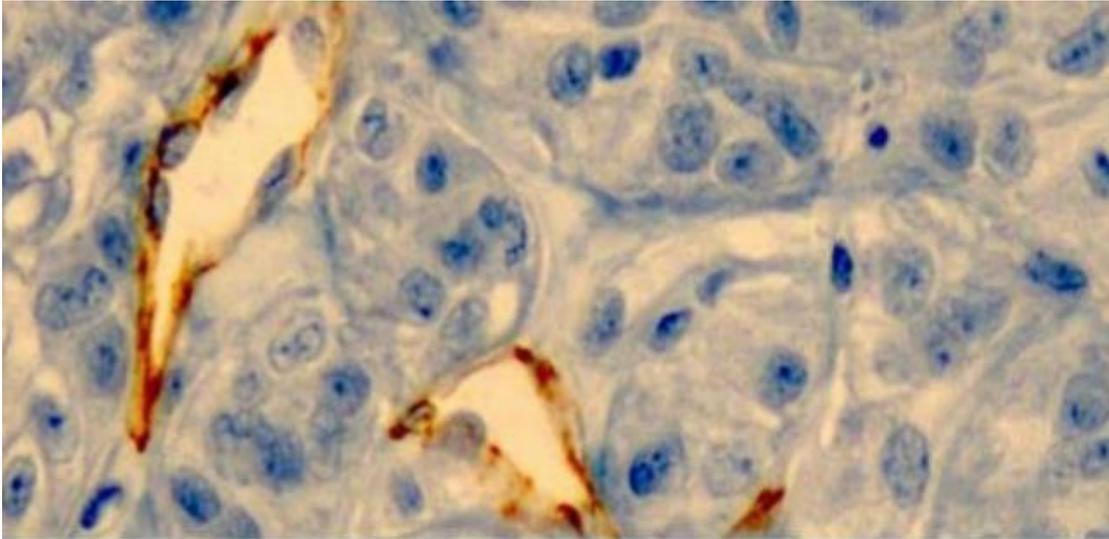
L'une des applications médicales prometteuses de la nanotechnologie est l'utilisation de nanofibres polymères pour réaliser des prothèses vasculaires.

Les nanoparticules d'éléments de terres rares sont utilisées pour éliminer le phosphate du sang des patients atteints d'hyperphosphatémie.

La nanotechnologie joue un rôle majeur dans l'amélioration de l'ingénierie des tissus vivants et de la thérapie cellulaire, qui comprend l'utilisation de cellules vivantes ou de composés naturels ou synthétiques cultivés à l'intérieur du corps vivant. (Salata, Oleg V *et al.*, (2004).

Certains chercheurs font maintenant des tentatives expérimentales pour utiliser des nanocapsules de silicium qui empêchent le système immunitaire du corps de reconnaître les cellules étrangères, car ces capsules bloquent les anticorps produits par le système immunitaire du corps.

De plus, les outils chirurgicaux sont maintenant devenus une cible de développement et d'amélioration à l'aide de la nanotechnologie, car il a été possible de concevoir un scalpel chirurgical basé sur un matériau nano-diamant qui coupe avec une extrême précision à travers le globe oculaire (Salata, Oleg V *et al.*, (2004).



**Figure 07 :** Des nanoparticules d'or pour soigner le cancer (Emmanuel. F *et al.*, 2017).

### 5-2- Application dans la fabrication et le Matériau

Les métamatériaux sont des matériaux fabriqués par l'homme qui ont des propriétés que l'on ne trouve pas dans les matériaux naturels. Il s'agit généralement de matériaux composites constitués de résonateurs dont la réponse intense permet d'obtenir des propriétés uniques. Nos matériaux sont des amas denses de nanoparticules cœur-coquille. Le cœur métallique de l'or présente une subtile résonance dans le visible et la coquille de silice permet de contrôler les couplages entre les particules. Le matériau est produit par une méthode dérivée de la technique de Langmuir-Blodgett et par micro-évaporation., (Christophe. Synthèse *et al.*, 2014).

### 5-3- Application dans l'environnement

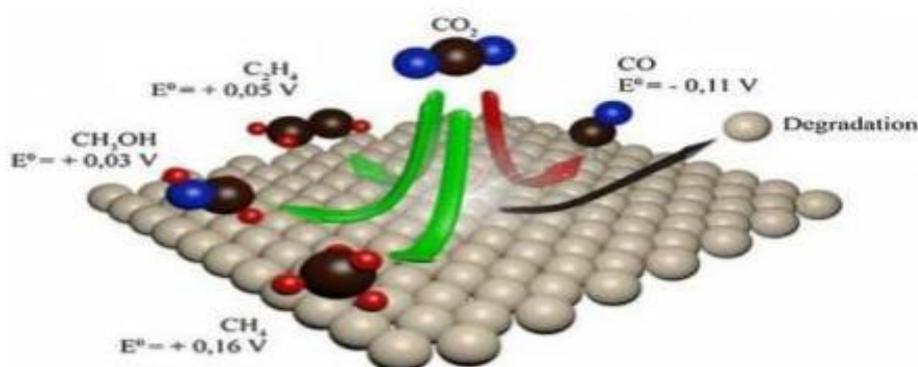
La nanotechnologie verte est décrite comme le développement de technologies propres qui « réduisent les risques potentiels pour l'environnement et la santé humaine associés à la fabrication et à l'utilisation de la nanotechnologie, et encouragent le remplacement des produits existants par de nouveaux nanoproducts respectueux de l'environnement » au cours de son cycle de vie. La nanotechnologie verte a deux objectifs: produire des nanomatériaux et des produits qui ne nuisent pas à l'environnement ou à la santé humaine, et produire des nanoproducts qui apportent des solutions aux problèmes environnementaux. Cette technologie utilise les principes existants de la chimie verte et de l'ingénierie verte pour fabriquer des nanomatériaux et des nanoproducts non toxiques, à basse température en utilisant des énergies renouvelables et moins d'intrants lorsque cela est possible, et en utilisant la réflexion sur le cycle de vie tout au long de la conception et de l'ingénierie. ( Environnement et nano vert., 2011).



**Figure 08 :** différentes utilisations des nanoparticules manufacturées dans les applications Environnementales (Lowry G.V. *et al.*, 2004).

#### 5-4- Application de récupération d'énergie

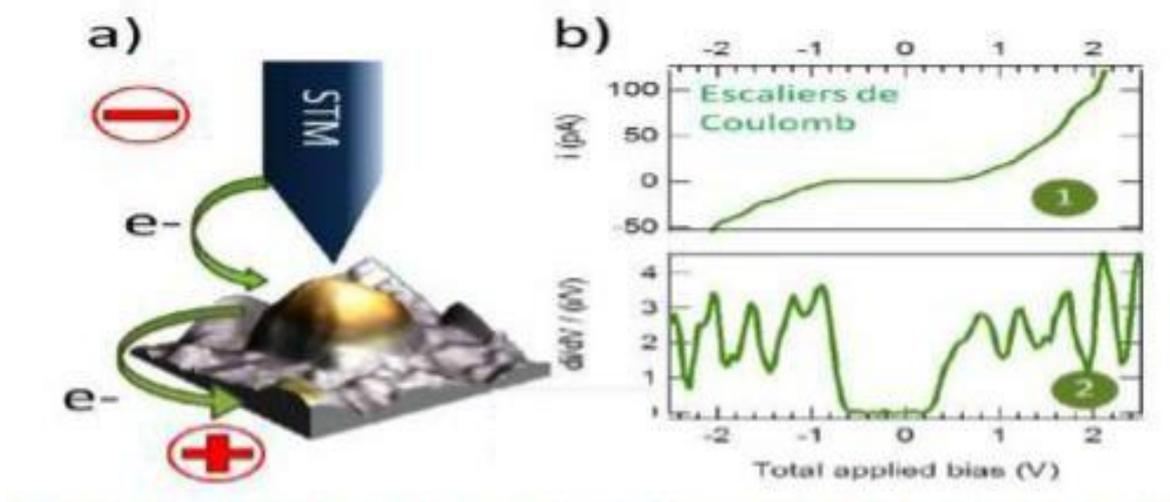
Le concept de récupération d'énergie est généralement lié au processus d'utilisation de l'énergie environnante, qui est convertie principalement (mais pas exclusivement) en énergie électrique pour faire fonctionner de petits appareils électroniques. Les tendances récentes dans l'industrie et la recherche se sont concentrées sur les polymères électromécaniques pour la conversion d'énergie électromécanique. Cet intérêt s'explique par de nombreux avantages tels qu'une productivité élevée, une grande flexibilité et une facilité de traitement. L'objectif de ce travail de recherche est d'explorer le potentiel des polymères électroactifs pour l'application de la récupération d'énergie mécanique autour des composites à base de polyuréthane (PU) et de P(VDF-TrFE-C). Un modèle analytique électromécanique a été préparé afin de déterminer avec précision le comportement physique des polymères électroactifs. (Eddiai *et al.*, 2013).



**Figure 09 :** Approches de production d'énergie à partir de la réduction du CO<sub>2</sub> (khan *et al.*, 2017).

### 5-5- Application en électronique

Nanoélectronique: terme désignant l'application de la nanotechnologie aux composants électroniques, en particulier les transistors. Bien que le terme nanotechnologie désigne l'utilisation d'une technologie de taille inférieure à 100 nanomètres, la nanoélectronique fait souvent référence à de très petits transistors et, par conséquent, les interactions au sein de l'atome et les propriétés mécaniques quantiques nécessitent une étude plus approfondie et intensive. La nanoélectronique est parfois une technologie controversée en raison du fait que les candidats actuels diffèrent considérablement des transistors conventionnels. (Waldner, Jean-Baptiste *et al.*, 2007).



**Figure 10:** Des nanoparticules d'or pour l'électronique moléculaire (Caillard, L *et al.*, 2013).

#### 5- Synthèse de nanoparticules

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

##### a. L'approche ascendante (bottom-up)

les NP sont construites atome par atome ou Molécule par molécule.

les NP sont construites atome par atome ou Molécule par molécule.

##### b. L'approche descendante (topdown)

une grande structure est graduellement Sous dimensionnée, jusqu'à atteindre des dimensions nanométriques après application Desollicitations mécaniques sévères, de chocs violents et de fortes déformations. (Swihart, Mark T, *et al.*, (2003).

## 6- Toxicité de nanoparticules

### Ecotoxicité des nanoparticules

Les nanoparticules peuvent être dangereuses en tant que telles lorsqu'elles sont absorbées directement par les organismes, mais également indirectement par transport de polluants fixés sur leur surface ou présents dans leur structure.

#### c. Toxicité pour la flore

Il n'existe à notre connaissance aucune donnée portant sur les toxicités des nanoparticules sur la flore. Nous pouvons cependant avancer que les différentes plantes peuvent absorber, par leurs racines, les nanoparticules transportées par le sol, ainsi que les nanoparticules présentes dans l'air, par leurs stomates. La flore pourrait donc être indirectement contaminée par les nanoparticules transportant des polluants. (AFSSET *et al.*, 2006).

#### d. Toxicité pour la faune

La toxicité des nanoparticules vis-à-vis de la faune est de nouveau mal connue et peu documentée. Plusieurs études ont été réalisées sur des organismes aquatiques, comme sur le bar micropterus salmoides (en 2004, Oberdörster) que l'on a exposé à 0,5 mg/l de fullerène pendant 48 heures, sans que cela provoque de mortalité. Que peut-on en conclure sur les effets des nanoparticules de fullerène ? Beaucoup critique le protocole expérimental pour son absence de répliquas et l'utilisation d'un solvant sur le fullerène, qui pourraient modifier les propriétés et la toxicité des nanoparticules considérées. D'autant plus que d'autres études tentent à prouver que le solvant utilisé n'est pas neutre, et fausse donc les résultats.

On ne peut ainsi rien conclure, mais les études sur le sujet tendent à se multiplier (AFSSET *et al.*, 2006)

## 6- Effet de nanoparticules sur l'homme et l'environnement

A l'aube du XXIème siècle, les nanosciences et nanotechnologies promettent des progrès remarquables dans de nombreux domaines, mais soulèvent aussi de nombreuses inquiétudes en particulier au sujet de leurs effets sur la santé humaine et l'environnement. (Simon-Deckers, et Angélique., 2008).

### ✓ Effet sur l'homme

La petite taille qui distingue les nanomatériaux rend leur entrée dans l'organisme beaucoup plus facile que les particules de grande taille. Ces nanoparticules se conduisent à l'intérieur du corps. Alors qu'il est connu que la taille, la forme et la surface de la nanoparticule jouent un rôle important dans la détermination de son comportement avec les cellules et les tissus du corps. Un grand nombre de molécules peuvent surcharger les phagocytes dans le corps, ce qui contribue à son tour à un affaiblissement des mécanismes

de défense du corps contre d'autres agents pathogènes. Une autre préoccupation est leur interaction ou interférence potentielle avec les processus biologiques dans le corps. En raison du grand rapport surface/volume de ces molécules, lorsqu'elles sont exposées aux tissus et aux fluides, elles se lient immédiatement à certaines des molécules qu'elles rencontrent sous forme de protéines plasmatiques (Wayback Machine *et al.*, 2015). Les nanomatériaux sont capables de traverser les membranes biologiques et d'atteindre les cellules, les tissus et les organes que les molécules plus grosses ne peuvent normalement pas. (Holsapple *et al.*, 2005). Les nanomatériaux peuvent pénétrer dans la circulation sanguine par inhalation ou ingestion.

✓ Effet sur l'environnement

mobilité des nanoparticules dans l'environnement Lorsqu'elles sont sous forme dispersée, les nanoparticules sont très mobiles. En milieu aqueux, elles ont plutôt tendance à s'agglutiner en amas plus ou moins stables (agrégats, agglomérats) qui limitent leur mobilité. Cette capacité à s'agglutiner dépend des propriétés de leur surface et en particulier de leur charge qui, dans le milieu naturel, peuvent être fortement influencées par leurs interactions avec les composés humiques. Mais les propriétés physicochimiques des nanoparticules peuvent également être modifiées par un traitement spécifique de leur surface: un enrobage a ainsi pour effet de les stabiliser et de réduire leur propension à se lier et donc d'accroître leur mobilité. Les particules peuvent d'autre part changer de propriétés après avoir été absorbées par les organismes.

[www.bag.admin.ch/nanotechnologie/index.html?lang=fr](http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/index.html?lang=fr)

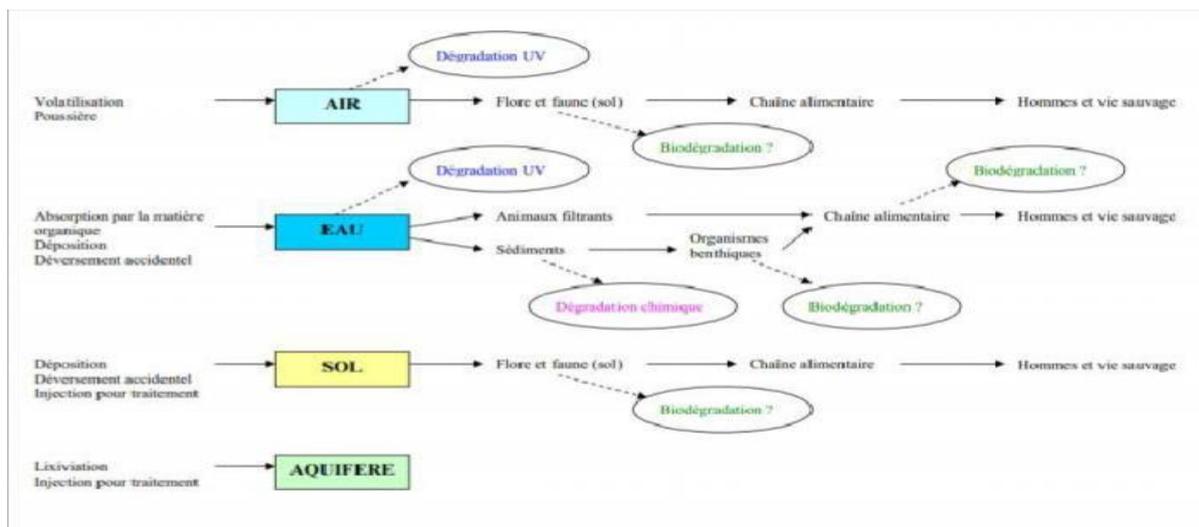


Figure 11 :Cycle de vie des nanomatériaux dans l'environnement (Afsset, 2006)

## II. Le trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>)

### 1- Définition

L'antimoine est un composé chimique moléculaire trivalent de formule moléculaire SbCl<sub>3</sub>. C'est un matériel Solide, incolore et doux connu sous le nom de beurre d'antimoine. Il a une forte odeur et au contact l'eau, se décomposant, formant de l'oxychlorure et libérant du chlorure d'hydrogène (David *et al*, 2010). C'est aussi l'un des stimulants les plus courants du SnO<sub>2</sub>; Par conséquent, l'ajout Sb modifie la structure de bande de SnO<sub>2</sub> (Krishnakumar *et al.*, 2009), en utilisant La réponse au trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) comme catalyseur majeur de la synthèse organique, Parce qu'il est facile à manipuler. (Pormosavi *et al.*, 2017) Le trichlorure d'antimoine a été utilisé Hooker pour améliorer l'effet ballonnant sur l'absinthe. Il était autrefois utilisé pour dissolver et retirer les gousses des veaux sans avoir à les couper. Il est également utilisé comme catalyseur de réactions de polymérisation, d'hydrocraquage et de chloration; comme d'un habitant. et dans la production d'autres sels d'antimoine. Il est utilisé comme détecteur Analytique pour le chlore, les aromatiques et la vitamine A. Il a des utilisations très potentielles en tant que catalyseur acide de Lewis dans la transformation organique synthétique (caroline.le,2015). Il pénètre dans l'organisme par inhalation. L'exposition ou son empoisonnement entraîne souvent une irritation et des brûlures des yeux, de la peau, des organes respiratoires, etc. (Salim Salsabil ; Shawhaniya Omaima ; Jamiat Al-Arabi Tabsi 2021).

Figure 12: Localisation de l'antimoine (Sb) dans le tableau périodique. Le tableau périodique des éléments est présenté avec les éléments colorés par groupes. L'antimoine (Sb) est localisé dans le groupe 15, période 5, et est entouré d'un cercle rouge.

**Figure 12 :** localisation de l'antimoine Sb dans le tableau périodique ( Premium-fr.freepik).

## 2- l'origine de SbCl<sub>3</sub>

La connaissance et l'utilisation de l'antimoine remonte à la plus haute Antiquité. Lors des fouilles de Tello, effectuées en 1877 dans l'ancienne cité de Lagash en Chaldée, le diplomate et archéologue Gustave Chocquin de Sarzec trouva des fragments d'un vase qui se révéla être en antimoine pur d'après les analyses qu'en fit Marcelin Berthelot. (**Berthelot M., C. R. Acad. Sci., 1887**). Sarzec établit que ce vase datait du début de la civilisation sumérienne, 4000 av. J.-C. La première utilisation de l'antimoine fut d'ordre cosmétique puisque sous la Haute Égypte, les femmes utilisaient déjà le sulfure d'antimoine naturel, ou khôl, pour se farder les yeux. Mais ce fut son emploi, lors de la découverte de l'imprimerie, dans la fabrication des caractères qui le rendit indispensable. En effet, l'addition d'antimoine au plomb permet aux caractères d'imprimerie de résister à l'écrasement. De nos jours, on utilise surtout l'antimoine dans les alliages antifrictions à une teneur de l'ordre de 15 à 25 %. L'étymologie du mot antimoine est controversée. Le Grand Dictionnaire universel du XIXe siècle nous dit: « Selon les uns, du grec anti ; à l'opposé de, et monos; seul, parce qu'on a cru longtemps que ce métal ne se trouvait jamais pur. Selon d'autres, de anti; et moine; parce que l'action énergique de cette substance aurait été funeste à des moines qui en étudiaient les propriétés; étymologie plus que ridicule, qui n'a aucune authenticité.» Paul Pascal écrit dans son Nouveau Traité de chimie minérale. (**Pascal P et al., 1985**). que l'origine du mot antimoine semblerait provenir de l'arabe athmond, qui en latin se serait transformé en athmodium, puis athimodium, et enfin antimonium. Selon Pline, les Latins l'appelaient stibium.

## 3- principe de production

L'antimoine est un sous-produit de fabrication des minerais de plomb et de zinc notamment. Il est extrait principalement par des techniques pyrométallurgiques: conversion du sulfure d'antimoine présent dans le minerai en oxyde, puis réduction, ou grillage partiel du minerai conduisant à la formation d'antimoine métal et de dioxyde de soufre (**BISSON et al., avril 2007**). Le trichlorure d'antimoine est obtenu par réaction du chlore avec l'antimoine métal ou par dissolution d'oxydes d'antimoine dans de l'acide chlorhydrique concentré, chaud (**BISSON et al., avril 2007**).

## 4- caractérisation de SbCl<sub>3</sub>

**Tableau 01** : caractérisation de SbCl<sub>3</sub> (**BISSON et al.,2007**).

Substance chimique	N° CAS	N° EINECS	Synonymes	Forme Physique (*)
Antimoine Sb	7440-36-0	231-146-5	Antimony	Solide
Hydruure D'antimoine	7803-52-3	Non disponible	Trihydrure d'antimoine antimony hydride Hydrogen antimonide Stibine	Gaz

Trichlorure D'antimoine  SbCl <sub>3</sub>	10025-91-9	233-047-2	Beurre d'antimoine Chlorure d'antimoine Chlorure antimonieux Antimony butter Antimony (III) chloride Antimonous Chloride Antimony trichloride	<b>Solide Cristallisé</b>
Pentasulfure d'antimoine Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	1315-04-4	215-255-5	Antimonic sulfide Antimony persulfide Antimony red Golden antimony Sulfide	<b>Solide</b>
Pentoxyde d'antimoine Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1314-60-9	215-237-7	Antimonic oxide Antimony pentaoxide Antimony pentoxide	<b>Solide Pulvérulent</b>

### 5- la source de SbCl<sub>3</sub>

L'antimoine est présent naturellement dans la croûte terrestre et les rejets dans l'atmosphère proviennent aussi bien des sources naturelles que des sources anthropiques. 41% des émissions dans l'air proviennent de sources naturelles: particules de sol transportées par le vent, volcans, aérosol marins, feux de forêts, sources biogéniques (ATSDR, 1992). Les sources anthropiques de rejet dans l'atmosphère incluent l'industrie des métaux non ferreux (extraction minière, fusion, raffinage) et la combustion du charbon et des ordures. Les rejets dans l'eau proviennent d'industries liées à la production et à l'utilisation de l'antimoine et de ses composés. Aux USA, les eaux résiduaires des fonderies, de l'industrie de l'émaillage de la porcelaine et de l'industrie des métaux non ferreux présentent des concentrations supérieures à 1 ppm. La plus grande partie de l'antimoine disposés dans l'environnement est retrouvé dans les sols. Les industries à l'origine de cette pollution sont sensiblement les mêmes que celles impliquées dans la pollution de l'eau (ATSDR, 1992).

### 6- Comportement

#### 6-1- Dans l'eau

L'antimoine est peu présent dans les eaux. Ses spéciations ainsi que les phénomènes chimiques et biochimiques qui se produisent dans les eaux sont peu connus (ATSDR, 1992). Il semble convenu que l'antimoine dans les eaux est principalement présente sous des formes associées.

#### 6-1- Dans les sols

L'antimoine est présent dans la lithosphère sous forme de sulfures d'antimoine, d'antimonides métalliques ou d'oxydes d'antimoine (Edwards *et al.*, 1995). Plusieurs auteurs sont d'accord pour reconnaître que le comportement géochimique de l'antimoine dans les sols reste peu connu, tout en le rapprochant de celui de l'arsenic (Adriano, 1986;

ATSDR, 1992; Kabata-Pendias et Pendias, 1992; Edwards *et al.*, 1995). Ces mêmes auteurs sont en revanche d'avis partagés sur les plus ou moins grandes mobilités de l'antimoine dans les sols. Ainsi (Adriano *et al.*, 1986 ; Edwards *et al.*, 1995) a précisé que, quand l'antimoine est présent dans les sols sous forme soluble, il est le plus souvent sous forme d'antimonate. (Kabata-Pendias et Pendias, 1992 ; Edwards *et al.*, 1995) signalent que l'antimoine est souvent présent sous forme soluble complexe avec les acides humiques du sol. Ils considèrent que cette forme est très mobile dans l'environnement, alors que (Edwards *et al.*, 1995) estiment que cette mobilité est très modérée. De la même façon, (Edwards *et al.*, 1995) considèrent que l'antimoine s'accumule globalement en surface, alors que (Kabata-Pendias et Pendias, 1992) affirment que sa migration dans les horizons profonds est aisée.

### 6-3- Dans l'air

L'antimoine peut être associé à des dépôts de minerai non ferreux, et c'est sous cette forme qu'il est le plus souvent émis dans l'atmosphère (Adriano, 1986; Kabata-Pendias et Pendias, 1992). En effet, l'antimoine est un métal relativement volatil et sous forme vapeur suite, à un processus de combustion, il se condense en suspension fine dont le diamètre est inférieure au micromètre (ATSDR, 1992). La demi-vie de l'antimoine dans l'atmosphère est estimée à 1,9 jours, et peut aller jusqu'à 3,2 jours pour le trioxyde d'antimoine (ATSDR, 1992). L'antimoine peut donc être transporté sur de longues distances depuis son point d'émission. Les plus fortes concentrations d'antimoine dans l'atmosphère ont été relevées alentour de fonderies de cuivre, de zinc ou de plomb (Adriano, 1986; Kabata-Pendias et Pendias, 1992 ; Edwards *et al.*, 1995).

### 7- Persistance

L'antimoine, en tant qu'éléments chimique, ne peut pas être dégradé. Cependant il peut être transformé par des facteurs abiotiques ou biotiques.

Dans l'environnement, l'antimoine sera principalement sous les degrés d'oxydation Sb(III) et Sb(V). Ces deux formes peuvent facilement être hydrolysés en Sb(OH)<sub>3</sub> et Sb(OH)<sub>6</sub> respectivement. D'après les potentiels redox, la forme Sb(V) sera majoritaire en milieu toxique tandis que la forme Sb(III) sera préférentiellement retrouvée en milieu anoxique. Cependant, la forme Sb(III) peut aussi être retrouvée dans les eaux toxiques, et plus particulièrement dans la zone phatique de la colonne d'eau. La présence de la forme Sb(III) dans cette zone a pu être interprétée comme le résultat d'une réduction photochimique (Cutter *et al.*, 2001) ou de l'activité métabolique du phytoplancton (Benson, 1998). L'antimoine peut aussi être méthyli suite à l'action de microorganismes (Gurleyuk *et al.*, 1997). L'antimoine sous forme méthyl a été retrouvé dans les eaux de surface (représenté en proportion jusqu'à 10 % de l'antimoine dissous), dans les biotes (Filella *et al.*, 2002).

## 8- Utilisation

L'antimoine est utilisé dans la fabrication d'alliages avec le plomb, l'étain et le cuivre (il augmente la dureté du plomb). Avec l'étain, il est utilisé dans la fabrication. Avec le plomb et l'étain, il est utilisé dans la fabrication d'alliages antifriction. Il est également employé dans la fabrication des plaques de plomb des batteries, des plombs de chasse, des semi-conducteurs, des piles thermoélectriques, pour le traitement de surface des métaux et pour le noircissement du fer. Le pentoxyde d'antimoine est employé comme substance ignifuge pour les textiles

Le trichlorure d'antimoine est employé comme catalyseur en synthèse organique, pour la fabrication d'autres sels d'antimoine, comme mordant pour les textiles et le cuir, et comme réactif de laboratoire. Il est également utilisé comme lubrifiant pour les matières plastiques. En solution, il permet le bronzage de l'acier, le mordantage du cuir, le noircissement du zinc. Il entre dans la fabrication des laques pour bois. (BISSON *et al.*, avril 2007).

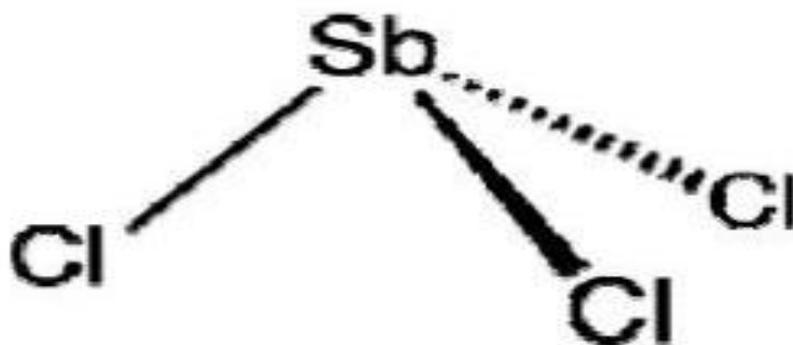


Figure 13: Structure de SbCl<sub>3</sub> (smokefoot 1 novembre, 2007).

## 8- Préparation

Le trichlorure d'antimoine est préparé par la réaction du chlore avec l'antimoine. On peut aussi le préparer en traitant le trioxyde d'antimoine avec de l'acide chlorhydrique concentré.

## 9- l'usage de sbcl3

SbCl<sub>3</sub> est un réactif pour la détection de la vitamine A et des organismes caroténoïdes associés dans un test de taux CAR. Le trichlorure d'Antimoine réagit avec un caroténoïde pour former un complexe bleu qui est mesuré par colorimétrie. le thrichlorure d'Antimoine a également été utilisé comme floral pour permettre l'effet régulateur de l'absinthe. Il était utilisé auparavant pour faire fondre et retirer la corne de semence des veaux sans avoir à la couper. également utilisé comme catalyseur pour la cristallisation, les réactions réactionnelles et la chloration; cordant; et dans la production d'autres sels

d'antimoine. Sa solution est utilisée comme ensemble de réactifs analytiques pour le chloral, les aromatiques et la vitamine A2 a une utilisation très potentielle comme catalyseur acide de Lewis dans la conversion organique synthétique. (Wilkinson, Jean, 1931).

### 10- la toxicité de sbcl3

Tableau 02 : le risque de sbcl3 sur la santé

([https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=fr&p\\_card\\_id=1224&p\\_version=2](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fr&p_card_id=1224&p_version=2))

	SYMPTOMES	PREVENTION
<b>Inhalation</b>	Mal de gorge. Toux. Sensation de brûlure, essoufflement. Respiration difficile. Douleur abdominale	Utiliser une ventilation (sauf en cas de produit pulvérulent), une aspiration locale ou une protection respiratoire.
<b>Peau</b>	Douleur. Rougeur. Sérieuses brûlures cutanées.	Gants de protection. Vêtements de protection.
<b>Yeux</b>	Douleur. Rougeur. Brûlures profondes graves.	Porter un écran facial ou une protection oculaire ainsi qu'une protection respiratoire.
<b>Ingestion</b>	Sensation de brûlure. Crampes abdominales. Nausée. Vomissements. Choc ou collapsus.	Ne pas manger, boire ou fumer pendant le travail.

- toxicité aiguë

- ✓ chez l'homme

L'ingestion accidentelle par voie orale de trioxyde d'antimoine a entraîné des sensations de brûlures dans l'estomac, des coliques, des nausées, des vomissements, et parfois des collapsus (IARC,1989). Des effets gastro-intestinaux ont été signalés chez des travailleurs exposés à des poussières d'antimoine. Ces effets résultent certainement du transport des poussières des poumons au niveau digestif par une action mucociliaire (ATSDR, 1992). Une application cutanée de trioxyde d'antimoine pendant 24 heures n'a pas entraîné d'effet dermatologique ou systémique (IBTL, 1972).

- ✓ chez l'animal

Des rats et des cobayes Exposé par inhalation pendant 30 minutes à 1 395 mg d'antimoine/m<sup>3</sup>, sous forme d'hydruure d'antimoine, ont présenté des œdèmes pulmonaires ou sont morts (Price *et al.*,1979). à la dose de 799 mg d'antimoine/m<sup>3</sup>, une dilatation tubulaire Rénal est observée Chez la souris, la concentration létale d'hydruure d'antimoine est de 100 ppm pour une exposition de 20 minutes (INRS, 1992). Des hamsters exposés à 65 ppm.

D'hydruure d'antimoine pendant une heure ont présenté rapidement une hémolyse (INRS, 1992). L'exposition des lapins pendant cinq jours à 19,94 mg d'antimoine/m<sup>3</sup>,

sous forme de trisulfure d'antimoine, provoque une inflammation des poumons, une dégénérescence graisseuse et parenchymateuse du foie, et des altérations de électrocardiogramme (**Brieger et al., 1954**). Par voie orale, la DL50 du trioxyde d'antimoine est supérieure à 20 g/kg chez le rat (**Merck, 1996**). L'administration d'une dose unique de 300 mg d'antimoine/kg sous forme de tartrate de potassium et d'antimoine a entraîné la mort de rats (**Bradley et Frederick, 1941**). Au contraire, l'administration unique de doses plus élevées d'antimoine inorganique (métallique, oxyde, trioxyde d'antimoine) allant jusqu' au 16 714 mg/kg n'a pas entraîné la mort des rats (**ATSDR, 1992**). Des vomissements et des diarrhées ont été observés après une exposition aiguë d'animaux a du trioxyde d'antimoine ou du tartrate de potassium et d'antimoine (**Myers et al., 1978; Houpt et al., 1984**). L'application cutanée a des lapins de 1 584 mg d'antimoine/kg sous forme d'oxyde d'antimoine (solvant de dilution non précis) (**IBTL, 1972**) ou de 6 686 mg d'antimoine/kg sous forme trioxyde d'antimoine (solvant de dilution non précis) (**Myers et al., 1978**) a entraîné leur mort en une journée.

## 11- Toxicité chronique

### • Effets généraux

#### ✓ chez l'homme

L'exposition professionnelle par inhalation a du trioxyde d'antimoine et/ou des poussières de Pentoxyde d'antimoine (8,87 mg d'antimoine/m<sup>3</sup> Ou plus) a entraîné des effets respiratoires Incluant une stibiose (pneumoconiose stibiée), de la bronchite chronique, de l'emphysème Chronique, des adhésion pleurales et des effets pulmonaires obstructifs (**Cooper et al., 1968; Potkonjak et Pavlovich, 1983**). Des travailleurs exposé a 0,58 a 5,5 mg d'antimoine/m<sup>3</sup> Sous forme de trisulfure d'antimoine.

Pendant 8 mois a deux ans ont présente une augmentation de la pression sanguine (10 %) et Des altérations de l'électrocardiogramme chez 5 % des sujets (anomalies de l'onde T) (**Brieger et al., 1954**). Cependant ces travailleurs étaient également exposé à une résine a base de phénol et de formaldéhyde. Des travailleurs exposé moins de cinq mois a des fumés d'oxyde d'antimoine a des Concentrations de 4,69 Ç 11,82 mg/m<sup>3</sup> Ont Présent des rhinites, dermatites, laryngites, Bronchites, pneumonites et conjonctivites (**rênes, 1953**). Cependant ces travailleurs étaient Également Exposé a de faibles concentrations d'arsenic (0,39 a 1,10 mg/m<sup>3</sup>) Le contact cutanée avec des particules aéroportés de trioxyde d'antimoine a été associé a L'apparition d'une dermatite chez des ouvriers (**Stevenson, 1965**). Celle-ci est caractérisé Par une narcose cellulaire Epidermique avec des réactions cellulaires inflammatoires aiguës.

#### ✓ chez l'animal

l'exposition des rats par inhalation a du trioxyde d'antimoine pendant 13 semaines ou plus a entraîné une augmentation du nombre de macrophages alvéolaires et/ou intra-

alvéolaires (**BioDynamics, 1985.1990**). Une inflammation interstitielle chronique a également été observée chez les rats exposés à 0,07 mg/m<sup>3</sup> pendant un an. Une fibrose interstitielle et une pneumonie lipoïdique ont été observées chez des rats exposés à du trioxyde d'antimoine ou du trisulfure d'antimoine pendant un an (**Gross et al., 1952**).

Ces effets ont été observés pour des expositions comprises entre 1,6 et 83,6 mg d'antimoine/m<sup>3</sup>.

Des rats et des lapins exposés 7 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant au moins 6 semaines à des poussières contenant du trisulfure d'antimoine à des concentrations de 3,07 à 5,6 mg/m<sup>3</sup>, ont présenté une dégénérescence parenchymateuse du cœur et des modifications de l'électrocardiogramme (**Brieger et al., 1954**).

***Chapitre II :***  
***Matériel et Méthode***

## I. Matériel

### I.1. Le matériel biologique: *Hélix aspersa*

Notre étude a été menée au Laboratoire de biologie animale du département de biologie de l'Université de Tébessa. Cette étude a été menée sur l'escargot Terrestre *Hélix aspersa* à l'âge adulte.

Cet invertébré a été choisi pour Les raisons suivantes :

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

### I.2. position systématique

*Hélix aspersa* (**Müller., 1774**) est un mollusque gastéropode terrestre doté de poumons et dans une nomenclature plus récente (**Barker, 2001**) comme *Cantareus aspersus*, *Cornu aspersus* ou Petit gris. Les mollusques sont des animaux sans axe vertébral ils ont des coquilles ; Cependant, il peut être perdu dans de grands groupes de plus, ils ont une symétrie bilatéral brut, mais peut être profondément altéré dans certains groupes (**Gaillard ., 1991**).Selon (**Bonnet et al., Vrillon,1990**), son positionnement système est la suivante :

<b>Règne</b>	Animalia (Linnaeus, 1758)
<b>Embranchement</b>	Mollusca (Cuvier, 1795)
<b>Classe</b>	Gastropoda (Cuvier, 1797)
<b>Ordre</b>	Stylommatophora (Schmidt, 1856)
<b>Famille</b>	Helicidae (Rafinesque, 1815)
<b>Genre</b>	<i>Hélix</i> (Linnaeus, 1758)
<b>Espèce</b>	<i>Hélix aspersa</i> (Müller, 1774)
<b>Synonyme</b>	<i>Cornu aspersum aspersum</i> (Müller, 1774)
<b>Sous-espèce</b>	<i>Hélix aspersa aspersa</i> (Müller, 1774)

**I.3.Morphologie**

**Figure 14 : *Helix aspersa* (Photo personnelle)**

**I.4.Anatomie de l'escargot**

Le corps d'un escargot consiste en un pied unique, une tête et une masse viscérale enroulée placée dans la coquille.

Le mouvement a lieu grâce à l'expansion et l'extraction de muscles dans le pied, des glandes de mucus sur le reste du corps protégeant l'escargot contre la perte d'eau. Deux paires de tentacules placées sur la tête. La paire supérieure porte les yeux. La coquille est sécrétée par un épais pli de peau, appelé le manteau, cette dernière est reliée au corps par un puissant muscle qui est attaché au columella, la contraction de ce muscle permet à l'escargot de se retirer dans sa coquille. À l'intérieur de la coquille, se trouve la cavité du manteau, qui contient le cœur, le rein et le poumon, la figure (15) montre l'anatomie d'*Helix aspersa*.

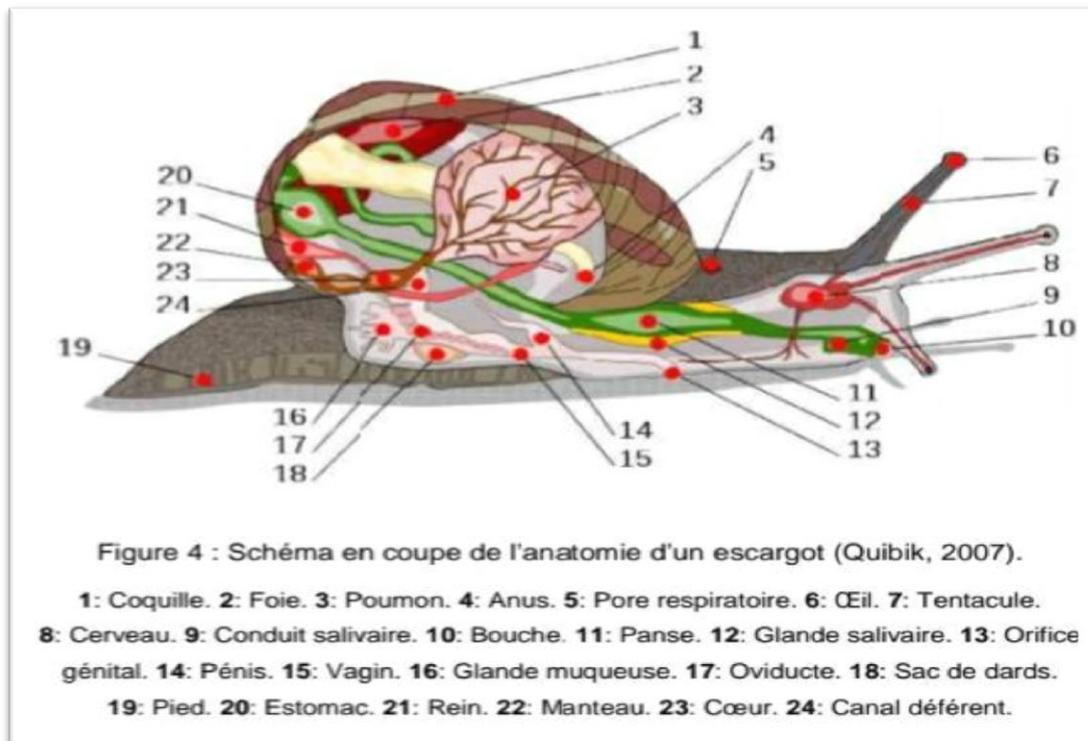


Figure 15 : Anatomie de l'escargot (Daguzan.,1981 )

### I.5. Reproduction

La reproduction des gastéropodes est toujours sexuée. La fécondation est interne dans le corps maternel et la transmission des spermatozoïdes assurée par des organes Copulateurs (Zhao *et al.*, 1994). La ponte s'effectue sous terre. Dès les premiers jours d'incubation, l'embryon élabore une coquille protéique qui se calcifie au cours de son développement. En condition naturelle l'incubation varie de 15 à 30 jours, il se libère par Rupture de la membrane externe de l'œuf qu'il consomme. Le nouveau-né à une coquille transparente, il attend qu'elle jaunisse et se solidifie dans le nid de ponte (6 à 10 jours) (Bertrand-Renault, 2004).

### I.6. Croissance

Quatre phases de croissance ont été définies en fonction de la taille et de la masse des animaux mais aussi de leur différenciation sexuelle (Gomot., 1997)

✓ Phase infantile durant laquelle le tractus génital est non-différencié chez des animaux de 0,02 à 0,6g ;

✓ Phase juvénile relative à un tractus génital qui s'organise et à une gamétogenèse active. La masse est comprise entre 0,6 et 6,0g ;

Phase de maturation sexuelle ou phase pré adulte durant laquelle les glandes annexes femelles se développent. Elle concerne des escargots non bordés (absence d'épaississement du péristome) de plus de 6g.

✓ La phase adulte à croissance nulle durant laquelle les animaux sont aptes à se reproduire. Ils sont alors bordés et pèsent entre 6 et 14g.

### **I.7. Rôle de l'escargot, comme un bio-indicateur de la pollution .**

Les escargots comptent parmi les nombreux outils biologiques utilisés par les chercheurs afin de caractériser les pollutions du sol, d'identifier ou de prévoir les atteintes aux écosystèmes et de suivre leur évolution dans le temps et l'espace. Ce gastéropode a la particularité de Concentrer dans ses tissus des substances polluantes, tel que les insecticides. On le trouve Presque partout. Il bio accumule de nombreux contaminants (Coeurdassier *et al.*, 2001).

Les Escargots sont des macro-invertébrés, considérés comme l'un des maillons de la chaîne Trophique, peuvent donc être à l'origine de transferts des contaminants (Grara, 2015).

Ils répondent entièrement aux critères d'un bon indicateur biologique :

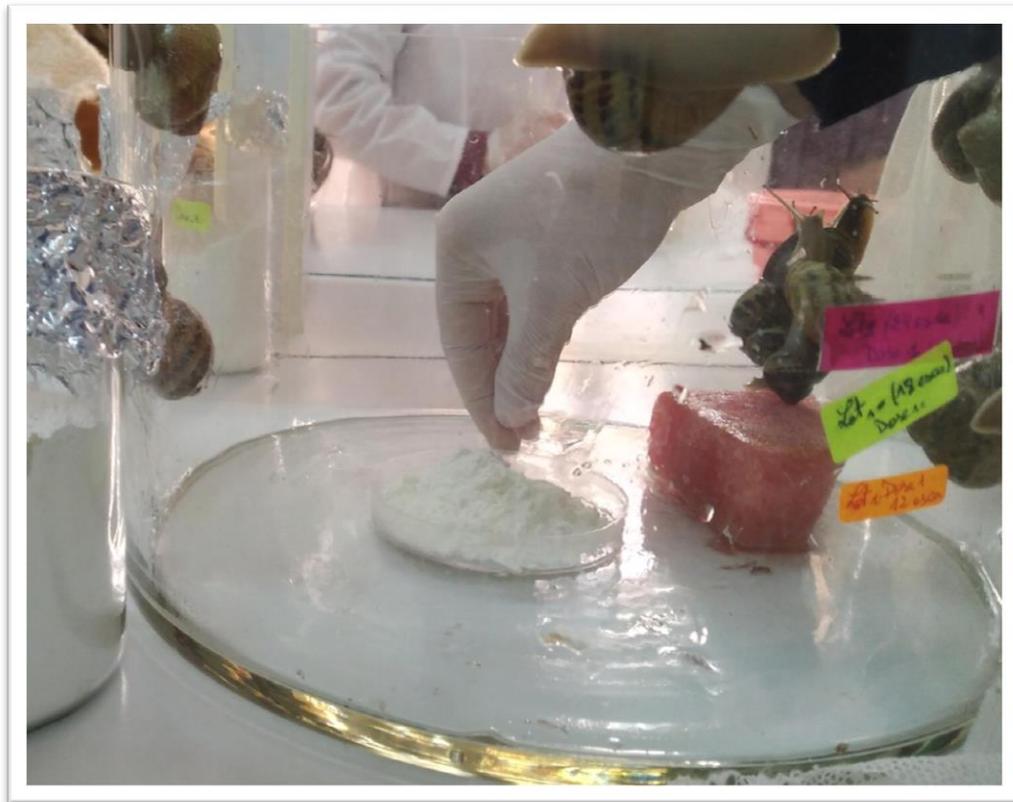
- Identification et collecte facile
- Une large répartition
- Un bio-accumulateurs des contaminants.
- Leurs caractéristiques éco-physiologiques sont bien connues.
- Ils sont saprophages et phytophages (ISO, 2006).
- Une biomasse suffisante pour l'analyse
- Elevage contrôlé possible (Gimbert, 2011).
- Contamination par des divers polluants présents dans l'air, le sol et la flore (Zaafour, 2014).

## II. Méthode

### II.1. Conditions d'élevages

Les escargots utilisés dans notre expérimentation sont des adultes de poids de  $(22,52 \pm 2,53\text{g})$ , collecté de la région de **Guelma** (Nord-Est Algérien). Les escargots sont élevés dans des conditions d'environnement optimales : photopériode de 18h de lumière/24h, température  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . (Coeurdassier *et al.*, 2001).

Ils sont répartis dans des cristallisoirs transparents, recouvertes avec des tulles maintenues par des élastiques (pour l'oxygénation), et chaque cristallisoir contient une éponge humide pour maintenir d'humidité, l'alimentation (farine de blé) est fournie dans des boites de pétrie. Les boites sont nettoyées régulièrement tous les jours (Gomoy, 1997)



**Figure 16:** Alimentation des escargots (photo personnelle)

**II.2. Traitement**

On a traités **54 escargots** par **4 doses** croissantes de **SbCl<sub>3</sub> (500, 1000, 2500, 5000 µg/gfarine)** durant 3 et 7 jours. (Coeurdassier. M.,2001)

Ces escargots sont repartis en **5 lots** :

- \_Un lots témoin (6 escargots) non traité
- \_Un lots traité (12 escargots) par la dose 01.      **(500ug/gfarine)**
- \_Un lots traité (12 escargots) par la dose 02.      **(1000ug/gfarine)**
- \_ Un lots traité (12 escargots) par la dose 03.      **(2500ug/gfarine)**
- \_Un lots traité (12 escargots) par la dose 04.      **(5000ug/gfarine)**



**Figure 17** : mode de traitement d'*Hélix aspersa* (photos personnelles)

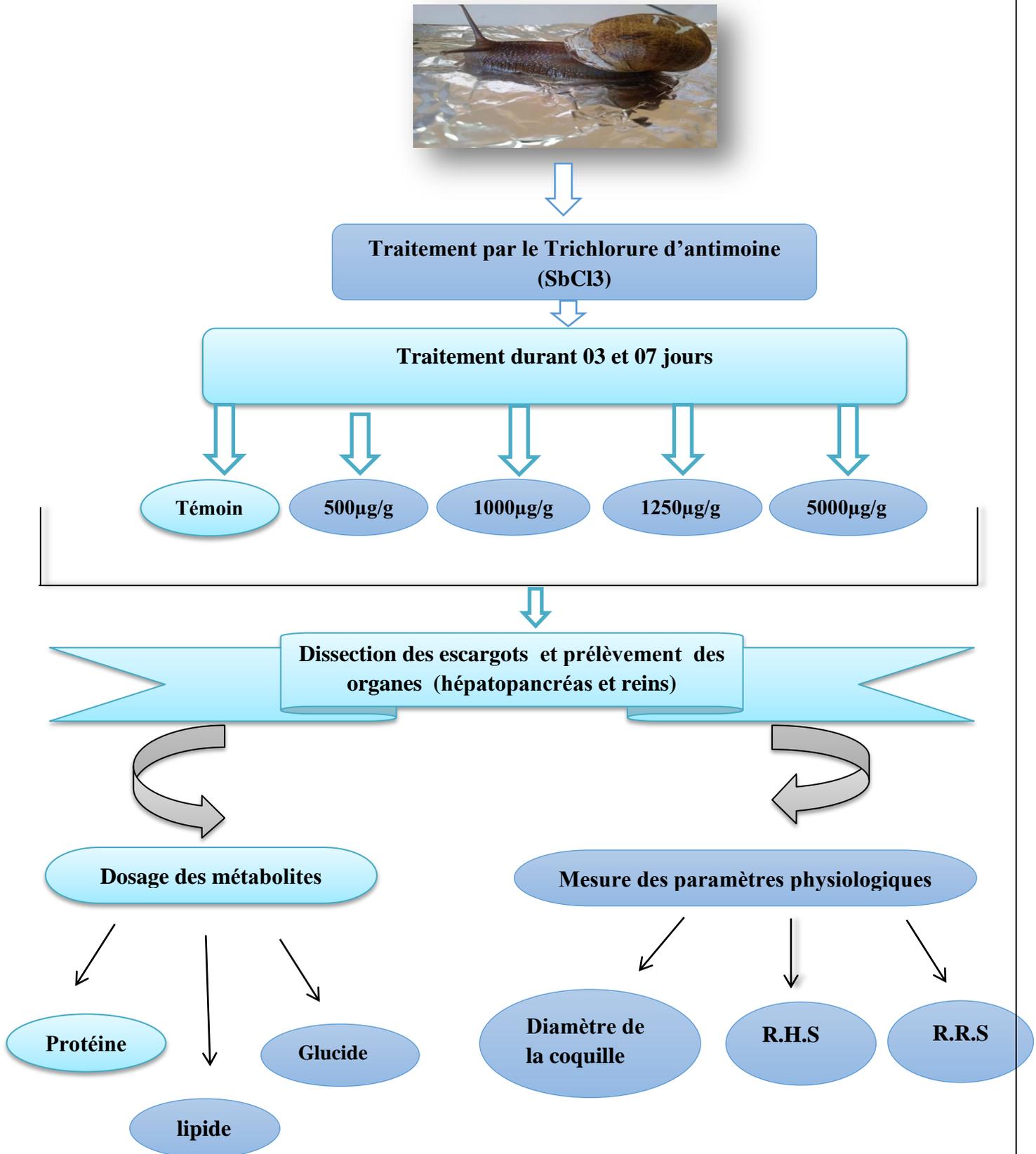
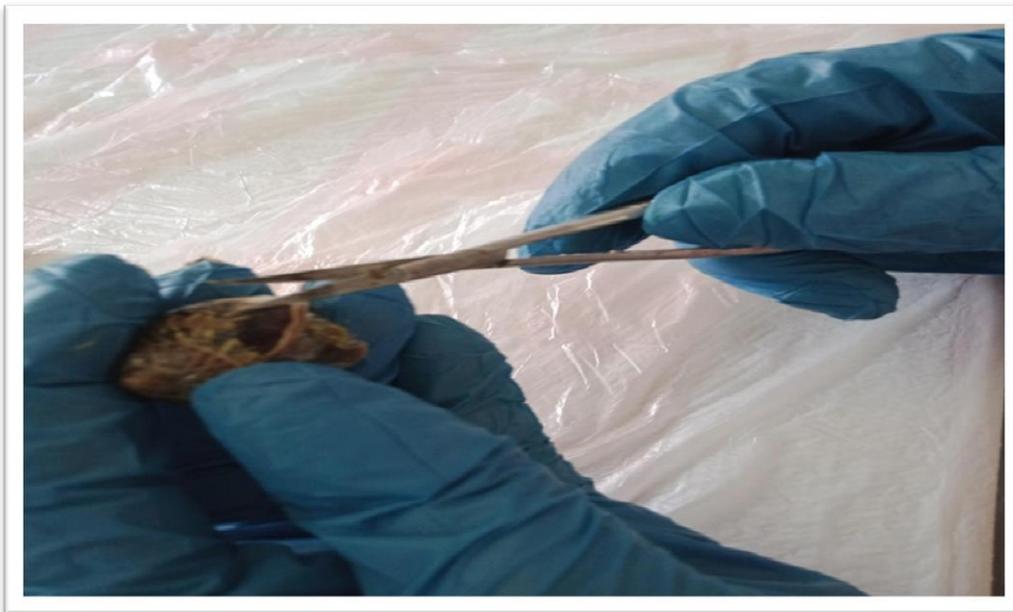


Figure 18 : schéma représentatif du protocole expérimental ( photo personnelle)

### II.3. Dissection et prélèvement des organes.

Après chaque période de traitement, les escargots sont mis à jeun pendant 48 heures afin que le contenu de leur tube digestif soit vide. Ceci évite d'éventuelles interférences entre les contaminants présents dans l'aliment ingéré et les quantités de contaminants Réellement accumulées dans les tissus. Les boîtes où ils jeûnent sont lavées à l'eau et les récipients sont changé après 24 heures pour éviter la réingestion des fèces (Coeurdassier.,2001). Les reins et l'hépatopancréas sont prélevés après dissection de chaque escargot et conservés a 40 C°



**Figure 19 :**Sacrifices des escargots et prélèvement des hépatopancréas et des reins (Hanine et Malak.,2023)

### III. Paramètres étudiés

#### III.1. Paramètres physiologiques

✓ **Le diamètre de coquille :** est mesuré avec un pied à coulisse (avec une précision de 10''mm). La mesure doit se faire délicatement pour éviter d'endommager le bord des coquilles des escargots. Comme la masse fraîche, les mesures du diamètre de coquille permettent d'évaluer la croissance des animaux à tout moment. Ce paramètre permet de suivre la croissance des individus depuis le stade infantile jusqu'au stade adulte (Chevallier., 1992)

**III.2. le rapport hépato-somatique et le rapport réno-somatique (R.H.S). (R.R.S)**

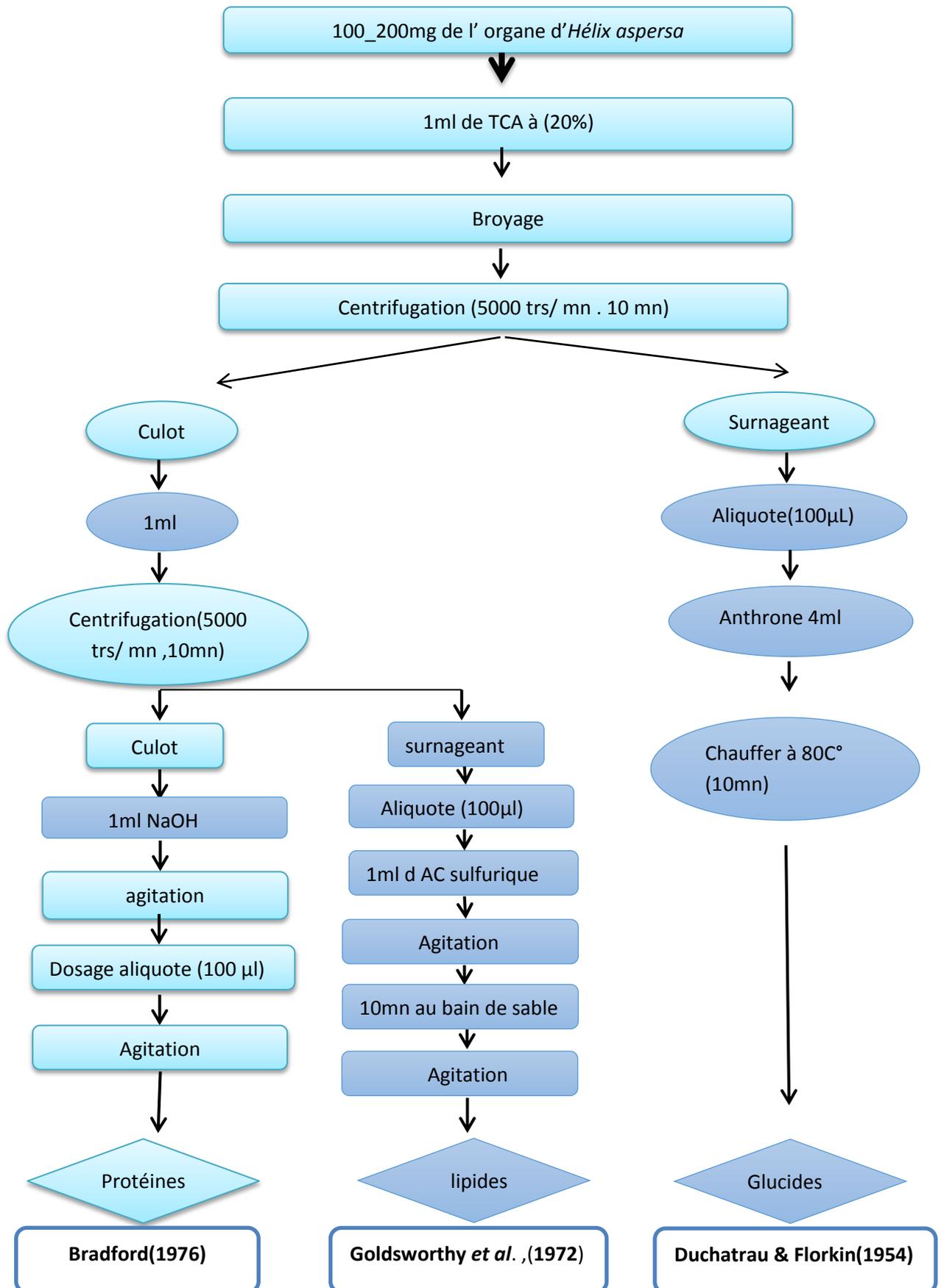
le rapport hépato-somatique et reno-somatique représentent un Moyen simple et rapide de mesure des interactions des individus avec leur Environnement (**Goede et parton .,1990**).Selon (**Bougis., 1952**), le RS est égale à cent Fois le poids de l'organe sur le poids total de l'escargot.

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

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

**IV. Paramètres biochimiques.****IV.1. Dosages des métabolites.****IV.1.1. Extraction des métabolites.**

L'extraction des différents métabolites contenus dans l'hépatopancréas et le rein prélevé après 3 et 7 jours de traitement et conservés dans 1 ml d'acide trichloro-acétique (TCA) à 20%, a été réalisée selon le procédé de (*Shibko et al. (1966)*). Après le broyage et la centrifugation (5000tours/mn pendant 10mn), le surnageant est récupéré et servira au dosage des glucides. Au culot I, on ajoute 1 ml d'un mélange éther/ chloroforme (V/V) et une deuxième centrifugation (5000 tours/mn pendant 10 mn) permet de récupérer le surnageant II qui permettra le dosage des lipides; le culot II sera ensuite repris dans 1 ml de NAOH (0,1N) pour l'estimation des protéines totales.

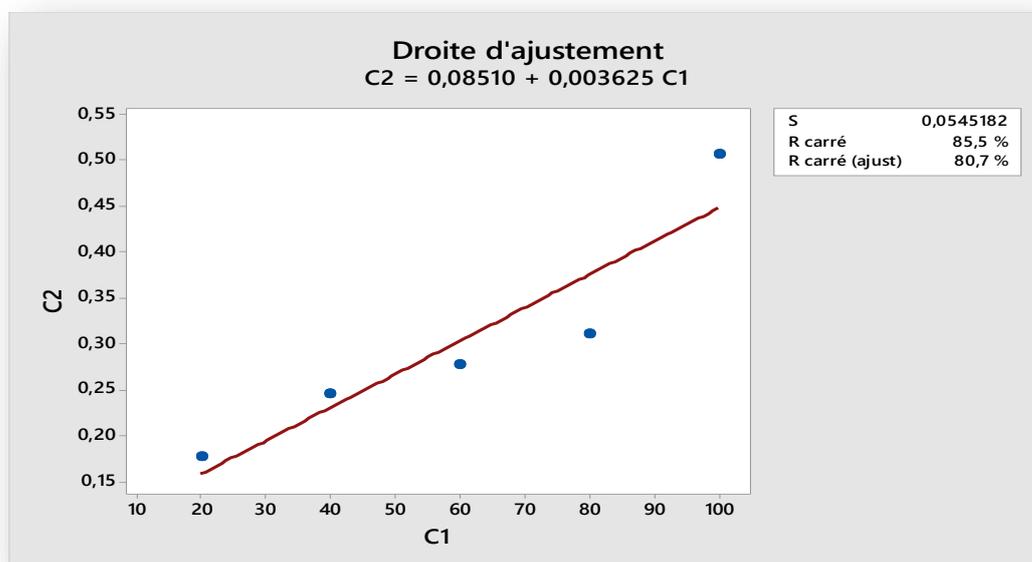


**Figure 20** : Extraction des protéines et glucides et lipides totaux (Shibko *et al.*,1967)**IV.1.1.1. Dosage des protéines**

Les protéines contenues dans l'hépatopancréas et les reins ont été quantifiées selon la méthode de (*Bradford, 1976*) qui utilise le bleu brillant de coomassie G 250 (BBC) comme réactif (100mg de BBC+50ml d'éthanol. Agitation pendant deux heures + 100ml d'acide ortho-phosphorique + H<sub>2</sub>O distillée q.s.p. 1000ml) et l'albumine de sérum de bœuf (BSA) comme standard. Le dosage des protéines a été effectué dans une fraction aliquote (100µl). Les absorbances ont été obtenues grâce à un spectrophotomètre et la lecture a été réalisée à une longueur d'onde de 595 nm contre un blanc de gamme (**Tableau 03**).

**Tableau 03** : Dosages des protéines, réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
B.S.A (µg)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µg)	100	80	60	40	20	0
BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Absorbance (DO)	0	0.176	0.245	0.276	0.310	0.506

**Figure 21** : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de protéine.

## IV.1.1.2. Dosage des glucides

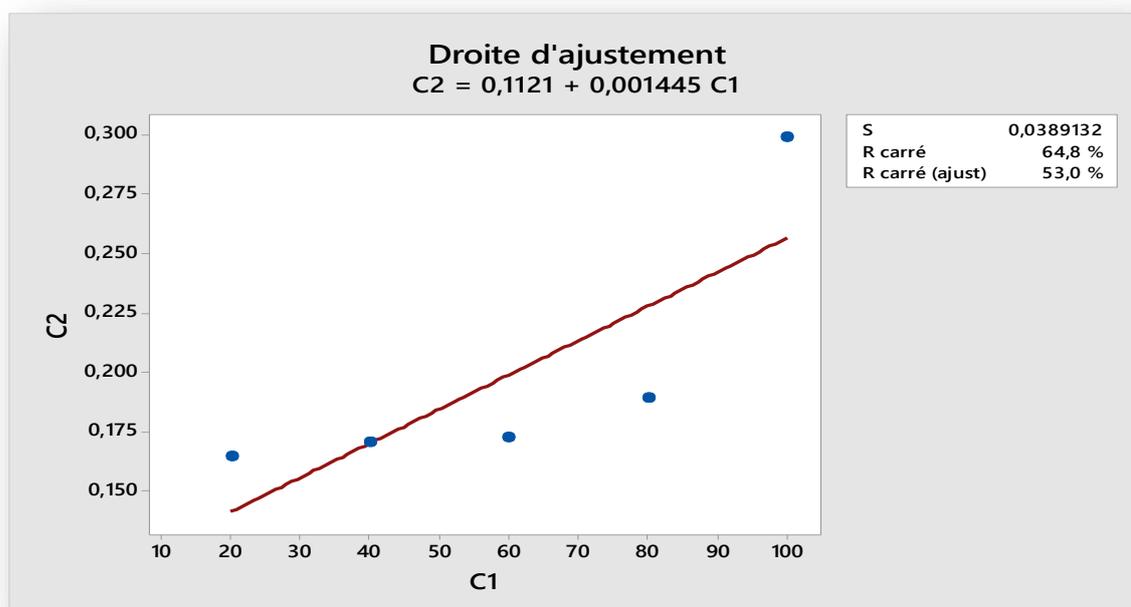
Le dosage des glucides a été réalisé selon (Duchateau et Florkin ,1959). Cette méthode utilise l'anthrone comme réactif (150mg d'anthrone, 75ml d'acide sulfurique et 25ml d'eau distillée) et le glucose comme standard. La gamme d'étalonnage a été réalisée à partir d'une solution mère de glucose (1g/1).

Après l'addition du réactif, un chauffage au bain marie à 80°C pendant 10 mn permet l'obtention d'une coloration verte. Le dosage des glucides a été effectué dans une fraction aliquote (100µl).

Les absorbances ont été obtenues grâce à un spectrophotomètre et la lecture a été réalisée à une longueur d'onde de 620 nm contre un blanc de gamme. (Tableau 04).

**Tableau 04** : Dosage des Glucides, réalisation de la gamme d'étalonnage.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Glucose (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µg)	100	80	60	40	20	0
Anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4
Absorbance (DO)	0	0.164	0.70	0.172	0.189	0.299



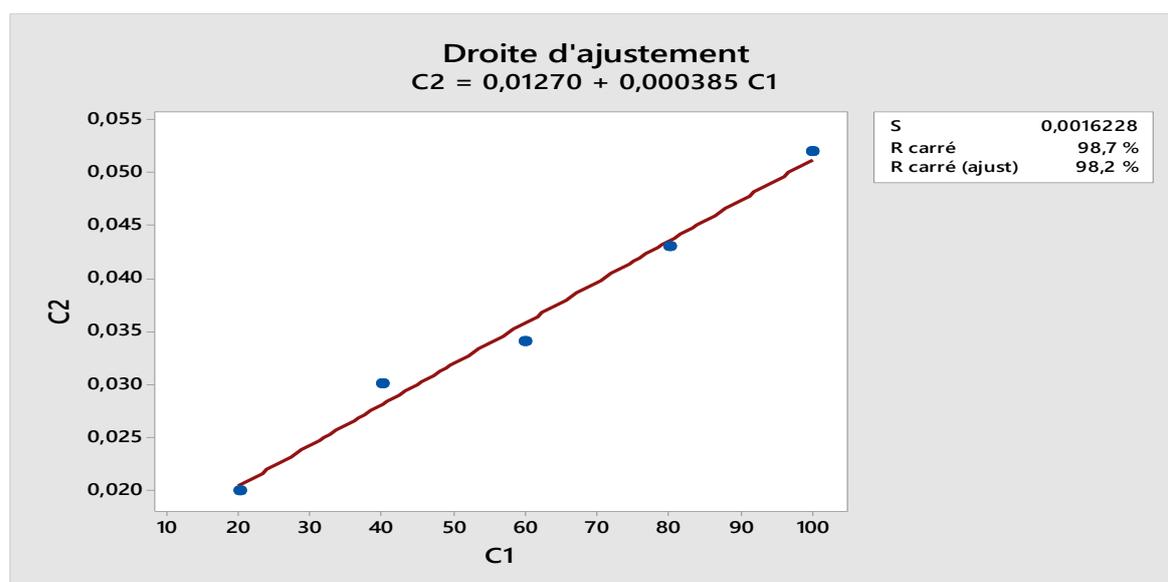
**Figure 22** : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de Glucide

## IV.1.1.3. Dosage des lipides.

La concentration des lipides totaux a été estimée selon Goldsworthy et al., (1972) utilisant le réactif sulfophos-phovanillinique (0,38 g de vanilline, 55ml d'eau distillée et 195ml d'acide ortho-phosphorique à 85%). La solution mère des lipides est préparée en utilisant l'huile de table (Cevital) selon la procédure suivante : 25mg d'huile de table pesés dans un tube eppendorf ; cette quantité est ensuite reprise dans 10ml du mélange (éther / chloroforme) (1V/1V) (Tableau 05).

**Tableau 05** : Dosage des Lipides, réalisation de la gamme d'étalonnage

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipides (ul)	0	20	40	60	80	100
Solvant Éther/Chloroforme (ul)	100	80	60	40	20	0
Vanilline (g)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Absorbance (DO)	0	0.02	0.03	0.034	0.043	0.052



**Figure 23** : Droite de régression exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de lipide

Après évaporation des prises aliquotes de 100µl de surnageant II dans un bain à sec à 40°C, on additionne 1ml d'acide sulfurique concentré (96%), les tubes fermés sont agités et chauffés dans un bain à sec à 100°C pendant 10 minutes. Après refroidissement, on prélève 200µl de chaque tube auxquels on ajoute 2,5 ml de réactif sulfophos-phovanillinique et on agite. Après 30 minutes à l'obscurité, le complexe se colore en rose. La densité optique est lue dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm.

### **IV. Etude statistique**

Dans notre étude, pour mieux visualiser les résultats obtenus, la représentation graphique choisie est celle des histogrammes en utilisant Microsoft Excel 2010. du logiciel Minitab pour l'analyse statistique et du traitement des données version 18.

***Chapitre III :***  
***Résultats***

## I. Effet de SbCl<sub>3</sub> sur les paramètres physiologiques.

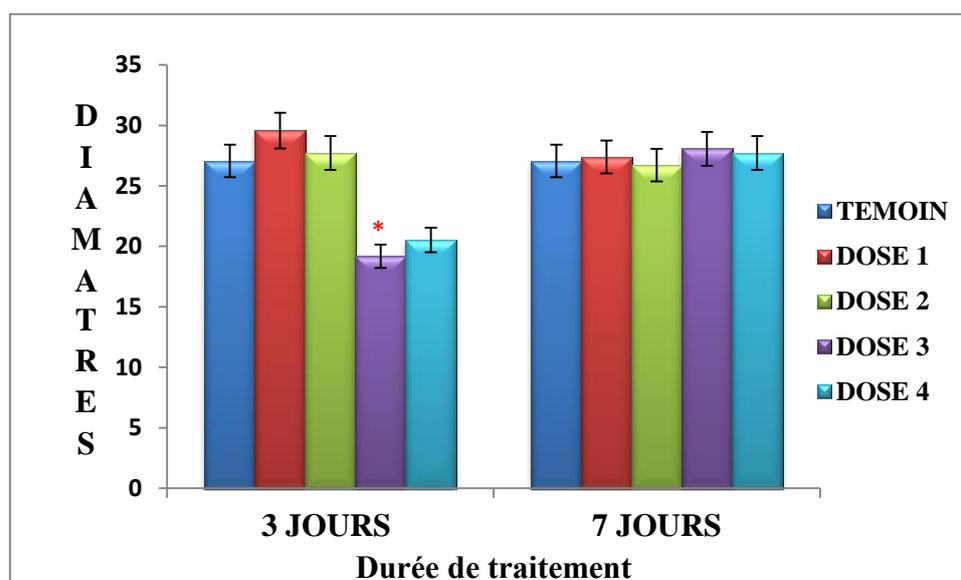
### I.1. Effet de SbCl<sub>3</sub> sur l'évolution du diamètre de la coquille.

Les résultats de la variation du diamètre de la coquille des escargots *Helix aspersa* sont présentés dans la ( figure (24) et tableau(06)

La figure montre qu'il n'existe aucune différence significative du diamètre de la coquille chez les lots traités par le SbCl<sub>3</sub> après 03 et 07 jours par rapport au témoin.

**Tableau 06:** Effet de SbCl<sub>3</sub> sur l'évolution du diamètre de la coquille des escargots *Helix aspersa* en fonction du temps ( $m \pm s$ ,  $n=6$ ) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), NS : Différence non significative(  $P > 0,05$ ), P : Seuil de signification)

	Témoin	Dose 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03 jours</b>	27.06±1.19	29.57±0.34 NS	27.72±1.50 NS	19.19±2.06 *	20.53±1.85 NS
<b>07 jours</b>	27.06±1.19	27.39±1.48 NS	26.72±1.29 NS	28.06±0.45 NS	27.72±0.76 NS



**Figure 24 :** Effet de SbCl<sub>3</sub> sur l'évolution du diamètre de la coquille des escargots *Helix aspersa* fonction du temps ( $m \pm s$ ,  $n=6$ ) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), NS : Différence non significative comparant au témoin (  $P > 0,05$ ), P : Seuil de signification)

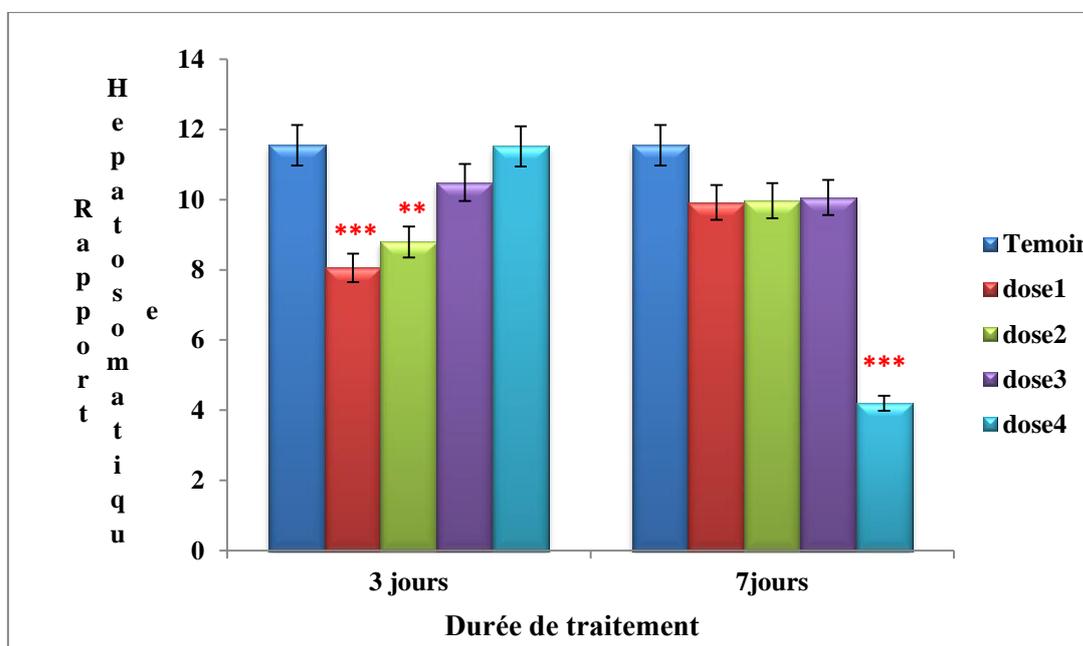
**I.2. Effet de trichlorure d’antimoine (SbCl3) sur le rapport hépato-somatique**

Les résultats de la variation du rapport hépato-somatique sont représentés dans la figure (25) et le tableau (07) qui montrent que le SbCl3 provoque une diminution très hautement significative  $P \leq 0.001$  et hautement significative  $0.05 \leq P \leq 0.01$  chez les lots traités par la dose 1 et 2 ( 500 . 1000  $\mu\text{g/g}$ ) respectivement après 03 jours de traitement par rapport au témoin.

Après 07 jours la diminution est très hautement significative  $P \leq 0.001$  chez les séries traités par la dose élevée (5000  $\mu\text{g/g}$ ) par rapport au Témoin.

**Tableau 07 :** effet de trichlorure d’antimoine (SbCl3) sur l’évolution du rapport hépato-somatique (R.H.S) (%) chez des escargots terrestres *Hélix aspersa* en fonction du temps (m  $\pm$  s, n=6) (\*\* Différence très significative comparant au témoin ( $P \leq 0.01$ ), (\*\*\*) Différence très hautement significative(  $P \leq 0.001$ ) NS : Différence non significative(  $P > 0.05$ ), P : Seuil de signification)

	Témoin	Dose1	Dose2	Dose3	Dose4
<b>3jours</b>	11.552 $\pm$ 1.24	8.057 $\pm$ 0.899 ***	8.795 $\pm$ 1.07 **	10.490 $\pm$ 2.247 NS	11.52 $\pm$ 3 NS
<b>7jours</b>	11.552 $\pm$ 1.24	9.922 $\pm$ 1.52 NS	9.97 $\pm$ 2.242 NS	10.062 $\pm$ 1.592 NS	4.198 $\pm$ 1.261 ***



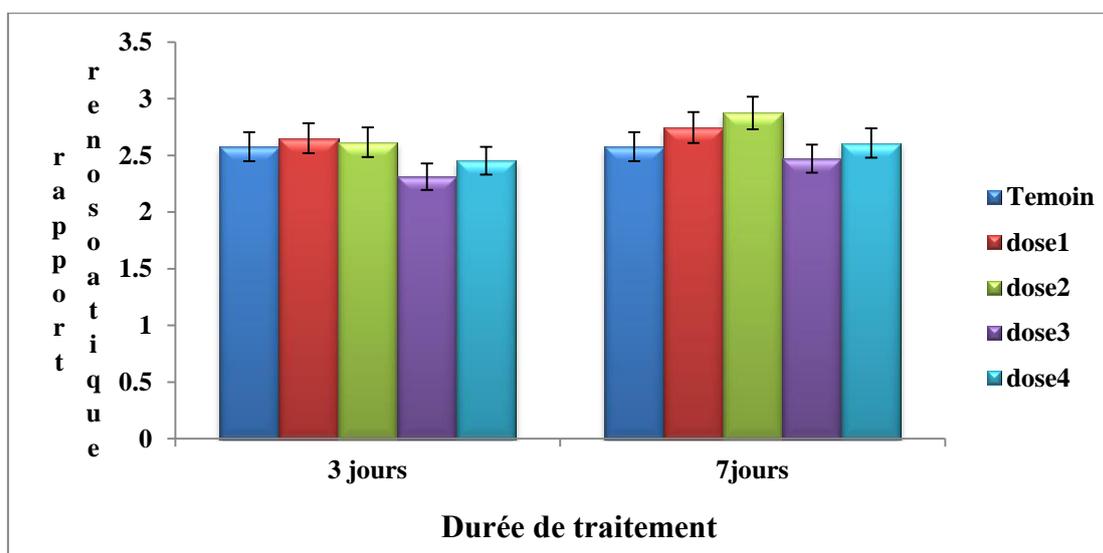
**Figure 25 :** effet de trichlorure d’antimoine (SbCl3) sur l’évolution du rapport hépato-somatique (R.H.S) (%) chez des escargots terrestres *Hélix aspersa* en fonction du temps (m  $\pm$  s, n=6) (\*\* Différence très significative comparant au témoin ( $0.05 \leq P \leq 0.01$ ), (\*\*\*) Différence très hautement significative(  $P \leq 0.001$ ) NS : Différence non significative(  $P > 0.05$ ), P : Seuil de signification)

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

Aucune différence significative est observée chez les escargots traités par les 04 doses de SbCl<sub>3</sub> (500.1000.2500.5000 µg/g ) durant 03 et 07 jours de traitement par rapport aux témoin (Tableau (08),(Figure(26).

**Tableau 08 :** effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur l'évolution du rapport réno-somatique (R.R.S) (%) chez des escargots terrestres *Helix aspersa* en fonction du temps (m ± s, n 6). NS : Différence non significative( **P>0.05**), P : Seuil de signification)

	Témoin	Dose1	Dose2	Dose3	Dose4
<b>3jours</b>	2.577±0.918	2.652±0.684 NS	2.616±0.845 NS	2.312±0.593 NS	2.454±0.813 NS
<b>7jours</b>	2.577±0.918	2.746±0.542 NS	2.875±0.769 NS	2.472±0.433 NS	2.609±0.535 NS



**Figure 26 :** effet de trichlorure d'antimoine (SbCl<sub>3</sub>) sur l'évolution du rapport réno-somatique (R.R.S) (%) chez des escargots terrestres *Helix aspersa* en fonction du temps (m ± s, n 6) NS : Différence non significative( **P>0.05**),P Seuil de signification

## II.1. Effet de SbCl<sub>3</sub> sur la composition biochimique

### II.1.1. au niveau de l'hépatopancréas

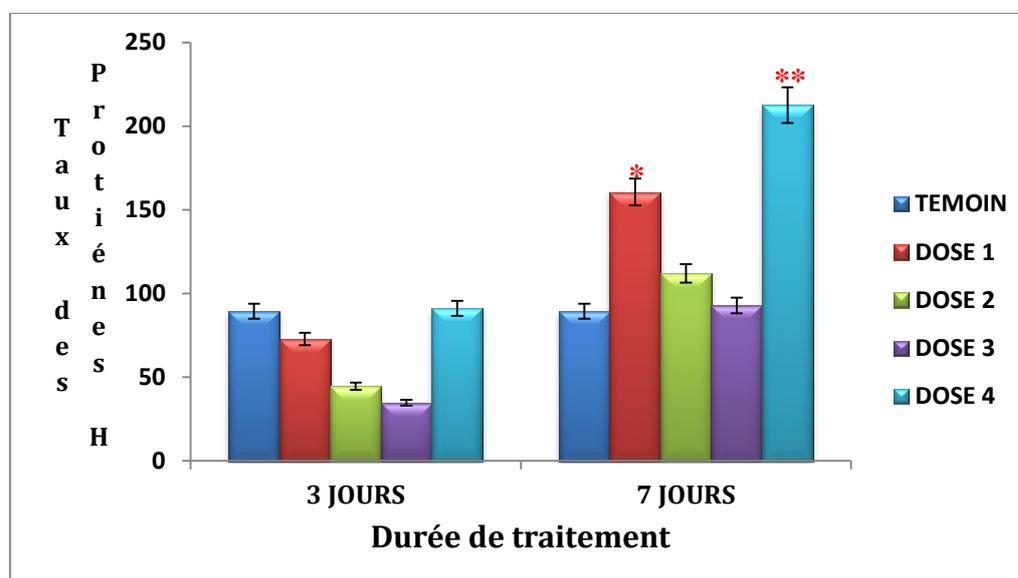
#### II.1.1.1. Effet sur le taux des protéines totales

Les résultats portés par la figure (27) et le tableau (09) révèlent que le traitement des escargots par le chlorure d'antimoine induit une augmentation des protéines hépatopancréatiques.

Cette augmentation est significative ( $P \leq 0.05$ ) et très significative ( $0.05 \leq P \leq 0.01$ ) respectivement chez les lots traités par la faible dose et par la forte dose après 7 jours par rapport au témoin.

**Tableau 09** : Variation du taux des protéines totales au niveau de l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule SbCl<sub>3</sub> . en fonction du temps (m ± s, n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), \*\* Différence Très significative comparant au témoin ( $P \leq 0,01$ ), NS : Différence non significative( $P > 0.05$ ), P : Seuil de signification).

	Témoin	Dose 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03 jours</b>	89.4±16.4	72.8±20.8	44.6±1.5	34.7±8.6	91.1±1.3
		NS	NS	NS	NS
<b>07 jours</b>	89.4±16.4	160.6±8.4	112.0±23.1	92.8±1.6	212.5±62.8
		*	NS	NS	**



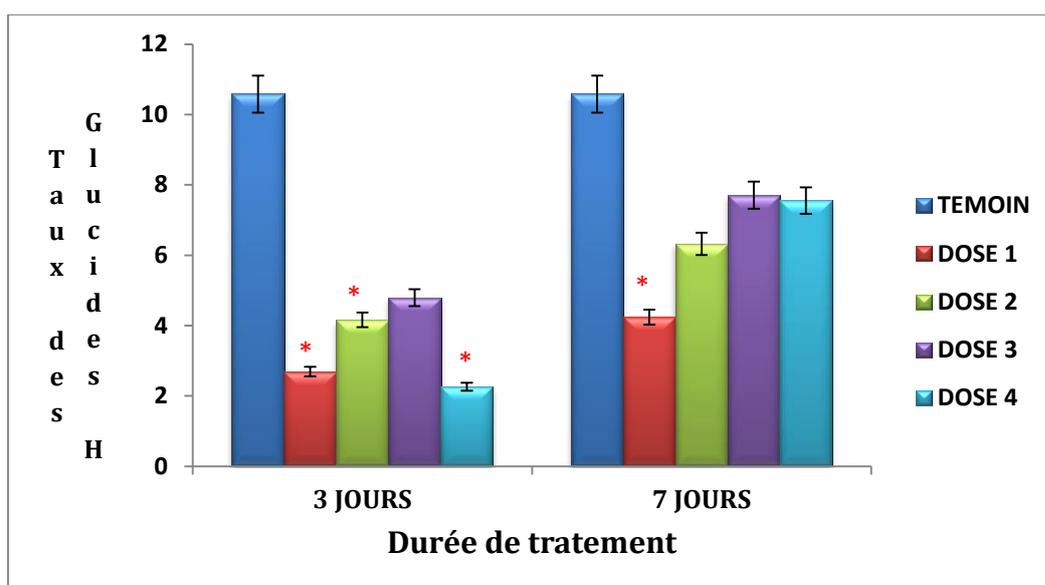
**Figure 27** : Variation du taux des protéines totales au niveau de l'hépatopancréas d'*Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule SbCl<sub>3</sub> . en fonction du temps (m ± s, n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), \*\* Différence Très significative comparant au témoin ( $P \leq 0,01$ ), NS : Différence non significative( $P > 0.05$ ), P : Seuil de signification)

II.2.1.1. Effet sur le taux des glucides

La comparaison des moyennes du taux des glucides entre les escargots témoins et les escargots traités révèle l'existence d'une différence significative ( $P \leq 0,01$ ) chez les lots traités par la dose 1, la dose 2 et la dose 4 après 3 jours, et après 7 jours chez les séries traitées par la dose 1. (Tableau(10), (Figure(28))

**Tableau 10** : Variation du taux des glucides au niveaux de l'hépatopancréas d' *Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule sbCl3. en fonction du temps (m ± s, n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), NS : Différence non significative P : Seuil de signification).

	Témoin	Dosé 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03 jours</b>	10.58±2.65	2.69±0.77 *	4.16±1.66 *	4.79±2.15 NS	2.26±0.52 *
<b>07 jours</b>	10.58±2.65	4.24±1.02 *	6.32±1.74 NS	7.71±1.96 NS	7.55±1.60 NS



**Figure 28** : Variation du taux des glucides au niveaux de l'hépatopancréas d' *Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule sbCl3. en fonction du temps (m ± s, n 6) (\* Différence significative comparant au témoin( $P \leq 0,05$ ) . NS :Différence non significative P : Seuil de signification)

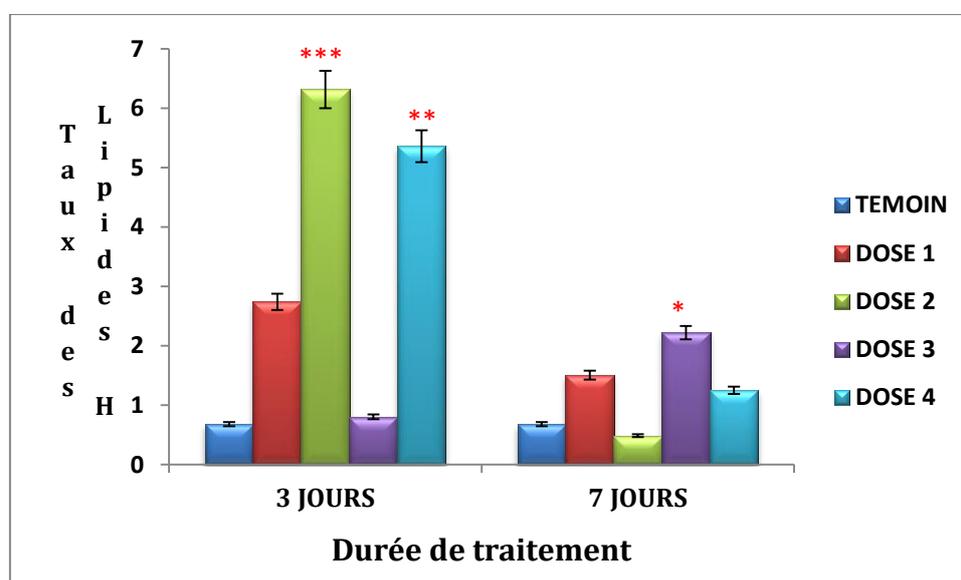
### II. 3.1.1. Effet sur le taux des lipides

Les résultats portés par la figure(29) et le tableau (11) révèlent que le traitement des escargots par le chlorure d'antimoine induit une augmentation des lipides hépatopancréatiques.

Cette augmentation Très hautement significative ( $P \leq 0.001$ ) et très significative ( $0.05 \leq P \leq 0.01$ ) respectivement chez les lots traités par la faible dose et par la forte dose après 3 jours par rapport au témoin ,et après 7 jours la diminution est significative chez les séries traitées par la dose 3.

**Tableau 11** : Variation du taux des lipide au niveaux de l'hépatopancréas d' *Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule sbCl3. en fonction du temps (m  $\pm$  s, n 6) ,(\*\*\*) Différence  $\leq$  très hautement significative comparant au témoin( $P \leq 0,001$ ) .\*\* Différence très significative ( $p \leq 0.01$ )\* Différence significative comparant au témoin ( $p \leq 0.05$ ) , NS :Différence non significative P : Seuil de signification)

	Témoin	Dose 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03 jours</b>	0.680 $\pm$ 0.410	2.740 $\pm$ 0.750 NS	6.314 $\pm$ 0.487 ***	0.803 $\pm$ 0.160 NS	5.36 $\pm$ 1.17 **
<b>07 jours.</b>	0.680 $\pm$ 0.410	1.504 $\pm$ 0.381 NS	0.484 $\pm$ 0.107 NS	2.220 $\pm$ 0.254 *	1.248 $\pm$ 0.388 NS



**Figure 29**: Variation du taux des lipide au niveaux de l'hépatopancréas d' *Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule sbCl3. en fonction du temps (m  $\pm$  s, n 6) (\*\*\*) Différence  $\leq$  très hautement significative comparant au témoin( $P \leq 0,001$ ) .\*\* Différence très significative ( $p \leq 0.01$ )\* Différence significative comparant au témoin ( $p \leq 0.05$ ) , NS :Différence non significative comparant au témoin ( $P > 0.05$ ), P : Seuil de signification)

## II.1.2. au niveau de reins

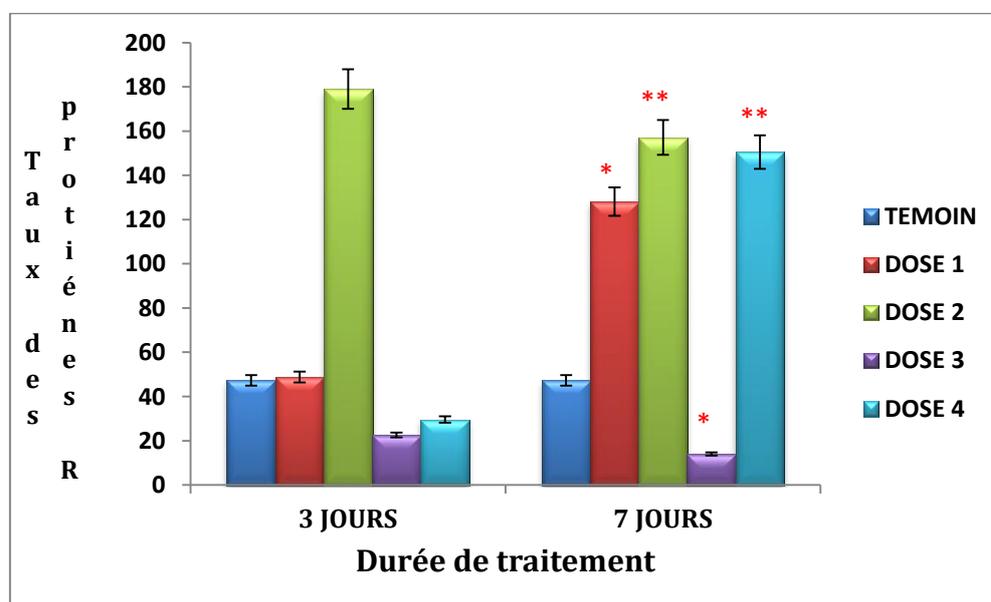
## II.1.2.1. Effet sur le taux des protéines totales

Les effets de  $SbCl_3$  sur le contenu en protéines totales sont présentés dans la figure (28) et le tableau (12). Elle montre que la teneur en protéines augmente de façon significative ( $P \leq 0,05$ )

La comparaison des moyennes des teneurs en protéines entre les escargots témoins et les escargots traités durant 7 j révèle l'existence d'une différence significative ( $P \leq 0,05$ ) et très significative ( $0,05 \leq P \leq 0,01$ ) chez les lots traités par la dose 1, la dose 3 et la dose 2, la dose 4 respectivement. (Tableau(11), (Figure(30)).

**Tableau 12** : Variation du taux des protéines totales au niveau des reins d' *Hélix aspersa* après «3 jours et 7 jours de traitement aux nanoparticule  $SbCl_3$ . en fonction du temps (m  $\pm$  s, n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), \*\* Différence Très significative comparant au témoin ( $P \leq 0,01$ ), NS : Différence non significative ( $P > 0,05$ ), P : Seuil de signification).

	Témoin	Dose 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03 jours</b>	47.3 $\pm$ 11.2	48.8 $\pm$ 21.7 NS	179 $\pm$ 127 NS	22.6 $\pm$ 5.3 NS	29.6 $\pm$ 5.0 NS
<b>07 jours</b>	47.3 $\pm$ 11.2	128.1 $\pm$ 20.8 *	157.1 $\pm$ 26.4 **	14.0 $\pm$ 4.6 *	150.5 $\pm$ 29.7 **



**Figure 30** : Variation du taux des protéines totales au niveau des reins d' *Hélix aspersa* après «3 jours et 7 jours de traitement aux nanoparticule  $SbCl_3$ . en fonction du temps (m  $\pm$  s, n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), \*\* Différence Très significative comparant au témoin ( $P \leq 0,01$ ), NS : Différence non significative ( $P > 0,05$ ), P : Seuil de signification

### II.1.2.2. Effets sur le taux des glucides

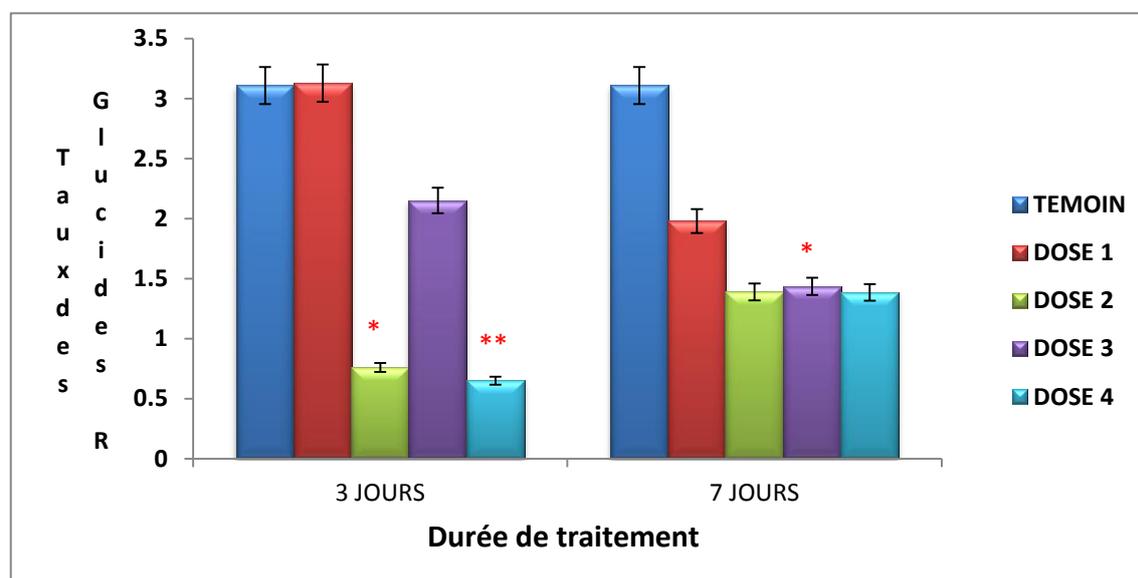
Les résultats portés par la figure (31) et le tableau (13) révèlent que le traitement des escargots par le chlorure d'antimoine induit une diminution des glucides dans les reins.

Nous remarquons une diminution significative ( $P \leq 0.05$ ) après 3 et 7 j de traitement respectivement par la dose 2 et la dose 3 par rapport au témoin

Chez les escargots traités par la dose 4 durant 3 jours la différence est très significative ( $0.05 \leq P \leq 0.01$ ) par rapport au témoin.

**Tableau 13** : Variation du taux des glucides au niveaux des reins d'*Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours» de traitement aux nanoparticule sbCl<sub>3</sub>, en fonction du temps ( $m \pm s$ , n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), \*\* Différence Très significative comparant au témoin ( $P \leq 0,01$ ), NS : Différence non significative ( $P > 0.05$ ), P : Seuil de significative

	Témoin	Dose 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03 jours</b>	3.11±0.83	3.13±1.28 NS	0.760±0.170 *	2.152±0.43 NS	0.650±0.190 **
<b>07 jours</b>	3.11±0.83	1.98±0.79 NS	1.390±0.44 NS	1.436±0.561 *	1.385±0.637 NS



**Figure 31** : Variation du taux des glucides au niveaux des reins d'*Helix aspersa* après «3 jours et 7 jours» de traitement aux nanoparticule sbCl<sub>3</sub>, en fonction du temps ( $m \pm s$ , n 6) (\* Différence significative comparant au témoin ( $P \leq 0,05$ ), \*\* Différence Très significative comparant au témoin ( $P \leq 0,01$ ), NS : Différence non significative ( $P > 0.05$ ), P : Seuil de signification).

### II.1.2.3. Effet sur le taux des lipides

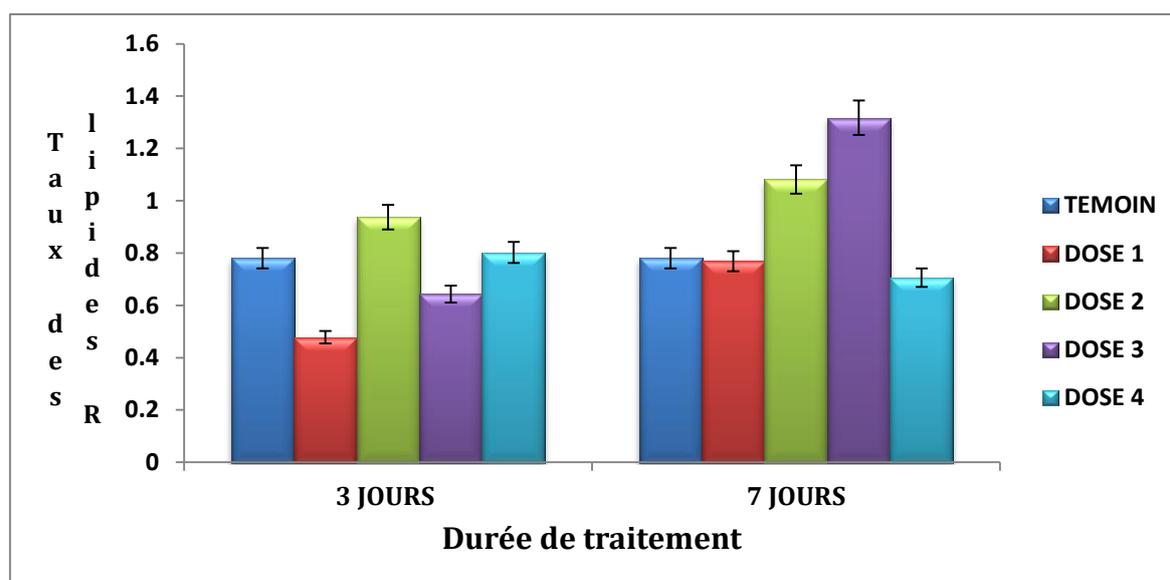
Les effet de le chlorure d'antimoine sur les lipides sont représenté dans la figure(32) et le tableau (14) .

Les résultats des la variation du la traite de lipide au niveau des riens sont présente de la figure (32) et le tableau (14)

Aucune différence significative est observé chez les lots traités par les différents doses après 03 et 07 jours d'exposions par rapport au lot témoin .

**Tableau 14:** Variation du taux des lipide au niveaux des riens *d'Hélix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule sbCl3, en fonction du temps ( $m \pm s$ , n 6) NS : Différence non significative comparant au témoin ( $P>0.05$ ), P : Seuil de significative

	Témoin	Dosé 01	Dose 02	Dose 03	Dose 04
<b>03. Jours.</b>	0.780±0.229	0.478±0.121 <b>NS</b>	0.937±0.302 <b>NS</b>	0.643±1.57 <b>NS</b>	0.802±0.208 <b>NS</b>
<b>07 jours</b>	0.780±0.229	0.769±0.337 <b>NS</b>	1.081±0.264 <b>NS</b>	1.317±0.322 <b>NS</b>	0.706±0.072 <b>NS</b>



**Figure 32 :** Variation du taux des lipide au niveaux des riens *d'Hélix aspersa* après «3 jours et 7 jours » de traitement aux nanoparticule sbCl3, en fonction du temps ( $m \pm s$ , n 6) (NS : Différence non significative comparant au témoin ( $P>0.05$ ), P : Seuil de significative

***Chapitre IV :***  
***Discussion***

## Discussion

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

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'impact d'une nanoparticule métallique ( $SbCl_3$ ) et leurs effets sur un organisme bio accumulateur et bi indicateur 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 de quatre concentrations subchroniques de Trichlorure d'antimoine ( $SbCl_3$ ) (500, 1000, 1250, 5000) sur des paramètres morfo-physiologiques et sur le contenu biochimiques de deux organes (hépatopancréas, reins) des escargots adultes *Helix aspersa* en fonction du temps (03 et 07 jours).

### **1- Effet de $SbCl_3$ sur les paramètres physiologiques .**

#### **1-1- Effet de $SbCl_3$ sur l'évolution de diamètre de la coquille.**

Nos résultats montrent que le chlorure d'antimoine n'a aucun impact sur le diamètre de la coquille par contre les travaux de ( **Coeurdassier et al., 2001**), ont montré une perturbation du diamètre de la coquille des escargots après exposition au diméthoate (un pesticide à base d'organophosphate). Et celles de (**Grara et al., 2012**) ont montré une diminution du poids de la coquille en présence de poussière minérale.

#### **1-2-Effet du trichlorure d'antimoine ( $SbCl_3$ ) sur le rapport hépto-somatique.**

Le rapport Hépto-somatique permet d'évaluer l'activité métabolique du foie, et l'état de santé des organismes, il est également utilisé pour suivre le cycle hépatique et déterminer le rôle du foie au cours de la croissance (**Virginie Maes., 2014**) par le biais des troubles et des changements qui se produisent au niveau du foie en raison de la présence des xenobiotiques. Notre résultat peut être interprété par l'activation des mécanismes de détoxification au niveau de l'hépatopancréas pour l'élimination et l'adaptation à la présence de ce polluant. Des résultats similaires sont observés chez les têtards de grenouille verte (*Rana clamitans*, Latreille) exposés pendant 30 jours à (25 ppb) de cadmium (**Wani et Latey., 1983**). Ainsi les résultats de (Laflamme et al., 2000) ont marqué une diminution non significative du RHS chez les perchaudes prélevés de lac De Rouyn-Noranda et les perchaudes prélevés de lac Osisko contaminé par le cadmium (Cd). Selon (**Grara et al., 2012**) l'exposition des escargots aux nanoparticules (**ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**) provoque une diminution du poids d'hépatopancréas. Ainsi, (**Marigomez Et al., 1998**) ont montré une réduction de 50% du poids de la glande digestive des Lingots après traitement par des nanoparticules ( $Fe_2O_3$ , de  $SiO_2$  et des mixtures).

#### **1-3- Effet du trichlorure d'antimoine ( $SbCl_3$ ) sur le rapport réno- somatique.**

L'indice réno-somatique pourrait constituer un signal préventif adéquat d'une atteinte potentielle à la santé des escargots. Il est reconnu qu'une modification du R.R.S peut être associée à des dommages au rein. Une telle modification souligne également l'exposition aux polluants.

L'absence de différence significative entre les lots traités et le lot témoin dans notre étude ne constitue pas un critère suffisant pour conclure à l'absence d'effet de ce polluant sur les escargots.

Les recherches de (Grara *et al.*, 2012) ont mis en évidence une diminution du poids des deux organes (glande digestive et rein) en présence des poussières métalliques.

## 2- Effet de SbCl<sub>3</sub> sur la composition biochimique.

### 2-1- Effet sur le taux des protéines totales.

Les protéines sont essentielles à la construction et à la réparation des tissus. Dans des conditions de stress, les protéines peuvent fournir de l'énergie par catabolisme. Une augmentation des protéines totales a été observée en fonction de la dose appliquée dans notre étude sur les escargots traités au **SbCl<sub>3</sub>**. Cela peut s'expliquer par la forte induction de protéases et la synthèse d'enzymes de détoxification et du métabolisme sous l'influence d'un stress chimique. Dans des conditions stressantes, les escargots ont besoin de plus d'énergie pour détoxifier les substances toxiques. Lorsque la largeur de l'escargot est limitée de glucides et de lipides, la source d'énergie alternative pour répondre à la demande croissant d'énergie est une protéine (Mossard, 1999). Les découvertes de (Munir *et al.*, 2015) montrent que les poussières minérales a des différentes doses ( 500, 1 000, 12 50 et 5 000 microgrammes) ont provoqué des augmentations significatives des protéines totales de manière dose-dépendante de l'escargot terrestre *Helix aspersa*. Le traitement des escargots *Helix aspersa* par différents métaux (cuivre, zinc, nickel et plomb) a induit aussi une augmentation significative du Teneur en protéines totales (Grara *et al.*, 2012) ; (Radwan et Mohamed.,2013) notent aussi une augmentation significative des niveaux de protéines chez la même espèce traitée avec 0,6 dL d'Imidaclopride.

Le stockage des métaux lourds dans les mollusques conduit souvent à un excès de Protéines de bas poids moléculaire appartenant à la famille des métallothionéines (MT) qui jouent un rôle majeur dans l'équilibre minéral. Trois isoformes de MT sont connues (Burand *et al.*, 2014). Nos résultats sont cohérents avec ceux de (Peccini *et al.*, 1994 ; Masaya *et al.*, 1994 .2002), qui ont montré une augmentation significative des niveaux de protéines totales sous l'influence d'un stress chimique dans différents modèles biologiques (têtards, protiste Ciliés et lapins). Dans le même ordre d'idées, ( Spartai *et al.*.,2009) ont observé que des manifestations toxiques de la bifénase (un acaricide) ont été associées à l'induction dose-dépendante de la synthèse protéique chez *Paramecia*.

Contrairement aux résultats de ( Radwan *et al.*,2008) qui ont rapporté une diminution significative des protéines totales de la carbamate testée, après 7 Jours de traitement, ce qui indique la possibilité que ces molécules exercent des effets cytotoxiques ( Issa *et al.*,2002) .

### 2.2 Effet sur le taux des Glucides totaux.

Les glucides constituent la source première et immédiate d'énergie (Moussard, 1999). Dans les conditions de stress, les réserves d'hydrates de carbone sont épuisées pour Satisfaire les demandes énergétiques (Arasta *et al.*, 1996).

Nos résultats montrent que le traitement des escargots par le trichlorure d'antimoine provoque une diminution significative du taux des glucides hepatopancréatiques et rénaux, ceci peut être due à l'utilisation des glucides pour générer l'énergie nécessaire pour faire Face au stress provoquée par ce nanoparticule.

Les travaux de (El-Wakil *et Radwan*.,1991 ; et Padmaja *et Rao* ,1994) suggèrent que la diminution du taux de glycogène dans les tissus de l'escargot d'eau douce *Bellamya dissimilis* (Müller,1774), exposé à l'Endosulfan, le Méthyl parathion, le Quinalphos et le Nuvan peut être s'expliquer par l'utilisation du glycogène pour générer l'énergie nécessaire pour répondre à l'hypoxie provoquée par ces pesticides. La déplétion en glycogène des tissus hépatiques peut être également interprétée comme une réponse non spécifique au stress chimique avec cependant des conséquences sur la mobilisation à long terme des réserves énergétiques et ainsi sur la Sensibilité au stress et la susceptibilité des individus aux maladies (Schwaigeret *al*,1997). (Baturu *et al.*,1995) observent une stimulation de l'activité enzymatique d'hydrolyse des polysaccharides et une réduction de la teneur en glycogène dans le manteau et la masse viscérale, (Jumel *et Lagadic* ,2000) rapportent une augmentation de la demande énergétique des animaux qui se traduit par une mobilisation rapide des réserves de glycogène du manteau Et une diminution de la teneur en protéine et de la masse de la glande à albumen. Dans l'étude de ( Barky *et al.*,2012) l'effet toxique de l'atrazine a provoqué une Augmentation de la concentration de glucose chez les escargots *Biomphalaria alexandrina*. Contrairement aux travaux de ( Radwan *et al.*,2008) ont indiqué une diminution significative du taux de glucides.

### 2-3- Effet sur le taux des lipides totaux.

Les lipides ce sont des substances grasses qui assurent avec les glucides et les protéines les besoins en matériaux de construction et en énergie de l'organisme. Dans notre travail, nous avons observés une augmentation des lipides d'hépatopancréas et des reins après traitement des escargots par le  $SbCl_3$  qui peut être expliqué par une perturbation du métabolisme des lipides. Ces résultats sont confrontés avec ceux de (Padmaja & Rao., 1994) qui ont mis en évidence une diminution des taux de lipides dans les tissus de *B. dissimilis* exposés aux Pesticides. Ainsi que, les travaux de ( Grara *et al.*,2012),ont mis en évidence une baisse significative du taux des lipides au niveau des deux organes étudiés. Ceci peut être dû à l'attaque radicalaire des membranes qui a pour conséquence des perturbations de la perméabilité membranaire liées à la formation de peroxydes lipidiques. (Lawton *et Donaldson*, 1991 ; Halliwell *et Chirico*,1993) indiquent que les effets spécifiques d'une attaque radicalaire se manifestent à l'échelle cellulaire par une peroxydation lipidique induisant des perturbations prononcées du fonctionnement cellulaire.

( Boshoff *et al.*2015) indiquent que les concentrations de biomarqueurs (lipides, Glycogène, protéines) n'étaient pas liées aux concentrations de métaux dans la glande digestive des escargots *Cepaea nemoralis*

# *Conclusion*

## Conclusion et Perspective

Les nanoparticules (NPs) sont produites à l'échelle industrielle et ont connu une croissance exponentielle ces dernières années. La prise de conscience moderne a montré la nécessité d'études approfondies de leurs propriétés, notamment en raison des effets biologiques qu'elles peuvent avoir. En effet, l'accélération de l'utilisation des nanoparticules, du fait de leurs propriétés uniques, dans des produits de différents domaines industriels (médecine, électronique, cosmétique, etc.) peut être associée à des effets indésirables encore inconnus jusqu'à présent.

Le travail réalisé, nous a permis d'étudier chez un gastéropode pulmoné *Hélix aspersa* l'effet d'une nanoparticule métallique, le trichlorure d'antimoine ( $SbCl_3$ ), sur certains paramètres morpho-métriques ( le diamètre de la coquille, le rapport hépatosomatique et le rapport réno-somatique ); et sur le contenu hépatopancréatique et rénal en protéines, glucides et lipides.

Les résultats obtenus, ont montré que l'exposition des *escargots* à quatre doses (500,1000,1250 et 5000 ug / g) aux différents temps testés (3 et 7 jours) entraîne l'apparition d'un stress oxydatif qui se manifeste par:

- ❖ Augmentation du taux des protéines totales.
- ❖ Diminution des glucides totaux.
- ❖ Augmentation des lipides totaux.
- ❖ Diminution du rapport hépatosomatique.

Ce travail méritait d'être approfondi par des nouvelles voies d'approche (enzymologie ,embryologie ,génétique ..... ) qui pourrait peut-être élucidé d'autre problèmes .

# ***Liste Des Références***

• **Bibliographique**

**A**

- **Ali, et al.** Une étude sur les propriétés et les applications des nanoparticules de cuivre . insulter. Université de Kasdi Merbah Ouargla.
- **Adapté de Wang and Yu., 2012 ;** Khodashenas and Ghorbani., 2015.,Khan et al., 2017)
- **AFSSET., juillet 2006., LM., 2007.,** Witschger, O., Fabries, deJF., 2005).
- **AFSSET. 2006.** Les nanomatériaux : effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement. Agence française de sécurité sanitaire de □
- **ATSDR (1992)** – Toxicological Profiles for antimony and compounds. Agency for ToxicSubstances and Disease Registry, Atlanta, GA : U.S department of Health and Human seviles, Public Healt Services.[Http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html](http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html).
- **Adriano, 1986 ;** Kabata-Pendias et Pendias, 1992 ; Edwards et al., 1995).
- **Arasta T., Bais V.S., Thakur P., 1996.**Effect of Nuvan on some biological Parameters of Indian catfish, *Mystusvittatus*. Journal of Environmental Biology. 17

**B**

- **(Benoit Hervé Bazin Nanoparticules, 2021)**
- **Bizi., mars 2012.** Projet ANR NANOSEP ; Procédé d'agrégation et de séparation des nanoparticules. synthèse des résultats marquants ANR\_08\_ECOT\_009
- **Belloni, Jacqueline, and Mehran Mostafavi.** « Les agrégats, précurseurs des nanoparticules. » L'Act. Chim 348 (2011)
- **(Brucey, 2008).Prosie.,2008.** Lesage, F. Deschamps, F. 2008. Nanoparticules : Structures, utilisations
- **Berthelot M., C. R. Acad. Sci., 1887, 104, p. 265**
- **Brieger H., Semisch C.W., Stasney J. and Piatnek D.A. (1954)** - Industrial antimon poisoning. Ind Med Surg, 23, 521-523.isations CHAMARD, Valentine.2013. Les nanomédicaments, alliés de la médecine de demain ?
- **Bradley W.R. and Frederick W.G. (1941)** – The toxicity of antimony-animal studies.Ind Med, 10, 15-22.
- **Bio/dynamics (1990)** – A one year inhalation toxicity study of antimony trioxide in the Rat (with a one year recovery period). Prepared by Bio/dynamics, Inc., E. Millstone, NJ for the antimony oxide industry association. Washington, DC.

- **Barker G.M. 2001.**The Biology of Terrestrial Molluscs. CAB International. Oxon .Wallingford.UK.567 pages
- **Bonnet, J.C., Vrillon, J.L.1990.**L'escargot *Helix aspersa* biologie-élevage. Edition INRA.14-15
- Bertrand-Renault S., 2004.** Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré, 1-43.
- Bougis, P., (1952) .** La croissance des poissons méditerranéens. Vie Milieu Suppl. 2 :118-146.
- Bradford M.M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem 72 :278-254
- **Baturo W., Lagadic L., Caquet T., 1995.**Growth, fecundity and glycogen utilization In *Lymnaea palustris* (Mollusca : Gastropoda) exposed to atrazine and Hexachlorobenzene in freshwater mesocosms. Environmental Toxicology and Chemistry. 14 : 503-511.

### C

- Christophe.** Synthèse, assemblage et caractérisation de matériaux plasmoniques pour une application aux métamatériaux. Diss. Université de Bordeaux, 2014.)
- **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
- Carolyn A. Tylenda, Dexter W. Sullivan Jr., and Bruce A. Fowler.2015.** Antimony. Herdbook on the Toxicology of Metals 4<sup>E</sup>.2 :565-579
- Cutter G.A., Cutter L.S., Featherstone A.M. and Lohrenz S.E. (2001) –** Antimony and Arsenic biogeochemistry in the western Atlantic Ocean. Deep-Sea Res II, 48, 2895-2915.
- Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot-de Vaufleury A., Ribera, D., Badot PM., 2001.**The garden snail (*Helix aspersa*) as a bioindicator of organophosphorus exposure : Effects of dimethoate on survival, growth and acetylcholinesterases activity. Environmental Toxicology andChemistry, 20 : 1951-1957.
- **Chevallier H. 1992.** L'élevage des Escargots. Production et Préparation du Petit-Gris. 2<sup>ème</sup> Edition. Edition du point vétérinaire. Maison-Alfort.

### D

- Djighboub., 2010.** Nanoparticules d'or et d'argent déposées sur oxyde de cérium Synthétisé sous irradiation.

- David R. 2009 Lide.** CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press Inc, 90<sup>e</sup> éd., 2804 p., Relié
- Dunn J.T. (1928)** – A curious case of antimony poisoning. *Analyst*, 531, 532-533
- Dernehl C.U., Nau C.A. and Sweets H.H. (1945)** – Animal studies on the toxicity of Inhaled antimony trioxide. *J Ind Hyg Toxicol*, 27, 9, 256-262.
- Daguzan J. 1981.** Contribution à l'élevage de l'escargot petit-gris : *Helix aspersa* Müller (mollusque gastéropode pulmoné stylommatophore ) I. Reproduction et éclosion des jeunes en bâtiment et en condition thermohygrométrique contrôlées .*Ann. Zootechn.*30.p.249-272.
- Duchateau G., Florkin. 1959.** Fortreahalosemie of insects and its signification . *Arch. Insect. Physiol. Biochem* 67 : 306-314
- David R. 2009 Lide.** CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press Inc, 90<sup>e</sup> éd., 2804 p., Relié

### E

- Emmanuel.F ;2017.** L'interaction onde-matière. Prof à l'Institut Langevin. (ESPCI Paris)
- « **Environnement et nano vert – Sujets – Projet de nanotechnologie** » . Archivé de l'original le 2019-07-22 . Voir le 09-11-2011 .
- Eddiai, Adil.** Caractérisation et modélisation des polymères électro-actifs : Application à la récupération d'énergie. Diss. Lyon, INSA, 2013.)
- Edwards R., Lepp N.W. and Jones K.C. (1995)** Other less abundant elements of Potential environmental significance. Vol, In : *Heavy metals in soils*, B. J. Alloway Eds, pp. 307-310
- El-Wakil H.B., Radwan M.A. 1991.** Biochemical studies on the terrestrial snail *Eobania vermiculata* (Müller) and *Thebapisana* ((Müller) with some Pesticides. *Journal of Environmental Science Health*. B34 : 47-60..

### F

- Feynman R** : Il y a beaucoup de place en bas. *Science*. 1991, 254 : 1300-1301).
- Filella M., Belzile N. and Chen Y.-W. (2002)** – Antimony in the environment : a review Focused on natural waters – I. Occurrence. *Earth-Sci Rev*, 57, 125-176.

### G

- Guitou, M.-A.,** Nanoparticules et santé : des applications aux risques potentiels. L'exemple Du TiO<sub>2</sub>..)

- **Gurleyuk H., Van Fleet-Stalder V. and Chasteen T.G. (1997)** – Confirmation of the Biomethylation of antimony compounds. *Appl Organometal Chem*, 11, 471-483.
- **Gross P., Brown J.H.U. and Hatch T.F. (1952)** – Experimental endogenous lipid Pneumonia. *Am J Pathol*, 28, 211-221.
- **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
- **Gomot A . 1997b .** Double labelling of neural grafts for identification of sites mediating growth in snails. *Biol.celle*.89.133-140 .
- **Garar B., 2015.** Caractérisation Morphophysiologique de la Toxicité du ZnO (Nanoparticulemanufacturée) sur l'escargot l' Helix aspersa bio indicateur de pollution De
- **Gimbert D.C., 2011.** Utilisation intégrée des escargots en bioindication de la qualité de L'environnement, RITTMO, France, pp :8.
- **Goldsworthy G.J., Mordue W., and Guthkelch J. 1972.** Studies on insect adipokinetic hormones. *Gen. Comp. Endocrinol* 18 (3) : 545
- **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.

## H

- **Holsapple, Michael P. ; Farland, William H. ; Landry, Timothy D. ; Monteiro-Rivière, Nancy A. ; Carter, Janet M. ; Walker, Nigel J. ; Thomas, Karluss V. (novembre 2005).**
- **Handbook of Hazardous Chemical properties).**
- **Hirner A.V., Feldmann J., Goguel R., Rapsomanikis S., Fisher R. and Andreae M.O.(1994)** – Volatile metal and metalloid species in gases from municipal waste deposits. *Appl Organometal Chem*, 8, 65-69.

## I

- **Ibrahim Khan, Khalid Saeed, Idrees Khan** *Arabian journal of chemistry* 12 (7), 908-931, 2019
- **Ibrahim Khan, Khalid Saeed, Idrees Khan 2017.** *Arabian Journal of Chemistry Nanoparticules : Properties, applications and toxicities.* 12, 7, 908-931
- **IBTL (1972)** – Acute toxicity with antimony oxide. *Industrial Biotest Laboratories.* OTS206223.

- ISO., 2006. Qualité du sol – Effets des polluants vis-à-vis des escargots juvéniles (Helicidae) –Détermination des effets sur la croissance par contamination du sol, Genève,.31.

## **J**

- Jeevanandam, Jaison, et al.** « Review on nanoparticles and nanostructured materials : history, sources, toxicity and regulations. » Beilstein journal of nanotechnology 9.1 (2018) : 1050-1074.
- **Jumel A., Lagadic L., 2000.** Metabolism of polysaccharides in Lymnaea palustris (Mollusca, Gastropoda) exposed to 4-nonylphenol and nonylphenol dodecylethoxylate in Mesocosms. Third SETAC World Congress. Global Environmental Issues in the 21th Century : Problems, Causes and Solutions. Brighton, Angleterre.

## **K**

- Kiang, C.-H., Goddard Iii, W. A., Beyers, R. et Bethune, D. S. (1996).** CARBON NANOTUBES WITH SINGLE-LAYER WALLS. Dans M. Endo, S. Iijima & M. S. Dresselhaus (dir.), Carbon Nanotubes (p. 47-58). Oxford : Pergamon.
- (K.Watanabe, in Encyclopedia of Interfacial Chemistry, 2018)**
- **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.
- 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**

- Lucas., 21 juin.,2019.** Détection et caractérisation des nanoparticules de dioxyde de Titane dans les aliments par AF4\_ICP\_MS et SP\_ICP\_MS, DOCTEUR DE LA COMMUNAUTE UNIVERSITE GRENOB
- (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. Environnementale Science & Technologie. 38(19) : 5208-5216.
- Lynch B.S. and al e. (1999)** – Review of subchronic/chronic toxicity of antimony Potassium tartrate. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 30, 9-17.

- **Louiza Douafer<sup>1,2</sup> & Nedjoud Zaidi<sup>3</sup> & Noureddine Soltani<sup>1</sup>, 2020.** Seasonal variation Of biomarker responses in *Cantareus aspersus* and physic-chemical properties of soils from Northeast Algeria.
- **Lauwerys, Robert ; Haufroid, Vincent ; Hoet, Perrine ; Lison, Dominique. 2007** Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Elsevier Masson SAS : Paris
- **Laflamme J-S, Couillard Y, Campbell PGC, Hontela A. (2000)** . Interrenal Metallothionein and cortisol secretion in relation to Cd, Cu, and Zn exposure in Yellow perch, *Perca flavescens*, from Abitibi lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 57 :1692-1700.
- **Iaea. (1994)** . Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer In temperate environments. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. Technical Report Series, No. 364.
- **Lawton L.J., Donaldson W.E. 1991.** Lead-induced tissue fatty acid alterations And lipid peroxydation. *Biol. Trace Elem. Res.* 28 :93-97.

### M

- **Mody, V. V., Siwale, R., Singh, A., & Mody, H. R. (2010).** Introduction to métallique nanoparticles. *Journal of Pharmacy and bioallied sciences*, 2(4), 282.
- **Meyers, MA ; Chen, PY ; Lin, A.Y.M. ; Seki, Y. (2008).** « Matériaux biologiques : structure et propriétés mécaniques ». *Progrès en science des matériaux* . 53 : 1.
- **Murray CB, Kagan CR, Bawendi MG : Synthèse et caractérisation de nanocristaux monodispersés et d'assemblages de nanocristaux compacts. Annu Rev Mater Sci. 2000, 30 : 545-610. 10.1146/annurev.matsci.30.1.545.)**
- **Mazzola L : Commercialisation des nanotechnologies. Biotechnologie naturelle. 2003, 21 : 1137-1143. 10.1038/nbt1003-1137.** Paull R, Wolfe J, Hebert P, Sinkula M : Investir dans les nanotechnologies. *Biotechnologie naturelle*. 2003, 21 : 1134-1147. 10.1038/nbt1003-1144.
- **M. BISSON : [michele.bisson@ineris.fr](mailto:michele.bisson@ineris.fr)** BISSON – V. BONNOMET – V. MIGNE-FOUILLEN – B. JOLIBOIS – G. GAYJ.P. LEFÇVRE – K. TACK. 2007
- **Merck (1996)** – The Merck Index – An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals, Merck and co., Inc. 12th
- **Myers R.C., Homan E.R., Well C.S. and Webb G.A. (1978)** – Antimony trioxide range-finding toxicity studies. Carnegie-Mellon Institute of Research, Carnegie-Mellon University. Pittsburgh, PA. OTS206062, Sponsored by Union Carbide Corp., Danbury.
- **Mueller, N.C., Nowack, B., 2008.** Exposure modeling of engineered nanoparticles in the Environment. *Environ. Sci. Technol.* 42, 4447–4453

- **Masse.R. et Boudéne. C.,2013.** Des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, Les Nanoparticules : une nouvelle classe de toxiques environnementaux ? 74 :316-319
- **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.
- **Moussard C., 1999.** La biochimie, Biochimie structurale et métabolique, Médecine, Pharmacie, Sciences. De Boek&Larciers.a., Bruxelles. 294 p.

## N

- **Newton P.E., Bolte H.F., Daly I.W., Pillsbury B.D., Terrill J.B., Drew R.T., Ben\_Dyke R., Sheldon A.W. and Rubin L.F. (1994)** – Subchronic and chronic inhalation toxicity of antimony trioxide in the rat. Fundam Appl Toxicol, 22, 4, 561-576.

## P

- **Pierre-Gilles de Gennes** Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIB-Mechanics-Physics-Astronomy 327 (5), 535-538, 1999
- **Pailleux., 2012.** Etude in vitro de la toxicité des nanoparticules de bohémiste. Autre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2012. Français. P 31-48. Selon leur taille et leur nature.
- **Pascal P.,** Nouveau Traité de chimie minérale, Tome XI, Masson, Paris, 1958, p. 495.
- **Petersen, H., Gjelstrup, P., 1998.** Effects of insecticide dimethoate on the behaviour of *Folsomia fimetaria* (L.) (Collembola : Isotomidae). Appl. Soil. Ecol., 9, 389-392
- **Poon R. and al e. (1998)** – Effects of antimony on rats following 90-day exposure via Drinking water. Food and Chemical Toxicology, 36, 1, 21-35
- **Peccinni E., Staudenmann W., Albergoni, V., Gabrieli R.D. and James P. 1994 :** Purification and primary structure of metallothionins induced by cadmium In the protists *Tetrahymena pigmentosa* and *Tetrahymena pyriformis*. European Journal of Biochemistry.226.p.853-859
- **Padmaja J.R., Rao M.B. 1994.** Effect of an organochlorine and Three organophosphate pesticides on glucose, glycogen, lipid and protein contents in Tissues of the freshwatersnail, *Bellammyadissimillis* (Müller). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 53 : 142-148.

**R**

• **Radwan M.A., Essawy A.E., Abdelmeguid N.E., Hamed S.S., Ahmed A.E., 2008.** Biochemical and histochemical on the digestive gland of Eobania vermiculata snails Treated with carbamate pesticides. Pesticides Biochemistry and Physiology. 90 : 154-167

✓ **S**

✓ S. Lanone, J. Boczkowski .2010. Revue française d'allergologie 50 211–213, France

•**Salata, Oleg V.** « Applications of nanoparticles in biology and medicine. » Journal of nanobiotechnology 2.1 (2004) : 1-6.

•**Swihart, Mark T.** « Vapor-phase synthesis of nanoparticles. » Current opinion in colloid & interface science 8.1 (2003) : 127-133.)

•**Simon-Deckers,** Angélique. Effets biologiques de nanoparticules manufacturées : influence de leurs caractéristiques. Diss. Institut national agronomique Paris-Grignon, 2008.

•**Salim Salsabil, Shawhaniya Omaima. Jamiat Al-Arabi Tabsi 2021)**

• **Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratyneck, C. A., Newhall, A. R., Freidman, L. (1966).** A Method for sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, Lipid and Glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular fraction. Analytical Biochemistry. 19 : 415-429.

• **Schwaiger J., Wanke R., Adam S., Pawert M., Honnen W., Tribskorn R. 1997.**The use of histopathological indicators to evaluate contaminant -related Stress in fish. Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery. 6 : 75-86

• **Shibko, S., Koivistoinen, P., Tratyneck, C., New Hall, &Feidman, L. (1966).** A Method for the sequential quantitative separation and determination of protein, RNA,

DNA, lipid and glycogen from a single rat liver homogenate or from a subcellular

Fraction. Analytical Biochemistry 19 : 415-528

**T**

• **Thoman R.V. 1989.** Bioaccumulation model of organic-chemical distribution in aquatic Food chains. Environmental Science and Technologie 23. 699-707

**U**

•**Unjiej Hao, Haochen Liu, Kai Wang, Xiao Wei Sun, Jean-Pierre Delville et Marie-Helene Delville.**, ACS Nano, 30 août 2021

**V**

•**Virginie MAES, (2014)** . Le métabolisme énergétique chez un cyprinidé d'eau douce, Le gardon *Rutilus rutilus* : vers le développement de nouveaux biomarqueurs en Lien avec la contamination par des produits phytosanitaires. Thèse de doctorate. Université de Reims Champagne-Ardenne. P105.

**W**

•**WWOLFGANG KRÄTSCHMER et DONALD R. HUFFMAN**, « FULLERITES : NEW FORMS OF CRYSTALLINE CARBON »,

•**Waldner· Jean-Baptiste (2007)**. Nanocomputers and Swarm Intelligence.

•**Wang L.C.K., Winston J.M. and Hagensen J. (1979)** – Study of carcinogenicity and Toxicity of inhaled antimony trioxide, antimony ore concentrate and thallic oxide in Rats. Prepared for the National Institute for Occupational Safety and Health.

Cincinnati, OH. OTS0511065.

•**Wani, G.P., et A.N. Latey. (1983)** . Toxic effects of cadmium on the liver of a freshwater teleost garra mullya (Sykes). *Curr. Sei.*, 52(21) : 1034-1035

**Zhao Q., Smith M.L, Stesto B.K., 1994.** The  $\alpha$ -conotoxin SNX 111, aN-type  $Ca^{2+}$  channel Blocker dramatically ameliorates brain damage due to transient focal ischemia. *Acta Physiol. Scand.*, 150 :459

•**Zaafour M., 2014.** Étude écophysiologique de la reproduction de l'escargot terrestre PetitGris (*H. aspersa aspersa*) (Gastropod Stylommatophora Helicidea) dans la Région NordEst d'Annaba Algérie. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Badji Mokhtar

Annaba, 109p.