

EVALUATION DE LA BIOACCUMULATION DES METAUX LOURDS ET DU GLYPHOSATE CHEZ L'ESCARGOT *Achatina achatina* (LINNE 1758) COLLECTE SOUS LES CACAOYERS DANS LA LOCALITE DE SOUBRE (SUD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)

O. N'GUESSAN¹, D. KOUASSI², A. C. YAPI³, V. KOUAMÉ⁴

^{1, 2, 3, 4} Laboratoire de Biodiversité et Écologie Tropicale (BioEcoTrop), UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa Côte d'Ivoire, oliviernguessan@gmail.com, 05 04 28 69 38
prdanielkouassi@yahoo.com dopearmel@yahoo.fr / kvictor2@yahoo.fr

RESUME

Les escargots géants d'Afrique appartenant au genre *Achatina* sont très prisés par les populations Africaines et celles de la Côte d'Ivoire en particulier. Dans certaines régions du pays, seul le céphalopode est consommé alors que dans d'autres, en plus du céphalopode, les viscères sont consommés. L'objectif de cette étude est d'évaluer la concentration des métaux lourds (Plomb, Cadmium, Mercure, Zinc, Cuivre) et du glyphosate dans le céphalopode, les viscères et la coquille chez l'espèce d'escargot *Achatina achatina* afin de connaître les parties où les polluants s'accumulent le plus. Les méthodes analytiques utilisées pour la détermination des métaux lourds et du glyphosate dans les échantillons d'*Achatina achatina* sont respectivement la spectrophotométrie d'absorption atomique et la Chromatographie en phase liquide à haute performance. Les résultats montrent que c'est dans la coquille où s'accumulent plus le plomb (0,64 mg/kg), le cuivre (0,45 mg/kg) et le zinc (1,165 mg/kg). En revanche, le glyphosate et le cadmium s'acculent plus dans le céphalopode (1,03 et 0,13 mg/kg respectivement) et dans les viscères (1,01 et 0,14 mg/kg respectivement).

Mots clé : escargots, métaux lourds, glyphosate, Nawa

ABSTRACT

EVALUATION OF THE BIOACCUMULATION OF HEAVY METALS AND GLYPHOSATE IN THE SNAIL *ACHATINA ACHATINA* (LINNÉ 1758) COLLECTED UNDER COCOA TREES IN THE LOCALITY OF SOUBRE (SOUTH-WEST OF IVORY COAST)

The giant snails of Africa belonging to the genus *Achatina* are highly prized by African populations and those of the Ivory Coast in particular. In some regions of the country, only the cephalopod is consumed while in others, in addition to the cephalopod, the viscera are consumed. The objective of this study is to evaluate the concentration of heavy metals (Lead, Cadmium, Mercury, Zinc, Copper) and glyphosate in the cephalopod, viscera and shell of the snail species *Achatina achatina* in order to know the parts where the pollutants accumulate the most. The analytical methods used for the determination of heavy metals and glyphosate in *Achatina achatina* samples are atomic absorption spectrophotometry and high-performance liquid chromatography respectively. The results show that lead (0.64 mg/kg), copper (0.45 mg/kg) and zinc (1.165 mg/kg) accumulate most in the shell. On the other hand, glyphosate and cadmium accumulate more in the cephalopod (1.03 and 0.13 mg/kg respectively) and in the viscera (1.01 and 0.14 mg/kg respectively).

Keywords: snails, heavy metals, glyphosate, Nawa

INTRODUCTION

L'accumulation des métaux par les organismes invertébrés est le résultat des processus d'absorption-assimilation, de distribution, de stockage et d'excrétion (Dallinger 1993). Ces processus sont possibles grâce à la disponibilité de ces métaux en milieu naturel. Plusieurs polluants sont déversés quotidiennement dans l'environnement. Les éléments traces métalliques (ETM) sont des polluants engendrés pour la plupart du temps par l'activité humaine (Banque mondiale, 2003 ; Public Eye investigation, 2016 ; N'Guessan, 2010). Ils ont un impact toxicologique sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme (Gove *et al.*, 2001). Ces polluants sont considérés comme graves sur l'environnement de par leur rémanence et leur tendance à la bioaccumulation dans les organismes vivants (Schuurmann et Markert, 1998). Dans cet environnement subissant ces polluants, les ressources alimentaires disponibles à l'état naturel jouent un rôle assez substantiel chez les populations (Sodjinou *et al.*, 2002). Au nombre de ces ressources, les escargots géants africains (ou achatines) appartenant à la famille des Achatinidae s'y trouvent. Ces escargots sont très appréciés par de nombreuses populations africaines (Zongo, 1995). La chair de l'escargot contient un taux de protéines compris entre 37 et 51 % de la matière sèche et représenterait la « viande de brousse » la plus prisée et la plus consommée en Côte-d'Ivoire après l'aulacode (Cobbinah *et al.*, 2008). En effet, le céphalopode (la partie la plus consommée de l'escargot) représente, d'après une étude réalisée en Côte d'Ivoire par Otchoumou (2005) 30 % du poids vif de l'escargot. Il est très riche en eau (80 %) et renferme en matière sèche, 62 à 75 % de protéines brutes. Bien que pauvre en matière grasse, il possède une valeur calorifique variant entre 341 et 358 Kcal/100g avec une teneur élevée en calcium (1,3 g/100g MS) et en fer (491 mg/Kg MS). Presque tous les acides aminés essentiels dont l'homme a besoin y sont représentés. Les vitamines A, D3 et E sont également présentes. La population ivoirienne consommerait 7,9 millions de kg d'escargots par an (Cobbinah *et al.*, 2008). Au Ghana, la demande dépasse clairement la ressource disponible (Cobbinah *et al.*, 2008). La viande d'achatine est la plus consommée au Sud-Benin devant l'aulacode, le poulet, l'ovin ou le caprin, le bœuf et le porc (Sodjinou *et al.*, 2002). Selon

ces auteurs, 57,5 % de la population du Sud-Benin consomme seulement le céphalopode contre 42,5 % qui consomme à la fois le céphalopode et les viscères. Tout comme certains peuples Africains, certaines populations ivoiriennes consomment le corps entier (pied, tête et masse viscérale) de l'escargot. Pourtant, les escargots sont des espèces bioaccumulatrices, capables d'absorber et de concentrer dans leur organisme certaines substances chimiques. Il est donc important de connaître la capacité d'absorption en polluants de certaines parties de l'escargot. L'objectif de cette étude est de déterminer la concentration des métaux lourds (Plomb, Cadmium, Mercure, Zinc, Cuivre) et du glyphosate dans le céphalopode, les viscères et la coquille chez l'espèce d'escargot *Achatina achatina* afin de connaître les parties susceptibles d'accumuler les polluants.

MATERIEL ET METHODES

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La présente étude s'est déroulée dans la région de la Nawa au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Située entre 5°60' et 9°50' de latitude Nord et 6°0' et 8°20' de longitude Ouest, cette région couvre une superficie de 9193 km² avec une population estimée à 314 192 d'habitants (INS, 2014). Le site d'échantillonnage est situé dans le département de Soubré plus précisément dans la localité d'Alakabo. Géographiquement, il est situé entre la latitude 5°35'17,052 N et la longitude 6°22'25,14 O. Le choix de cette région est justifié par sa forte production en escargots et l'approvisionnement de plusieurs marchés ivoiriens par le biais des commerçants.

MATERIEL ANIMAL

Cette étude a porté sur une seule espèce d'escargots appartenant à la famille des Achatinidae. Il s'agit de *Achatina achatina*. C'est l'espèce la plus prisée par les populations de la zone d'étude.

METHODOLOGIE D'ENQUETE SUR L'UTILISATION DES TYPES D'HERBICIDES UTILISES DANS LA ZONE D'ETUDE

Avant l'échantillonnage, une enquête de terrain a été menée auprès de trente cacaoculteurs. Cette enquête vise à faciliter le choix de la

substance active à analyser en tenant compte des herbicides auxquels les escargots du site d'échantillonnage sont susceptibles d'être exposés au voisinage de celui-ci. Le propriétaire du champ dans lequel les échantillons ont été collectés a été la première personne interrogée. Ensuite, les six autres personnes avec lesquelles le champ de celui-ci fait limite. Enfin, les vingt-trois autres cacaoculteurs ont été interrogés dans un rayon d'un kilomètre à partir du site d'échantillonnage.

ECHANTILLONNAGE ET PRELEVEMENT DES ESCARGOTS

Huit escargots ont été collectés *in situ* dans une zone homogène (sous les vergers de cacaoyers) après une pluie survenue tôt dans la soirée. L'échantillonnage s'est fait après la pluie. Les escargots sont vus après la pluie du fait que c'est grâce à l'eau qu'ils peuvent fabriquer leur bave, appelée mucus. Cette bave est particulièrement importante pour eux puisqu'elle leur permet de se déplacer tout en glissant sur d'éventuels obstacles. Les échantillons prélevés ont été mis dans un sachet stomacher puis conservés dans une glacière avant acheminement au laboratoire le lendemain tôt le matin.

PREPARATION DES ECHANTILLONS D'ESCARGOTS

Une fois au laboratoire, les escargots ont été mis à jeun pendant deux jours (48h) afin d'éliminer la nourriture non absorbée et les fèces de leur tractus digestif. Ensuite, plusieurs mesures des huit escargots ont été prise. Il s'agit du poids de l'escargot, de la longueur et du diamètre de sa coquille. En fin, la dissection des échantillons s'est faite selon la méthode décrite par Chukwujindu *et al.*, (2009).

MINERALISATION ET DOSAGE DES MÉTAUX LOURDS

Les analyses des métaux ont été réalisées selon des modes opératoires parfaitement maîtrisés et validés. La minéralisation pour le dosage du plomb, cuivre, zinc et du cadmium a été effectuée selon la méthode AOAC, 999.10 (2003). D'abord, pour la digestion de chaque échantillon, une prise d'essai de 0,5 g de broyat est placée dans un tube en téflon sous une hotte, Ensuite 5 mL d'acide nitrique concentré (HNO_3) à 65 % et 15 ml d'acide chlorhydrique (HCL) à

37 % sont successivement ajoutés au broyat dans le rapport ($\text{HNO}_3/\text{HCL}1/3$). Un autre tube en téflon contenant de l'eau bidistillée est utilisée comme blanc (témoin neutre des éléments à rechercher ou traités). A ce tube blanc, les mêmes réactifs qui ont servi à la digestion de la matrice sont ajoutés dans le même cadre. Les téflons sont portés au bain marie pendant 1 heure (1H) à une température de 90°C pour la digestion du contenu. Les tubes en téflons sont retirés et disposés sur la paille pour leur refroidissement. Trente minutes (30) après, une décompression de 5 mn est faite sous la hotte en ouvrant les téflons pour laisser s'échapper le gaz. Après le refroidissement, le mélange est filtré dans une fiole jaugée de 100 ml et complété avec de l'eau bidistillée jusqu'au trait de jauge puis homogénéisé par agitation manuelle. Les solutions obtenues après la minéralisation sont transvasées dans un tube propre portant les références des échantillons et conservées à 4°C jusqu'à l'analyse.

QUANTIFICATION DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES

La détection des éléments traces métalliques s'est faite à l'aide de Spectrophotomètre d'absorption atomique four à graphite, piloté par le logiciel LC solution équipée d'un correcteur de fond non spécifique (lampe au Deutérium), d'un passeur automatique d'échantillons.

Un calibrage a été fait avant de préparer des solutions étalons pour chaque métal de concentrations croissantes de 10 ug/l, 800 ug/l, et 1500 ug/l. Le coefficient de détermination de chaque élément choisi est compris entre 0,995 et 1. Les teneurs métalliques en mg/kg (ppm) ont été obtenues à partir des concentrations lues directement sur le spectromètre,

DETERMINATION DE LA TENEUR EN GLYPHOSATE

Préparation de l'échantillon

D'abord, 25 g d'échantillons de chaque organe broyé sont prélevés et pesés dans un tube conique de 50 ml. Ensuite, de l'eau déminéralisée est ajoutée jusqu'à la jauge de 50 ml, le tout est agité au vortex pendant 3 min. La solution V_2 obtenue est filtrée dans un autre tube conique de 50 ml. Enfin, un volume correspondant de TAC (trichloroacetic acid ou acide trichloroacétique) à 10 % est ajouté au V_2

jusqu'à la jauge de 50 ml puis vortexé pendant 3 min le tout filtré dans un autre tube conique gradué de 50 ml pour obtenir le volume V_3 .

Préparation des échantillons pour la quantification

A 1 ml de la solution V_3 diluée ; on ajoute dans l'ordre 1 ml de la solution de tétraborate (5 %) et 1 ml de la solution de FMOC. La solution obtenue est agitée pendant 1 heure à l'abri de la lumière, à la température ambiante, puis centrifugée à 4500 tr/min pendant 5 min. Le surnageant est recueilli dans un vial et prêt pour la détection et la quantification au HPLC.

ANALYSE STATISTIQUE

Les concentrations obtenues ont été d'abord soumises aux tests de normalité de Shapiro-

Wilk et d'homogénéité de Bartlett afin de vérifier leur distribution et l'égalité des variances. Ensuite, des analyses de variances à un critère de classification (ANOVA 1) suivies des tests de LSD de Fisher ont été appliquées pour comparer les différentes moyennes. Les différences ont été considérées comme significatives au seuil de $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$). Ces tests ont été réalisés à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1

RESULTATS

ENQUETE AUPRES DES CACAOULTEURS SUR L'UTILISATION D'HERBICIDES

Le tableau 1 montre les herbicides utilisés par les cacaoculteurs dans un rayon d'un kilomètre du site d'échantillonnage.

Tableau 1 : liste des herbicides utilisés par les trente cacaoculteurs.

List of herbicides used by the thirty cocoa producers.

Herbicides	Substance active
Glyphomax	Glyphosate
Glyphader	
Bonbara	
Ladaba	
Tasman	
Bibanan	
Tête rouge	
La machette	

Le glyphosate communément appelé « tout brûlé » dans la zone d'étude est la substance active utilisée par les cacaoculteurs du site d'échantillonnage.

DETERMINATION DES METAUX LOURDS ET DU GLYPHOSATE DANS LE CEPHALOPODE,

LES VISCERES ET LA COQUILLE DE L'ESPECE D'ESCARGOT *Achatina achatina*

La figure 1 montre les concentrations moyennes des métaux lourds et du glyphosate enregistrées dans le céphalopode, les viscères et la coquille chez l'espèce d'escargot *Achatina achatina*.

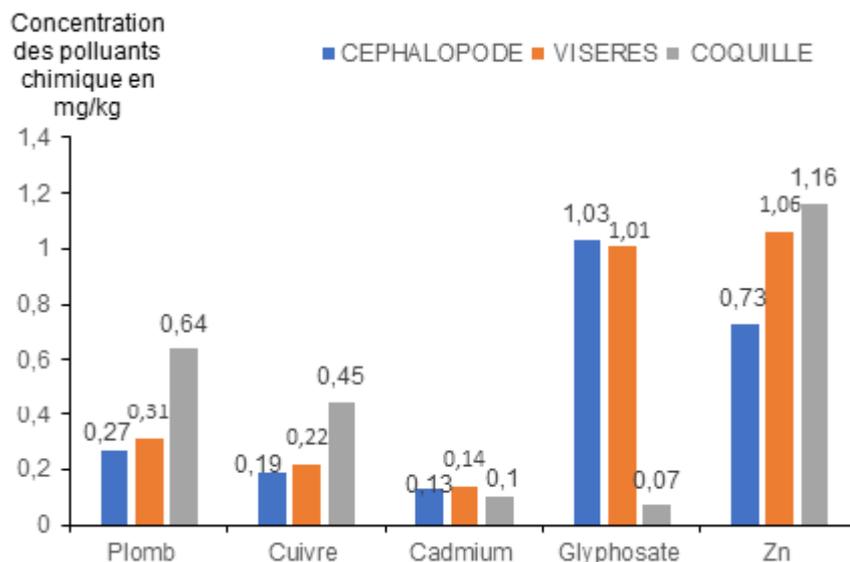


Figure 1 : Concentration de métaux lourds et de glyphosate dans les différentes parties de l'escargot *Achatina*.

Concentration of heavy metals and glyphosate in different parts of the Achatina achatina snail.

COMPARAISON DES CONCENTRATIONS MOYENNES DES METAUX LOURDS ET DU GLYPHOSATE DANS LE CEPHALOPODE, LES VISCERES ET LA COQUILLE CHEZ L'ESPECE D'ESCARGOT *Achatina achatina*

Le tableau 2 montre les différences entre les niveaux de métaux lourds et de glyphosate dans les viscères, le céphalopode et la coquille d'*Achatina achatina*.

Tableau 2 : Test LSD de Fisher : analyse des différences entre le céphalopode, les viscères et la coquille de *Achatina achatina*.

Fisher LSD test: analysis of the differences between cephalopods, viscera and Achatina achatina shell.

Différentes parties	Paramètres chimiques				
	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Gly (mg/kg)
Viscère	0,31±0,3 ^b	0,22±0,28 ^a	0,14±0,07 ^a	1,06±0,44 ^a	1,01±0,37 ^a
Céphalopode	0,27±0,02 ^b	0,19±0,18 ^a	0,13±0,06 ^a	0,73±0,18 ^a	1,03±0,1 ^a
Coquille	0,64±0,27 ^a	0,45±0,33 ^a	0,10±0,07 ^a	1,16±0,62 ^a	0,07±0,03 ^b
<i>F</i>	6,4	2,6	0,7	14,9	48,25
<i>P</i>	< 0,01	0,1	0,5	< 0,17	< 0,001

NB : Sur une même colonne, pour le paramètre, les compartiments dont les valeurs moyennes portent des lettres différentes sont statistiquement différentes ($p < 0,05$).

Les lettres correspondent aux rangs obtenus à l'issu du classement des localités.

Hautement significative : $p \leq 0,001$; très significative : $p \leq 0,01$; p : % de probabilité ; *F* : test de la Plus Petite Différence Significative ; Pb : plomb ; Cu : cuivre ; Cd : cadmium ; Zn : zinc ; Gly : glyphosate

*In the same column, for the parameter, compartments with different letter averages are statistically different ($p < 0.05$). p : % probability; *F*: Test for the smallest significant difference. copper, lead, zinc, glyphosate, cadmium*

La concentration du plomb dans les différentes parties de l'escargot *A. achatina* varie entre 0,27 mg/kg (céphalopode) et 0,64 mg/kg (coquille). Le taux de plomb dans la coquille de l'escargot *A. achatina* est largement supérieur à celui du céphalopode et des viscères. L'analyse statistique montre qu'il y a une différence significative entre le taux de plomb dans la coquille de l'escargot *A. achatina* et celui dans le céphalopode et des viscères qui sont tous deux (2) statistiquement identiques

La concentration de cadmium dans les différentes parties de l'escargot *A. achatina* varie de 0,10 mg/kg (coquille) et de 0,14 mg/kg (viscère) en passant par 0,13 mg/kg. Les viscères et le céphalopode accumulent plus le cadmium que la coquille de l'escargot. Toutefois, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative de concentrations en cadmium entre les trois parties.

La concentration de zinc dans la coquille de

l'escargot *A. achatina* varie entre 0,73 mg/kg (céphalopode) et 1,16 mg/kg (coquille). L'analyse statistique montre qu'il n'y a aucune différence significative de concentration en zinc entre les trois (3) parties.

La concentration du cuivre dans les différentes parties de l'escargot *A. achatina* étudiées varie entre 0,19 mg/kg (Céphalopode) et 0,45 mg/kg (coquille). Le taux de cuivre dans la coquille de l'escargot *A. achatina* est élevé que dans le céphalopode et les viscères. L'analyse statistique montre qu'il y a une aucune différence significative de concentration en cuivre entre les trois parties. La concentration de glyphosate varie entre 0,07 mg/kg (dans la coquille) et 1,03 mg/kg (dans le céphalopode). Le glyphosate s'accumule plus dans le céphalopode et les viscères que dans la coquille. En témoignent les résultats de l'analyse statistique qui révèlent une différence significative entre le taux de glyphosate dans la coquille et ceux dans le céphalopode et dans les viscères.

Le tableau 3 : Résultats de la statistique descriptive des teneurs en métaux lourds et en glyphosate de trois compartiments d'*Achatina achatina* analysées.

Descriptive statistics of heavy metal and glyphosate levels in three compartments of Achatina achatina.

Compartiments	Métaux	Min	1 ^{er} quartile	Médiane	3 ^{ème} quartile	Max	Moy
Viscères	Pb	0,07	0,14	0,24	0,33	0,99	0,31
	Cu	0,01	0,11	0,12	0,20	0,90	0,22
	Cd	0,01	0,10	0,13	0,17	0,27	0,14
	Zn	0,40	1	1	1	1,99	1,06
	Gly	0,60	0,86	0,96	0,99	1,87	1,01
Céphalopode	Pb	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,27
	Cu	0,17	0,18	0,19	0,20	0,22	0,19
	Cd	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,13
	Zn	0,52	0,58	0,69	0,90	0,98	0,73
	Gly	0,91	0,95	1,01	1,11	1,20	1,03
Coquille	Pb	0,21	0,43	0,70	0,83	0,99	0,64
	Cu	0,12	0,17	0,40	0,69	0,98	0,45
	Cd	0,01	0,03	0,10	0,15	0,23	0,10
	Zn	0,16	0,73	1,17	1,65	1,99	1,16
	Gly	0,01	0,04	0,09	0,10	0,10	0,07

Pb : Plomb ; Cu : Cuivre ; Cd : Cadmium ; Zn : Zinc ; Gly : Glyphosate ; Min : minimum ; Max : maximum et Moy : moyenne.

DISCUSSION

Les métaux lourds et le glyphosate s'accumulent dans les différentes parties des escargots en particulier dans l'espèce *Achatina achatina*. Le glyphosate et le cadmium semblent s'accumuler plus dans le céphalopode et les viscères que dans la coquille. En revanche, le plomb, le cuivre et le zinc s'accumule plus dans la coquille. La forte concentration de glyphosate dans le

céphalopode et dans les viscères pourrait s'expliquer par les interactions entre cet animal et son milieu de vie. En effet, ce macro-invertébré vit à l'interface sol – plante – air. Il est à la fois phytophage, détritivore et ingère le sol sur lequel il se déplace et y pond. Ainsi, il est confronté à plusieurs voies d'exposition aux éléments traces métalliques et aux pesticides : voie digestive, cutanée, et voie respiratoire. Or, nos échantillons sont prélevés dans des vergers de cacao où le

site d'échantillonnage et les vingt-neuf premiers voisins directs n'utilisent que du désherbant au glyphosate. C'est donc à juste titre que, le contact direct avec le sol et la flore traitée fasse du céphalopode et des viscères, un site privilégié de stockage du glyphosate. Tout comme les métaux lourds, le glyphosate pourrait être absorbé par l'épithélium cutané (Van Straalen et Van Gestel, 1998) ; ou, ils finissent souvent par être stockés dans l'hépatopancréas, parfois après avoir traversé plusieurs tissus. Les cellules environnantes telles celles du rein sont responsables de l'absorption, de la phagocytose, de l'accumulation et de l'excrétion des polluants pendant les processus de digestion (Grara *et al.*, 2012).

Le test LSD de Fisher montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les concentrations de cadmium et de plomb dans les trois parties d'*Achatina achatina*. Par contre, la concentration du Pb enregistrée dans la coquille est deux fois supérieures aux concentrations enregistrées dans les viscères et le céphalopode. Ces résultats sont contraires de ceux obtenus par Dallinger & Wieser 1984, Gomot (1998). En effet, ces auteurs, soutiennent la thèse selon laquelle dans toutes les espèces de mollusques étudiées à ce jour, l'hépatopancréas contient systématiquement les plus fortes concentrations en Cd, Pb et Zn. Par ailleurs, ces résultats sont opposés de ceux obtenus par Cook *et al* (1979). Selon ces derniers, les coquilles des escargots ne semblent pas être un site de stockage important des ETM. Au cours de leurs travaux ils ont obtenu les concentrations de Cd et de Zn de l'ordre de 1mg.g^{-1} dans les coquilles d'*Helix aspersa* prélevées dans des zones hautement contaminées.

Le zinc par contre, est l'un des oligo-éléments essentiels pour tous les organismes vivants. Pour la plupart des groupes taxonomiques d'invertébrés en matière de bioaccumulation des ETM, les concentrations en Cd, en Cu et en Pb augmentent avec l'augmentation des concentrations dans les sols alors que les concentrations en Zn, en général régulées, sont indépendantes de celles du sol (Heikens *et al.*, 2001). La présence du zinc dans l'escargot *A. achatina* pourrait être liée au couvert forestier du site d'échantillonnage, car, la végétation est l'une des sources principales de cet élément

chimique dans l'environnement selon les études menées par Horowitz (1985).

La concentration en cuivre au niveau de la coquille est deux fois supérieure à celle enregistrée au niveau des viscères et du céphalopode. La coquille est donc le principal organe de stockage de cuivre. Les concentrations de cuivre statistiquement égales observées dans les trois parties d'*A. achatina* peut s'expliquer par son rôle essentiel comme constituant de l'hémocyanine, le pigment respiratoire des mollusques terrestre (Grara *et al.*, 2012).

Le test LSD de Fisher effectué sur les paramètres chimiques a révélé que les trois parties concentrent statiquement les mêmes quantités de polluants à l'exception du plomb et du glyphosate. Cette égale répartition pourrait être expliquée par l'exposition aux sols aux diverses sources de pollution (Modrzewska & Wyszowski, 2014). Aussi, les échantillons ont été collectés sur un terrain agricole caractérisé par une forte utilisation de produits phytosanitaires (fongicides, insecticides et herbicides) ce qui expliquerait les fortes concentrations de ces éléments chimiques dans les trois parties de l'escargot *Achatina achatina*. Ces molécules chimiques peuvent contenir plusieurs métaux toxiques comme Cu, Cd, et le Zn et peuvent donc contribuer à la contamination du sol (He *et al.*, 2005).

CONCLUSION

Les escargots *Achatina achatina* collectés à Allakabo dans la localité de Soubre accumulent certains polluants chimiques comme le cuivre, le plomb, le zinc, le Cadmium et le glyphosate. Le céphalopode et les viscères sont des principaux sites de stockage de glyphosate et du cadmium. Quant à la coquille, elle est le lieu d'accumulation du plomb, du cuivre et du zinc. La contamination de l'escargot par les métaux lourds et le glyphosate provoqueraient certainement des effets préjudiciables sur la santé humaine et l'environnement. Le risque d'exposition lié à la consommation d'*Achatina achatina* n'a pas été pris en compte dans cette étude. Les travaux futurs seront consacrés à cet aspect.

REFERENCES

- AOAC. 2003. Official method 999. Lead, cadmium, zinc, copper and iron in foods.
- Banque mondiale, 2003. Initiative sur la qualité de l'air dans les villes d'Afrique sub-saharienne. Rapport d'avancement 1998 -2002. Document de travail numéro 11. [En ligne] réf. du 13 - 03 - 2007.
- Chukwujindu I., Eguavoen S. & Arimoro F.O. 2009. Heavy metal content in the African giant snail *Archachatina marginata* (Swainson, 1821) (Gastropoda: Pulmonata: Achatinidae) in southern Nigeria. *Folia Malacologia*, 16(1) : 31-34
- Cobbinah J.C., Adri V. & Ben O. 2008. L'élevage d'escargots : Production, transformation et commercialisation. Première édition, Wageningen, (Pays-Bas), 84p.
- Cooke M., Jackson A., Nickless G. & Roberts D.J. 1979. Distribution and speciation of cadmium in the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Bulletin. Environmental. Contamination. Toxicology*, 23: 445-451.
- Dallinger R & Wieser W. 1984. Molecular fractionation of Zn, Cu, Cd and Pb in the midgut gland of *Helix pomatia* L. *Comparative. Biochemical. Physiology*, 79: 125-129.
- Dallinger R. 1993. Strategies of metal detoxification in terrestrial invertebrates. In: Dallinger E. & Rainbow R. (eds) - Ecotoxicology of metals in Invertebrates. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA, pp. 245-289.
- Gomot A. 1998. Biochemical composition of *Helix* snails: influence of genetic and physiological factors. *Journal of Molluscan Studies*, 64: 173-181.
- Gove L., Cooke C.M., Nicholson F.A. & Beck A.J. 2001. Movement of water and heavy metals (Zn, Cu, Pb and Ni) through sand and sandy loam amended with biosolids under steady-state hydrological conditions. *Bioresource Technol.*, 78, 2, 171-179.
- Grara N., Boucenna M., Atalia A., Berrebbia H. & Djebar M.R. 2012. Etude expérimentale de la bioaccumulation des éléments traces métalliques Cd, Cu, Zn et Pb chez l'escargot *Helix aspersa*. *Bulletin de l'institut scientifique*, n° 34 (2), p 183-187.
- He Z.L., Yang X.E. & P.J. Stoffella. 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts. *Journal of Trace Element in Medicine and Biology* 19 (3): 125-140.
- Heikens A., Peijnenburg W. & Hendriks A.J. 2001. Bioaccumulation of heavy metals in terrestrial invertebrates. *Environmental. Pollution*, 113 : 385-393.
- Horowitz A. 1985. A primer on Trace Metal Sediment Chemistry. United States Geological Survey, USA, 62 p.
- INS. 2014. Recensement General de la Population et de l'Habitat : régions de la Nawa 29 p.
- Modrzewska B. & Wyszowski M. 2014. Trace metals content in soils along the state road 51(northeastern Poland). *Environmental Monitoring Assessment*, 186 : 2589-2597.
- N'Guessan H.J.K. 2010. « L'invasion des véhicules d'occasion en transit par le port d'Abidjan : le dynamisme ambivalent d'une activité en plein essor », *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 251 : 365390.
- Otchoumou A. 2005. Effet de la teneur en calcium d'aliments composés et de la photopériode sur les performances biologiques chez trois espèces d'escargots Achatinidae de Côte d'Ivoire élevées en bâtiment. Thèse de Doctorat d'Etat ES-Sciences Naturelles en Biologie et Ecologie Animales, Université d'Abobo Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 171 p.
- Public Eye investigation, 2016. DIRTY DIESEL - How Swiss Traders Flood Africa with Toxic Fuels, September 2016, 162 p.
- Schuurmann G & Markert B. 1998. Ecotoxicology, Ecological Fundamentals, Chemical Exposure and Biological Effects. John Wiley & Sons Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, 900.
- Sodjinou E., Biau G. & Codjia J-C. 2002. Caractérisation du marché des escargots géants africains (achatines) dans les départements de l'Atlantique et du Littoral au Sud-Bénin. *Tropicultura*.
- Van Straalen N.M. & Van Gestel C. A. M. 1998. Soil invertebrates and micro-organisms. In: Handbook of Ecotoxicology. Calow P. (Eds), pp. 251-277.
- Zongo D. 1995. Les escargots géants africains. Conférence prononcée à l'institut de géographie tropicale d'Abidjan dans le cadre du module de formation «Valorisation des produits du cuit et développement auto centré». ENSA-Côte-d'Ivoire, Abidjan, 15p.