



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020- 2021

N° D'ORDRE : 0415/ 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0416008794

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Protection de l'Environnement et Gestion des Risques

**Evaluation de l'effet d'un herbicide à base de
glyphosate (Kalach 360) sur la croissance de l'escargot
Achatina fulica, (Bodisch, 1820)**

Présenté par :

N'DRE Baudelaire Sérébou

**Président : M. KONAN Kouakou Séraphin, Maître de conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : M. KOUASSI Kouadio Daniel, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : M. DIARRA Moussa, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement

le : 06 / 10 / 2021



**UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE**

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2020- 2021

N° D'ORDRE : 0415/ 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0416008794

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Protection de l'Environnement et Gestion des Risques

**Evaluation de l'effet d'un herbicide à base de
glyphosate (Kalach 360) sur la croissance de l'escargot
Achatina fulica, (Bodisch, 1820)**

Présenté par :

N'DRE Baudelaire Sérébou

**Président : M. KONAN Kouakou Séraphin, Maître de conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Directeur : M. KOUASSI Kouadio Daniel, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

**Examineur : M. DIARRA Moussa, Maître de Conférences,
Université Jean Lorougnon Guédé**

Soutenu publiquement

le : 06 / 10 / 2021

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire :

A mon père N'DRE Kouamé, qui a su guider mes pas dans cette vie et n'a cessé de prendre soin de moi durant toutes mes années d'étude.

A ma mère BELI Brigitte, qui m'a donné la vie et m'a comblé de bénédictions.

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être entrepris et mené à bien grâce à la compréhension et à la collaboration de tous ceux qui, à différents niveaux, ont bien voulu nous apporter leur soutien, leur aide ou nous prodiguer des conseils.

Nous voulons en premier, témoigner notre profonde gratitude à la présidence de l'Université Jean Lorougnon Guédé avec à sa tête Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse KONE, ainsi que ses vice-présidents Professeur KONE Tidiani, chargé de la pédagogie de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technologique et Professeur AKAFFOU Doffou Sélastique, chargé de la planification, de la programmation et des relations extérieures pour leurs encouragements pendant toute notre formation.

Nous exprimons également notre reconnaissance :

- au professeur KOUASSI Kouakou Lazare, Directeur de l'UFR Environnement pour la qualité de sa gestion de ladite UFR ;
- au Docteur ASSEMIAN N'guessan Emmanuel, Maître de Conférences, Responsable de Filière, pour ses conseils et ses encouragements ;
- au Docteur ALIKO N'guessan Gustave, Maître de Conférences, Responsable du parcours Protection de l'Environnement et Gestion des Risques, pour son dynamisme, ses conseils avisés, sa disponibilité, sa détermination dans le travail bien fait et surtout pour notre initiation à la rigueur scientifique ;
- au Docteur KOUASSI Kouadio Daniel, Maître de Conférences, Directeur du présent mémoire. Vos conseils ont suscité en moi des sentiments de persévérance dans l'effort.
- au Docteur KONAN Kouakou Séraphin, pour avoir accepté de présider ce jury ;
- au Docteur DIARRA Moussa, pour avoir accepté d'examiner notre document dans le but de l'améliorer ;

Nous remercions le doctorant N'GUESSAN N'guessan Olivier pour sa disponibilité, ses conseils et surtout pour son expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'il nous a fait vivre. Nous remercions également tous les Enseignant-Chercheurs des UFR Agroforesterie et Environnement pour leurs connaissances scientifiques et pédagogiques transmis au cours de notre parcours universitaire.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	iii
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : Généralités.....	
I.1 Situation géographique de la zone d'étude	3
I.2 Herbicides	3
I.2.1 Principales familles des herbicides.....	4
I.2.1.1 Herbicides sélectifs	4
I.2.1.1.1 Herbicides de pré-levée	4
I.2.1.1.2 Herbicides de post-levée.....	4
I.2.1.2 Herbicides non sélectifs ou herbicides totaux.....	4
I.2.2 Glyphosate.....	4
I.2.2.1 Propriété physico-chimique du glyphosate	6
I.2.2.2 Modes d'action du glyphosate	7
I.2.2.3 Temps de demi-vie du glyphosate au sol.....	7
I.2.2.4 Impacts des herbicides non sélectifs sur l'environnement	7
I.2.2.4.1 Sur le sol	7
I.2.2.4.2 Eau	8
I.2.2.4.3 Air	8
I.2.3 Risque de toxicité.	8
I.2.4 Modes d'expositions.....	9
I.2.5 Impact du glyphosate sur la santé humaine	10
I.3 Escargots géants d'Afrique	10
I.3.1 Biologie des escargots	10
I.3.2 Classification	11
I.3.3 Reproduction des escargots	11
I.3.4 Rythme d'activité	12
I.3.4.1 Activité journalière	12
I.3.4.2 Activité saisonnière.....	12
I.3.5 Escargot étudié.....	12
I.3.5.1 <i>Achatina fulica</i>	12
I.3.5.2 Classification.....	13

I.3.6 Conditions de croissance.....	13
I.3.7 Nuisances.....	13
I.3.8 Parasitologie	14
I.3.9 Mode de locomotion.....	14
DEUXIEME PARTIE : Matériel et méthodes.....	
II.1 Matériel.....	15
II.1.1 Matériel biologique	15
II.1.2 Matériel technique et d'expérimentation.....	15
II.1.3 Produit chimique	17
II.2 Méthodes.....	17
II.2.1 Traitement et analyses des données.....	17
II.2.2 Evaluation de l'effet du glyphosate sur la croissance pondérale des escargots	17
II.2.3 Evaluation de l'effet du glyphosate sur la croissance coquillière des escargots	18
II.2.4 Détermination du taux de mortalité des escargots.....	18
TROISIEME PARTIE : Résultats et discussions.....	
III.1 Résultats.....	19
III.1.1 Effet du glyphosate sur la croissance pondérale des escargots.....	19
III.1.2 Effet du glyphosate sur la croissance coquillière des escargots	19
III.1.3 Taux de mortalité des escargots	21
III.2 Discussions.....	22
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	24
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	25

SIGLES ET ABREVIATIONS

ACTA	:	Association de Coordination Technique Agricole
AIA	:	Acide indol-acétique
CILSS	:	Comité permanent inter-états de lutte contre la sécheresse au sahel
CIRC	:	Centre International de Recherche sur le Cancer
CPP	:	Comité de la Prévention et de la Protection
EPA	:	Environmental Protection Agency
FAO	:	Food and Agriculture Organization
UIPP	:	Union des Industries et de la Protection des Plantes

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Site d'étude : Université Jean L. Guédé (Daloa)	3
Figure 2 : Structure chimique du glyphosate.....	5
Figure 3 : Réaction de métabolisation du glyphosate en AMPA	6
Figure 4 : Notion de risque d'intoxication aux pesticides.....	9
Figure 5 : Mode d'exposition de l'homme et des milieux aux pesticides.....	9
Figure 6 : Dispositif d'exposition aux escargots	15
Figure 7 : une balance électrique.....	16
Figure 8 : un pied à coulisse électrique	16
Figure 9 : Epruvette graduée de 1000 mL.....	16
Figure 10 : Herbicide KALACH 360	17
Figure 11 : Courbe de la croissance pondérale des escargots	20
Figure 12 : Courbe de la croissance coquillière des escargots	20
Figure 13 : Taux de mortalité des escargots en fonction des bacs	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Propriété physico-chimique du glyphosate.....	6
Tableau II : Dilution d'herbicide utilisées	18
Tableau III : Mortalité des escargots durant les trente jours traitement avec le glyphosate ..	21

INTRODUCTION

La forêt constitue un habitat privilégié pour toutes les espèces animales et végétales. Sa superficie était estimée en Côte d'Ivoire à plus de quinze millions d'hectares avant l'indépendance du pays. Mais aujourd'hui, la forêt couvre moins de trois millions d'hectares de superficie (FAO, 2005). Cette chute importante du couvert forestier ivoirien se justifie par le fait que l'économie de la Côte d'Ivoire repose sur l'agriculture. Ainsi, plusieurs hectares de forêt ont été décimés au profit des cultures pérennes. Les espèces animales dont les escargots, qui y résident sont vouées à l'extinction face à cette disparition. Les escargots sont contraints de trouver refuge dans les champs (champs de cacao, d'hévéa, de café...) qui leurs servent d'abris. Toutefois, les pertes en rendement agricoles liées aux maladies, aux ravageurs mais aussi et surtout aux mauvaises herbes (Oerke & Dehne, 1997). Vont susciter l'utilisation accrue des produits phytosanitaires et des herbicides dans les champs. Les pesticides ont ainsi permis le développement de l'agriculture et contribué à l'augmentation des rendements et à la régulation de la production agricole après la deuxième guerre mondiale (Bourbia-ait, 2013). En se basant sur les cibles des produits, ce sont les herbicides qui sont les plus utilisés mondialement (46,9%) devant les fongicides (25,9%) les insecticides (24,1%) et autres (rondenticides, molluscicides...) (UIPP, 2009). Dans les pays en développement, même les produits très toxiques dont l'usage est interdit dans les pays développés, sont encore et largement utilisés (Bouziani, 2007). Environ 30% des pesticides commercialisés dans les pays en voie de développement ne sont pas conformes aux standards de qualité internationale, car ils contiennent beaucoup d'impuretés très toxiques (Bourbia-ait, 2013). L'utilisation des produits phytosanitaires a également limité ou éradiqué un certain nombre de maladies parasitaires très meurtrières. Cependant, aujourd'hui ces produits sont soupçonnés de causer un risque pour la santé de l'homme et son environnement (Bourbia-ait, 2013). Ils sont en effet, fréquemment mis en cause dans la dégradation des eaux douces et côtières et dans la réduction de la biodiversité terrestre constatée dans les zones agricoles. Des effets cancérigènes neurotoxiques ou de types perturbation endocrinienne des pesticides ont été mis en évidence chez l'homme (Bourbia, 2013). La question des risques pour les escargots qui y résident reste donc posée tant au niveau de leur croissance qu'au niveau de leur reproduction. En Côte d'Ivoire, l'escargot constitue une denrée fortement appréciée (Zongo *et al.*, 1990 ; N'da *et al.*, 2004 ; Kouassi *et al.*, 2008). Sa chair tendre, savoureuse, très riche en protéines, en minéraux et surtout en fer, représente une source alternative de protéines animales aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain (Aboua & Boka, 1996 ; Fabguaro *et al.*, 2006). En revanche, l'usage des produits phytosanitaires ne cessent de croître surtout dans le domaine agricole où de grandes quantités de matières actives sont utilisées dans le traitement des

vergers et/ou des surfaces à désherber. Le glyphosate communément appelé « tout brûlé » en milieu paysan est la matière active la plus utilisée en Côte d'Ivoire dans le but d'accroître les rendements agricoles par la limitation de la force motrice humaine ou animale. Or les escargots qui n'ont désormais pour gîte que les champs suite à la destruction de leur milieu naturel s'en trouvent exposés à ce même produit phytosanitaire. Aussi, aucune étude à notre connaissance n'a été consacrée en Côte d'Ivoire à l'évaluation de la contamination des escargots tant prisés sous nos vergers. C'est pourquoi l'objectif général de cette étude est d'évaluer l'impact d'un herbicide à base de glyphosate à large spectre d'utilisation sur les escargots géants. Plus spécifiquement il s'agit :

- d'évaluer l'effet de ce produit phytosanitaire sur la croissance pondérale ;
- d'évaluer son effet sur la croissance coquillière des escargots ;
- de déterminer le taux de mortalité des escargots exposés au glyphosate.

Les données de cette étude sont rassemblées dans le présent document subdivisé en trois parties : la première porte sur les généralités, la seconde traite du matériel et des méthodes utilisés dans cette étude, et la troisième expose les résultats et la discussion afférente. Cette dernière partie débouche sur une conclusion générale suivie de perspectives de recherches.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

I.1 Situation géographique de la zone d'étude

Le département de Daloa (figure 1) est le chef-lieu de la région du Haut-Sassandra dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. Il couvre une superficie de 5,305 km². Située entre 6°53 de latitude nord et 6°27 de longitude ouest, la ville de Daloa est à 141 km de Yamoussoukro, la capitale politique et à 383 km d'Abidjan, la capitale économique. C'est la troisième ville la plus peuplée du pays après celle d'Abidjan et Bouaké. La ville de Daloa est située par ailleurs dans le grand bassin du fleuve Sassandra avec pour affluent la rivière Lobo. Cette rivière est utilisée pour l'approvisionnement en eau potable de la ville (Koukougnon, 2012).

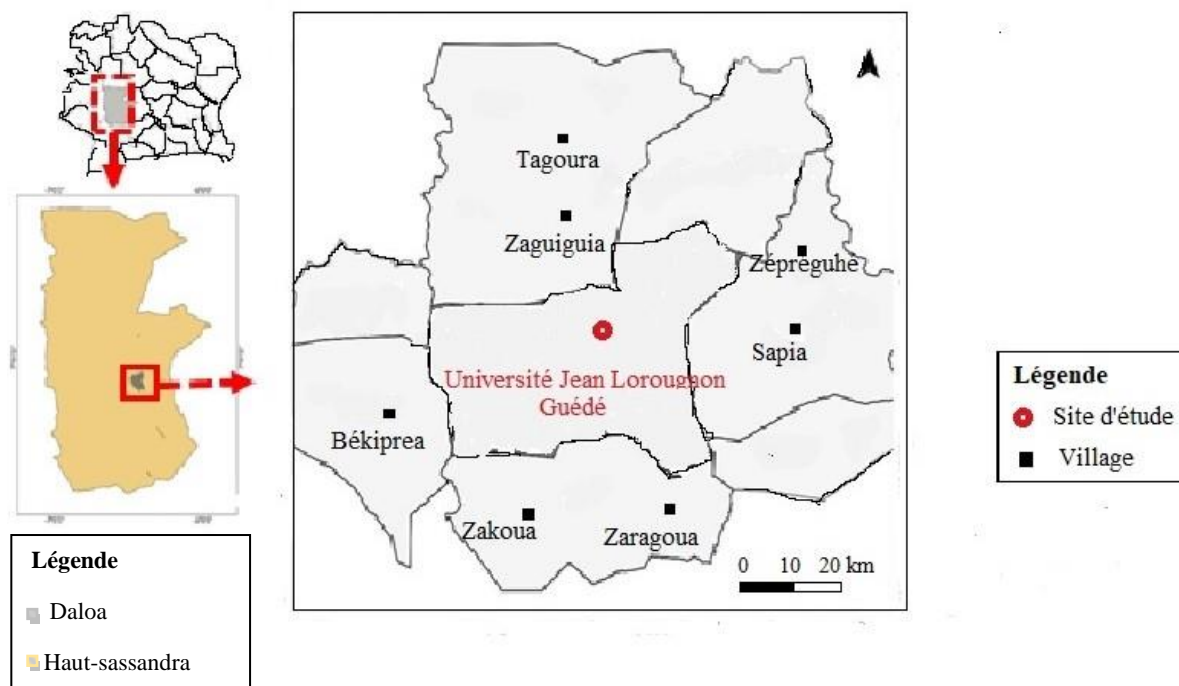


Figure 1 : Site d'étude : Université Jean L. Guédé (Daloa)

I.2 Herbicides

Les herbicides sont des produits faisant partie de la famille des pesticides, substances élaborées afin de contrôler ou détruire des organismes jugés indésirables (Gouvernement du Québec, 2002). Qu'ils soient naturels ou de synthèse, l'absorption et la métabolisation des herbicides par les plantes provoquent la mort de ces organismes. Les herbicides sont appelés parfois dés herbants, notamment en horticulture. Ce sont des matières actives ou des produits formulés ayant la propriété de tuer les végétaux (Cirad, 2000). Comme tous les autres pesticides, un produit herbicide correspond au nom commercial du produit donné par le distributeur ou le fabricant. Il a deux types de constituants : les matières actives qui lui

confèrent son activité herbicide et les formulant qui n'ont qu'un rôle de dilution des matières actives ou d'amélioration (Cirad, 2000).

I.2.1 Principales familles des herbicides

Les herbicides sont regroupés en deux grandes familles selon leur mode d'action : les herbicides non sélectifs et les herbicides sélectifs.

I.2.1.1 Herbicides sélectifs

Les herbicides sélectifs détruisent les mauvaises herbes et conservent les cultures traitées. Ils se subdivisent en deux grands groupes.

I.2.1.1.1 Herbicides de pré-levée

Ce sont des herbicides sélectifs des cultures comprenant une ou plusieurs substances actives. Ils s'utilisent en pré-émergence des cultures et des adventices. Leur utilisation intervient juste après le semis sur un sol propre. Ils laissent pousser la culture mais pas les mauvaises herbes (Gama *et al.*, 2006). Comme exemple nous avons l'herbicide ADENGO Xtra qui est un herbicide semi-pré-levée.

I.2.1.1.2 Herbicides de post-levée

Ils sont sélectifs de la culture et s'utilisent en post-émergence des cultures. Les herbicides de post-levée sont utilisés pour détruire les adventices dans un champ après la levée de la culture. Le mode d'action de l'herbicide prend en compte la fonction physiologique perturbée, le site actif et le lieu d'activité cellulaire de l'herbicide (ACTA, 2009). Par exemple nous avons l'herbicide MERLIN Flexx qui est un herbicide post-levée.

I.2.1.2 Herbicides non sélectifs ou herbicides totaux

Ce sont des herbicides qui détruisent aussi bien les adventices que les plantes cultivées. Ce qui explique leur utilisation avant la mise en place des cultures. Ces produits sont généralement utilisés pour nettoyer les champs avant le labour. Le glyphosate reste aujourd'hui la substance active la plus utilisée de cette planète (Boschetto, 2013).

I.2.2 Glyphosate

C'est un herbicide organophosphoré (Tsuioishi *et al.*, 2009), de formule moléculaire (C₃H₈NO₅P), selon les chimistes il est appelé N-phosphonométhyl glycine (Gounari, 2006 ; Hu *et al.*, 2008). Il figure aujourd'hui sur le marché dans plus d'une dizaine de préparations commerciales (Brex, Glyphos, Roundup, Kalach... etc.). Il s'agit d'un herbicide total,

pénétrant par les feuilles, puis transporté de manière systémique jusqu'aux racines. (Delabays & Bohren, 2007 ; Druart *et al.*, 2011), le produit le plus courant contient 360 g de glyphosate/litre (FAO., 1987). Le glyphosate seul est peu efficace car elle n'adhère pas aux feuilles ni ne les pénètre facilement. Pour accroître sa solubilité, il est donc habituellement préparé sous forme de sel d'isopropylamine ou bien des additifs ou des surfactants lui sont ajoutés pour le fixer sur les plantes. (Le Mer *et al.*, 2009). Le glyphosate (figure 2) est un herbicide non sélectif à action systémique (Tomlin, 2009 ; EPA, 1993). Ce produit phytosanitaire est décrit comme étant l'un des herbicides les plus sécuritaires par son fabricant ; il est introduit sur le marché dès 1974 sous le nom commercial de Roundup. Aujourd'hui répandu mondialement, il est surtout utilisé comme désherbant en agriculture, notamment dans les cultures de maïs, de soya et de coton ainsi que dans les pâturages (Tomlin, 2009 ; EPA, 1993 ; Cox, 2004 ; Benbrook, 2016). Il est aussi utilisé dans les champs de palmier à huile, hévéa, café, cacao et les alentours des maisons. Il peut également servir de régulateur de croissance (EPA, 1993), de même que de desséchant pour accélérer la récolte de certaines céréales et légumineuses (Nader & coll, 2013 ; Jaskulski & Jaskulska, 2014). Toutefois, l'introduction des cultures génétiquement modifiées (GM) tolérantes au glyphosate (ex. : Roundup Ready) a permis d'utiliser cet herbicide de manière beaucoup moins restreinte (Benbrook, 2016), ce qui a propulsé ses ventes.

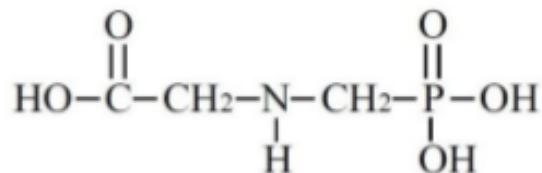


Figure 2 : Structure chimique du glyphosate

Le glyphosate se métabolise naturellement par dégradation en acide aminométhylphosphonique (AMPA). La figure 3 illustre la réaction de métabolisation du glyphosate en AMPA.

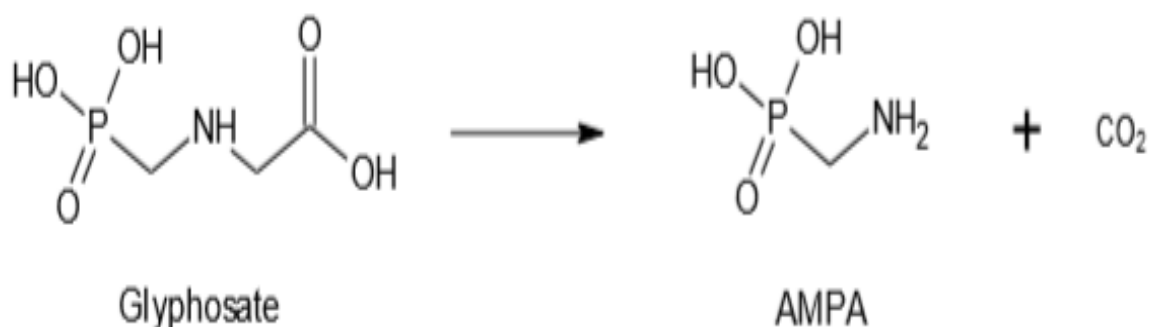


Figure 3 : Réaction de métabolisation du glyphosate en AMPA

I.2.2.1 Propriété physico-chimique du glyphosate

Les propriétés physico-chimiques sont illustrées par le tableau I.

Tableau I : Propriété physico-chimique du glyphosate

Propriétés	Valeurs	Référence
Aspect physique à 25°C	Cristaux solides blancs	(Mamy, 2004)
Masse moléculaire	169,1 g/mol	(Mamy, 2004)
Densité	1,74 g/mol	(Ministère des ressources naturelles, 1995)
Point de fusion	200°C	(Mamy, 2004)
Solubilité dans l'eau	12 000 mg/L à 25°C	(Mamy, 2004)
Solubilité dans le méthanol	231 mg/L à 20°C	(Mamy, 2004)
Solubilité dans l'hexane	26 mg/L à 20°C	(Mamy, 2004)
Temps de demi-vie au sol	De 20 à 100 jours	(Santé Canada, 2010)
Temps de demi-vie dans l'eau	De 1 à 14 jours	(Santé Canada, 2010)
DCO (Roundup. 7 g/L)	69 775 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
DBO ₅ (Roundup. 7 g/L)	27 360 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
DBO ₁₀ (Roundup. 7 g/L)	33 000 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
DBO ₁₅ (Roundup. 7 g/L)	36 060 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
DBO ₂₀ (Roundup. 7 g/L)	40 260 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
DBO ₂₅ (Roundup. 7 g/L)	51 010 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
DBO ₂₈ (Roundup. 7 g/L)	61 700 mg/L	(Laboratoires d'analyses SMi)
Biodégradabilité (Roundup)	NON	(Laboratoires d'analyses SMi)

Coefficient d'adsorption sur les carbones organiques	De 300 à 59 000 L/kg	(Mamy, 2004)
Coefficient de partage octanol/eau	De $10^{-4,9}$ à $10^{-1,70}$	(Mamy, 2004)

I.2.2.2 Mode d'action du glyphosate

Le glyphosate pulvérisé est absorbé par les feuilles. Ce produit se déplace rapidement du phloème jusqu'aux racines, sans impacter les tissus qui eux reçoivent directement le produit s'il est appliqué selon les concentrations recommandées (Baylis, 2000 ; Delabays & Bohren, 2007). Il bloque la biosynthèse des acides aminés aromatiques. Plus précisément, il inhibe un des enzymes impliqués dans la biosynthèse de ces acides aminés : l'énolpyruvylshikimate phosphate synthétase (EPSPS), cet enzyme est uniquement présenté dans les plantes et les microorganismes, elle n'est pas présente chez les animaux ou l'homme (Naili, 2014). En bloquant cette étape de la voie métabolique, l'herbicide induit une accumulation d'acide shikimique. Il en ressort, une diminution du taux de synthèse protéique et de la formation de certains composés phénoliques. Le stop de la croissance entraîne la mort de la plante (Kouassi Brou *et al.*, 2012). Toutefois, les effets peuvent se manifester uniquement après une semaine selon les conditions météorologiques (Naili, 2014). Les symptômes de destruction se traduisent par une coloration jaune-roux du système aérien et une coloration noire des parties souterraines (Heddadj & Bouvier, 2012).

I.2.2.3 Temps de demi-vie du glyphosate au sol

Le temps nécessaire pour les concentrations du glyphosate dans la couche des feuilles mortes ou le sol forestier qui diminuent de 50 % varie entre 10 jours et 60 jours selon les conditions ambiantes (Thompson *et al.*, 2000).

I.2.2.4 Impacts des herbicides non sélectifs

I.2.2.4.1 Sur le sol

Certains herbicides dont les herbicides non sélectifs possèdent un coefficient élevé d'adsorption sur le carbone organique (Koc), qui impacteront très peu les sols par le phénomène de lessivage (Boschetto, 2013). Ces herbicides vont souvent posséder un pouvoir de pénétration dans le sol très perméable et vont donc se dégrader directement sur le lieu où ils ont été épandus. Cette stagnation des herbicides va avoir pour conséquences une modification de la nature et des propriétés physico-chimiques du sol ; lequel est dit contaminé

(Boschetto, 2013). Le temps de demi-vie indique la vitesse avec laquelle l'herbicide se dégrade naturellement dans l'environnement. Si l'utilisation de l'herbicide n'est pas réalisée en adéquation avec son temps de demi-vie, celui-ci peut alors s'accumuler dans les sols, amplifiant la contamination du milieu (Boschetto, 2013).

I.2.2.4.2 Eau

Divers travaux scientifiques ont montré que les produits phytosanitaires peuvent être transférés vers les eaux de surfaces et les eaux de profondeurs (Schiavon & Jacquin, 1973 ; Lennartz *et al.*, 1997 ; Louchard *et al.*, 2001). Ces travaux ont provoqué une prise de conscience planétaire des pouvoirs publics. Ainsi en 1972 les organochlorés ont été interdits d'utilisation aux Etats-Unis et en Europe. Aussi une réglementation concernant les produits phytosanitaires est-elle mise en place dans les années 80. Un herbicide possédant un faible coefficient d'adsorption sur les carbones organiques du sol (< 1) sera peu absorbé par le sol et aura tendance à se retrouver dissous dans les eaux de ruissellement (Boschetto, 2013). Les herbicides dissous dans l'eau rejoindront la nappe phréatique provoquant ainsi une contamination de celle-ci. Ce phénomène sera amplifié si de fortes précipitations ont lieu peu de temps après l'épandage des herbicides. Plus un herbicide a un temps de demi-vie prolongé dans l'eau, plus celui-ci aura tendance à s'accumuler et donc induire une contamination des milieux hydriques (Boschetto, 2013).

I.2.2.4.3 Air

Les herbicides à base d'ester sont réputés pour avoir une faible tension de vapeur saturante et donc une forte probabilité de se retrouver, en partie, à l'état vapeur (Victoria, 2010). Cependant, la contamination ne constitue pas la problématique, contrairement à la probabilité de dérive des herbicides. Un herbicide possédant une faible tension de vapeur saturante se déplace avec les masses d'air entraînant ainsi la contamination de champs éloignés du point d'application (Boschetto, 2013).

I.2.3 Risque de toxicité.

Le risque d'intoxication pour l'homme résulte à la fois du danger lié à la toxicité de la substance active (toxicité aiguë et chronique), et de l'exposition au pesticide (dose journalière absorbée, quantité de résidus présents) (Figure 4).

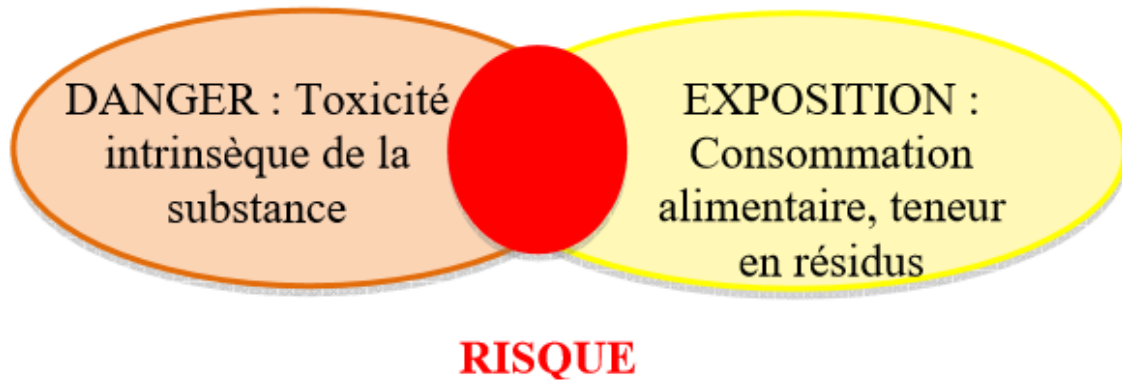


Figure 4 : Notion de risque d'intoxication aux pesticides (Batsch, 2011).

I.2.4 Modes d'expositions

Ils sont utilisés par divers acteurs (agriculteurs, industriels, collectivités) ainsi qu'en divers domaine (domestique, agricole et vétérinaires). L'exposition aux pesticides se caractérise par une multiplicité de voies d'exposition, ces substances pouvant pénétrer dans l'organisme par contacte cutanée, par ingestion et par inhalation. La grande variabilité des produits rend difficile l'évaluation des populations exposées aux pesticides. La figure 5 résume les possibles modes d'expositions de l'environnement et de l'homme aux pesticides.

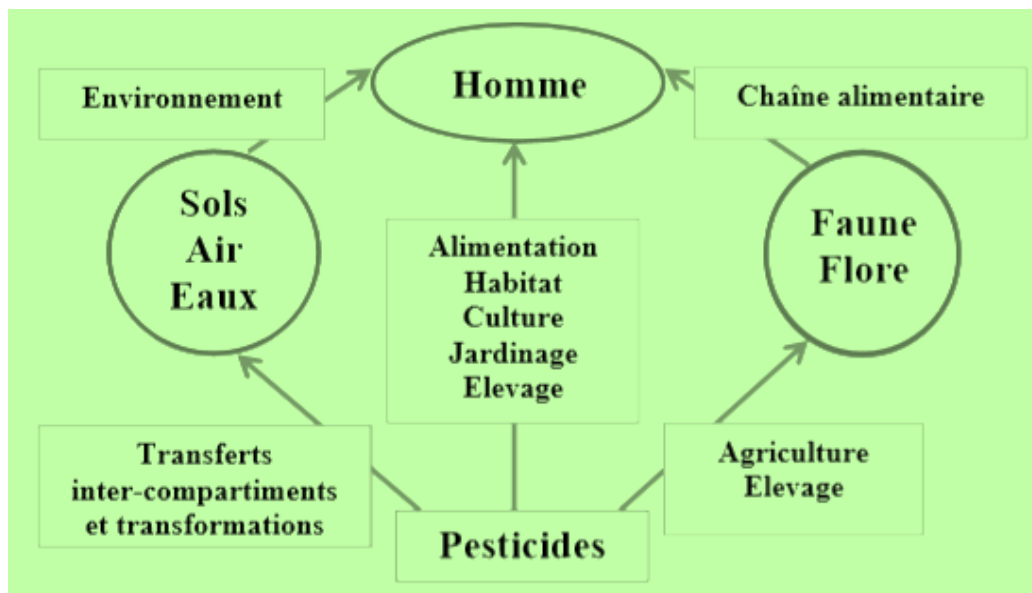


Figure 5 : Mode d'exposition de l'homme et des milieux aux pesticides (CPP, 2002).

1.2.5 Impact du glyphosate sur la santé humaine

Chez l'espèce humaine, le glyphosate perturbe le système endocrinien (Benachour & Séralini, 2008 ; Romano *et al.*, 2010), provoque le cancer (Bellé *et al.*, 2007), augmente le risque d'avortement spontané (Benachour & Séralini, 2008 ; Arbuckle *et al.*, 2001), cause des malformations congénitales (Paganelli *et al.*, 2010) et affecte le système nerveux (Anadon *et al.*, 2008).

Il est par ailleurs toxique chez le fœtus (Antoniou *et al.*, 2011) et l'on note une forte corrélation entre l'utilisation du glyphosate et plusieurs problèmes de santé humaine (hypertension, crises cardiaques, diabète, obésité, Alzheimer, démence sénile, Parkinson, sclérose en plaques, autisme, maladies inflammatoires du système digestif, infections intestinales, maladies rénales, cancers de la thyroïde, du foie, de la vessie, du pancréas, des reins et leucémies) (Swanson *et al.*, 2014).

I.3 Escargots géants d'Afrique

Ils appartiennent au groupe d'animaux invertébrés appelés mollusques. La plupart des mollusques portent une coquille. Les escargots sont des animaux à sang froid, c'est-à-dire qu'ils ne contrôlent pas leur propre température. Un mécanisme leur permet de s'adapter aux variations de l'humidité et de température.

I.3.1 Biologie des escargots

On les trouve principalement dans les jungles des pays tropicaux mais également dans les régions de prairies. Ils se nourrissent essentiellement de fruits et de feuilles. Ils s'adaptent à toutes sortes d'environnement et certaines espèces se reproduisent plusieurs fois par an.

L'escargot comprend en gros deux parties, le corps et la coquille. Le corps est subdivisé en trois zones : la tête, le pied et les viscères. La tête, peu démarquée du reste, porte deux paires de tentacules rétractables. L'une des paires est beaucoup plus allongée que l'autre et elle contient les yeux dans sa terminaison protubérante. Le pied musculaire, allongé, occupe presque toute la surface ventrale et, comme la tête, n'est pas clairement démarqué du reste du corps. Un sillon longitudinal étroit court sur la longueur du pied en son milieu. Les viscères, de forme bosselée, se trouvent dans la coquille au-dessus du pied. Ils contiennent les organes digestifs, reproducteurs et respiratoires.

Un pli de peau placé au-dessus des viscères secrète une importante coquille calcaire (composée à 98% de carbonate de calcium). Dans la plupart des espèces, la coquille pèse

environ le tiers du poids du corps (Otchoumou, 2005). Elle constitue l'habitat protecteur de l'escargot qui s'y rétracte en cas de danger.

I.3.2 Classification

Les escargots géants africains sont des mollusques Gastéropodes Pulmonés de l'ordre des stylommatophores appartenant à la famille des Achatinidae. Ce sont des Invertébrés à corps mou non segmenté, se déplaçant par reptation grâce aux ondes musculaires parcourant la sole pédieuse et aussi grâce à un abondant mucus sécrété par l'animal (Aubert, 1992). Ils sont dotés d'une cavité pulmonaire et de deux paires de tentative rétractiles (Codjia & Noumonvi, 2002). Leur taxonomie est complexe et différemment abordée selon les auteurs. Elle comprend plusieurs genres, l'on distingue 12 genres dont les quatre principaux sont *Achatina*, *Archachatina*, *Limicolaria* et *Burtoa* (Otchoumou, 1997). Ces genres comprennent au total 67 espèces. Dont les plus prisées pour leur chair sont *Achatina achatina*, *Achatina fulica*, *Archachatina ventricosa* et *Archachatina marginata*.

En Côte d'Ivoire, les escargots géants comestibles qui font l'objet d'un commerce florissant appartiennent essentiellement aux genres *Achatina* et *Archachatina* (Ochtoumou, 2005). La position systématique de ces escargots est selon Thiele (1963), présentée comme suit :

Règne	: Animal
Embranchement	: Mollusques
Classe	: Gasteropodes
Sous-classe	: Pulmonés
Ordre	: Stylommatophores
Famille	: Achatinidae

I.3.3 Reproduction des escargots

L'escargot est un animal ovipare et hermaphrodite, c'est-à-dire mâle et femelle à la fois. Il s'agit d'un hermaphrodisme protandre. En effet dans une même lignée de cellules souches, les spermatogonies évoluent rapidement en spermatozoïdes par rapport aux ovogonies qui donneront plus tard les ovules (Otchoumou, 2005). L'accouplement est nécessaire pour la reproduction naturelle ; on parle de reproduction croisée (Codjia & Noumonvi, 2002). L'âge de la maturité sexuelle est l'âge auquel les individus deviennent capables de produire des gamètes mâles et femelle fécondants et fécondables. Cette phase de la vie de l'escargot est influencée par le climat, l'alimentation et l'époque de l'éclosion (Zongo *et al.*, 1990).

I.3.4 Rythme d'activité

Les escargots possèdent deux rythmes d'activité, l'un journalier et l'autre saisonnier.

I.3.4.1 Activité journalière

Lorsque les conditions de température et d'hygrométrie sont optimales, notamment en périodes pluvieuses (25 à 26°), l'escargot sort de sa coquille dès la tombée de la nuit (Stievenart & Hardouin, 1990), et devient actif jusqu'au lever du jour, il en profite pour se nourrir, déféquer, se reproduire et pondre. Par temps humide, et si la lumière est douce, l'escargot peut entrer en activité (locomotion, nutrition et reproduction) (Aubert, 1992).

I.3.4.2 Activité saisonnière

Le rythme biologique des escargots est calqué sur le rythme des saisons. En dehors des périodes propices où ils mènent une vie active faite de déplacement, de nutrition, de croissance et de reproduction, l'escargot présente deux périodes d'inactivité :

- ✓ Une période d'estivation correspondant à un repos physiologique de l'animal en absence prolongée de pluies avec un taux d'humidité relative de l'air inférieur à 60% et une température supérieure à 27°. L'animal ferme alors l'ouverture de sa coquille par un voile de mucus solidifié (l'épiphragme) ; cette estivation ne dure que le temps de la sécheresse, il redevient actif dès les premières pluies.
- ✓ En Afrique subéquatoriale, lorsque la température moyenne devient inférieure à 15°C pendant la période d'harmattan (Décembre, Janvier et février), l'escargot hiberne et vit sur ces réserves. Ce processus d'hibernation peut s'effectuer dans une atmosphère humide et à une température inférieure à 5°C. En Europe l'hibernation débute à la fin du mois d'Octobre et se termine vers la fin du mois de mars (Aubert, 1992).

I.3.5 Escargot étudié

I.3.5.1 *Achatina fulica*

L'espèce *Achatina fulica* se rencontre en Afrique de l'est, centrale et de l'ouest où elle est d'introduction récente et dans les îles du Pacifique. Elle se trouve dans les jardins, les potagers, les jachères et autour des habitations humaines (Otchoumou, 1991).

Achatina fulica est un gros escargot pouvant mesurer plus de 20 cm de longueur de coquille et 12 cm de diamètre. La coquille est conique, spiralée, brune et comporte des marques transversales plus sombres. Sa couleur peut énormément varier en fonction du régime alimentaire et de son milieu d'habitat. Un escargot adulte pèse environ 250 g (Cobbinnah *et al.*, 2008).

I.3.5.2 Classification

Selon Thiele (1963) :

Règne	: Animal
Embranchement	: Mollusques
Classe	: Gasteropodes
Sous-classe	: Pulmonés
Ordre	: Stylommatophores
Famille	: Achatinidae
Genre	: Achatina
Espèce	: <i>Achatina fulica</i>

I.3.6 conditions de croissance

Selon Cobbinnah *et al.*, 2008 ; l'espèce *Achatina fulica* s'adapte très bien à toute sorte d'environnement ; elle modifie son cycle biologique en fonction des conditions locales. S'ils ne sont pas retardés par l'estivation ou l'hibernation, les escargots peuvent atteindre la maturité sexuelle en moins d'un an (voire en 5 mois, dans des conditions de laboratoire). Pour que les œufs soient viables, il faut qu'ait eu lieu une fécondation croisée (6-8 heures). Les petits œufs blancs jaunâtre (4 mm de diamètre) sont pondus par groupe de 10 à 400 œufs, 8 à 20 jours après la copulation dans des nids faits dans le sol. Une seule copulation peut entraîner des pontes répétées, chaque escargot ayant une réserve de sperme. La fréquence des pontes dépend du climat, en particulier la durée des saisons des pluies. A l'éclosion, les petits consomment leurs coquilles (et les larves non écloses), et restent dans le sol pendant 5 à 15 jours en se nourrissant de débris organiques. Il leur arrive de se nourrir de plantes pendant la nuit et de retourner s'enfouir avant le lever du jour. Les jeunes escargots ayant une longueur de coquille de 3 à 30 mm, causent plus de dommages aux plantes. Les escargots les plus gros continuent de se nourrir de végétaux mais ils ingèrent plus de débris à mesure qu'ils vieillissent. Leur durée de vie va de 3 à 5 ans.

I.3.7 Nuisances

Cette espèce cause des dommages économiques considérables à de nombreuses cultures commerciales. Dans la plupart des régions du monde, les dommages sont plus importants là

où l'espèce vient de s'installer, les escargots sont alors très gros et leur nombre peut être considérable. Il s'en suit une phase de multiplication stable puis une période de déclin (Cobbinnah *et al.*, 2008).

I.3.8 Parasitologie

Achatina fulica serait un vecteur intermédiaire du ver rond *Angiostrongylus cantonensis*, responsable de la méningo-encéphalite éosinophilie chez les humains, ainsi que de la bactérie à gram négatif *Aeromonas hydrophila*, pouvant provoquer toute une variété de symptômes, en particulier chez les personnes dont le système immunitaire est déficient (Cobbinnah *et al.*, 2008).

I.3.9 Mode de locomotion

L'escargot se déplace en contractant et en relâchant les muscles du pied (Peake, 1978). Il y a deux ensembles de muscles, chacun exécutant une tâche différente. Pour avancer, le premier ensemble se contracte, tirant l'animal vers l'avant et le poussant de l'arrière (Cobbinnah *et al.*, 2008). En même temps, le deuxième ensemble tire la surface extérieure de la plante du pied vers l'avant. Les deux ensembles peuvent se déplacer séparément, créant ainsi une sorte de locomotion appelée reptation. Grâce à son mucus, l'escargot peut se déplacer par-dessus le matériel rugueux ou tranchant et ramper sur les surfaces verticales (Takeda & Ozaki, 1986). Il faut signaler que l'escargot se déplace seulement vers l'avant.

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

II.1 Matériel

II.1.1 Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué d'escargots de l'espèce *Achatina fulica*. Ces gastéropodes de l'ordre des stylomatophores ont été collectés aux alentours de l'Université Jean Lorougnon Guédé.

II.1.2 Matériel technique et d'expérimentation

Le matériel technique et d'expérimentation est constitué :

- ✓ d'escargotières de 1 m² de superficie (Figure 6) construits en brique dans lesquelles les escargots sont élevés et nourris ;
- ✓ d'une balance de précision pour les pesées (Figure 7) ;
- ✓ d'un pied à coulisse électronique (Figure 8) pour les mensurations des longueurs de coquille ;
- ✓ d'une éprouvette graduée de 1000 mL (Figure 9) ;
- ✓ d'un arrosoir pour arroser l'enceinte en cas de manque d'humidité ;
- ✓ d'une pipette de Duclos de 10 mL.



Figure 6 : Dispositif d'exposition aux escargots.



Figure 7 : Une balance électrique



Figure 8 : Un pied à coulisse



Figure 9 : éprouvette graduée de 1000 mL.

II.1.3 Produit chimique

L'herbicide Kalach 360 (glyphosate : matière active) est le matériel chimique utilisé au cours de notre expérience (figure 10).



Figure 10 : Herbicide KALACH 360

II.2 Méthodes

II.2.1 Traitement et analyses des données

Le traitement des données collectées au cours de l'expérience s'est fait au moyen du logiciel Excel et du logiciel Past. En outre, Excel a servi à la réalisation des courbes de croissance pondérale et coquillière. Le logiciel Past a servi à la comparaison des poids vifs finaux et longueur de coquille par l'ANOVA à un facteur.

II.2.2 Evaluation de l'effet du glyphosate sur la croissance pondérale des escargots

Un total de 245 spécimens d'*Achatina fulica* d'environ deux (2) mois d'âge, d'un poids moyen de 13 g et d'une longueur de coquille de 45 mm ; ont été acclimatés durant 14 jours et utilisés dans cette étude qui a duré 30 jours. L'acclimatation des escargots s'est faite dans des bacs de 1 m² de superficie construits en briques et a duré deux semaines. Sept (7) lots de 35 escargots chacun ont été constitués et disposés dans les bacs ; les animaux ont été régulièrement arrosés et nourris tous les deux (2) jours avec des feuilles fraîches de laitues trempées ou non dans une solution d'herbicide (glyphosate) à différentes doses de dilutions (tableau II). En effet, six (6) doses de dilutions et un témoin ont été utilisés conformément au tableau II. Le

choix des feuilles de laitues pour la nutrition des escargots est justifié par le fait que ces laitues étaient les mieux consommées durant la période d'acclimatation des escargots. Tous les 10 jours, le poids vif des escargots a été déterminé à l'aide d'une balance de précision.

Tableau II : Dilution d'herbicide utilisées.

Glyphosate en mL/L	Dilutions
0	Escargots témoins 0 mL/L de glyphosate
4	Escargot traité avec 4 mL/L de glyphosate
6	Escargot traité avec 6 mL/L de glyphosate
8	Escargot traité avec 8 mL/L de glyphosate
10	Escargot traité avec 10 mL/L de glyphosate
12	Escargot traité avec 12 mL/L de glyphosate
14	Escargot traité avec 14 mL/L de glyphosate

II.2.3 Evaluation de l'effet du glyphosate sur la croissance coquillière des escargots

Les 35 escargots répartis par lots ayant été acclimaté durant 14 jours ont été régulièrement arrosés et nourris tous les deux (2) jours avec des feuilles fraîches de laitues trempées ou non dans une solution d'herbicide (glyphosate) à différentes doses de dilutions. Tous les 10 jours la longueur de coquille des escargots a été déterminé à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

II.2.4 Détermination du taux de mortalité des escargots

Les escargots ont été régulièrement suivis et le nombre de morts est enregistré tous les deux (2) jours par lot. Tous les dix jours, le cumule du nombre de mort est déterminer. Le taux de mortalité cumulé est déterminé selon la formule suivante :

$$T = \frac{Nm}{NT} \times 100$$

Avec :

Nm : Nombre de morts d'escargots ;

NT : Nombre Total d'escargots.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Résultats

III.1.1 Effet du glyphosate sur la croissance pondérale des escargots

Les résultats obtenus montrent que le glyphosate impacte négativement la croissance pondérale des escargots traités, en témoigne la figure 11. L'analyse des courbes de croissance pondérale montre que tous les escargots soumis au glyphosate ont perdu du poids. Les escargots soumis aux doses 4, 6 et 8 mL/L enregistrent une légère perte de poids contrairement à ceux soumis aux doses 10, 12 et 14 mL/L qui enregistrent de fortes pertes de poids passant respectivement de 12,29 à 7,37 g, de 12,81 à 7,14 g, de 12,80 à 7,91 g et de 11,84 à 7,57 g. En outre, seuls les escargots témoins connaissent une augmentation de poids, passant de 12,55 à 14,96 g. De plus, l'analyse univariée effectuée sur l'ensemble des données du poids vif des escargots montre qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre le poids vif des témoins et celui des escargots traités aux doses 10, 12 et 14 mL/L déterminés sur l'ensemble de l'expérience. Contrairement, au poids vif des témoins et au poids vif des escargots traités aux doses 4, 6 et 8 mL/L, où il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$).

III.1.2 Effet du glyphosate sur la croissance coquillière

Les résultats issus de notre étude montrent que le glyphosate a un effet négatif sur la croissance coquillière, ce qui est illustré par la figure 12. L'analyse des courbes de la croissance coquillière révèlent un faible taux de croissance voire négligeable de la longueur de coquilles des escargots soumis aux doses 4, 6 et 8 mL/L, passant respectivement de 45,03 à 46,06 mm, de 43,71 à 47,13 mm et de 44,56 à 45,47 mm et une régression de croissance de la longueur de coquilles des escargots soumis aux doses 10, 12 et 14 mL/L. En revanche, les escargots témoins connaissent une augmentation importante de la longueur de coquille passant de 43,71 à 48,98 mm. L'analyse des données à travers Past induit qu'il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$) entre la longueur des coquilles des témoins et celle des escargots soumis aux doses 4, 6 et 8 mL/L observé sur l'ensemble de l'expérience. En revanche, il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre la longueur des coquilles des témoins et celle des escargots soumis aux doses 10, 12 et 14 mL/L.

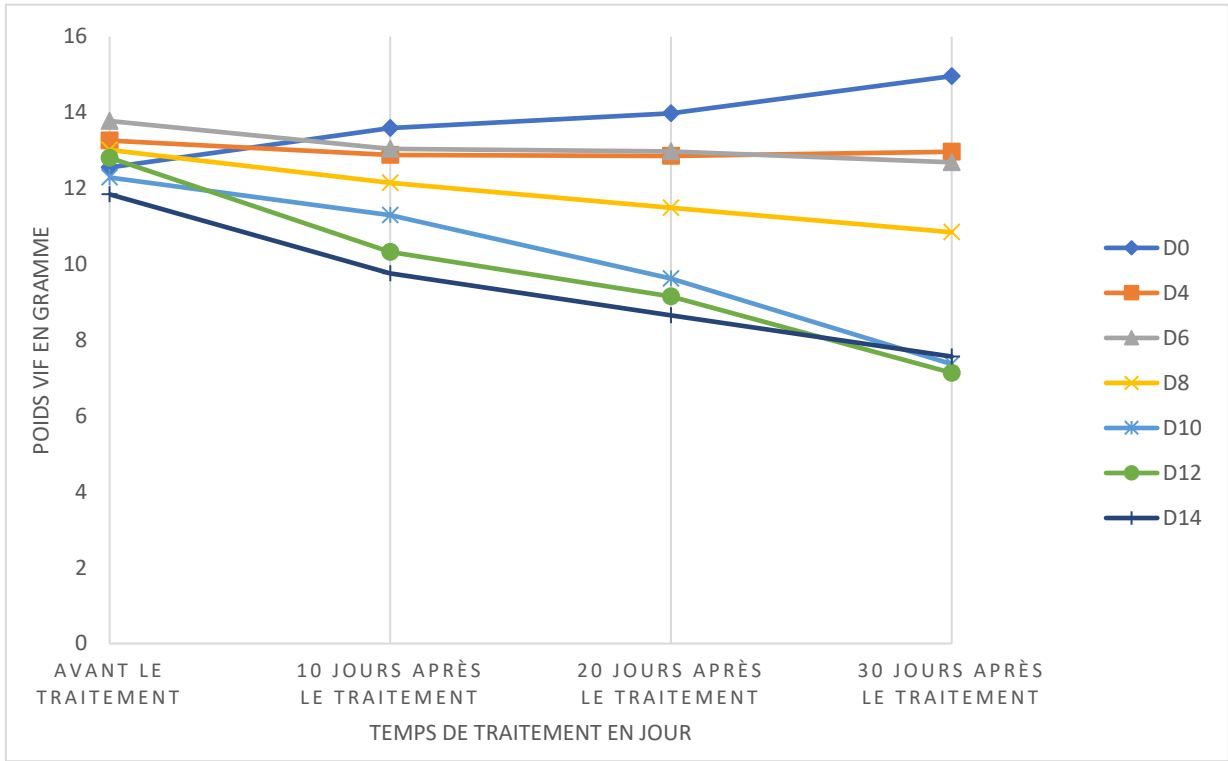


Figure 11 : Courbe de la croissance du pondérale des escargots.

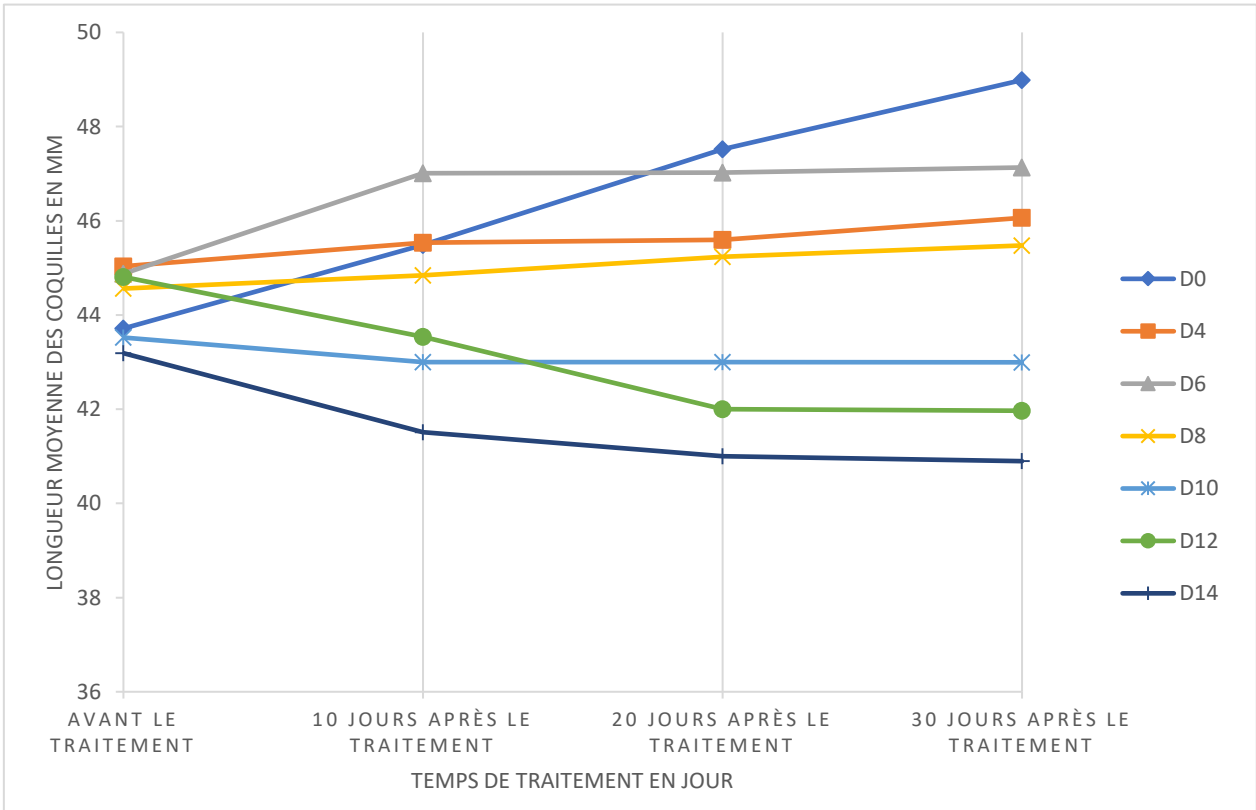


Figure 12 : Courbe de la croissance coquillière des escargots.

III.1.3 Taux de mortalité des escargots

Le tableau III et la figure 13 présentent l'évolution de la mortalité enregistrée au niveau des lots d'escargots soumis à différentes doses de glyphosate. De façon générale, le taux de mortalité varie entre 2,86% (D0) et 100 % (D14). On observe que le taux de mortalité est fonction des différentes doses de glyphosate administrées. La dose 8 mL/L a occasionné 54,29 % de taux de mortalité. Elle pourrait être considérée comme la dose létale (DL50) dans cette expérience. Les doses D10, D12 et D14 provoquent une mortalité accrue des escargots *Achatina fulica*. La dose D14 a provoqué la mort de tous les escargots soumis à son effet en moins de 30 jours. Le glyphosate apparait comme un produit vraiment toxique aux escargots.

Tableau III : Mortalité des escargots durant les trente jours traitement avec le glyphosate.

	Avant le traitement	10 jours après le traitement	20 jours après le traitement	30 jours après le traitement	Taux de mortalité (%)
D0	0	0	1	0	2,86
D4	0	2	3	5	28,57
D6	0	2	4	9	42,86
D8	0	4	5	10	54,29
D10	0	5	8	11	68,57
D12	0	7	10	15	91,42
D14	0	8	13	14	100
Mortalité totale	0	28	44	64	55,51

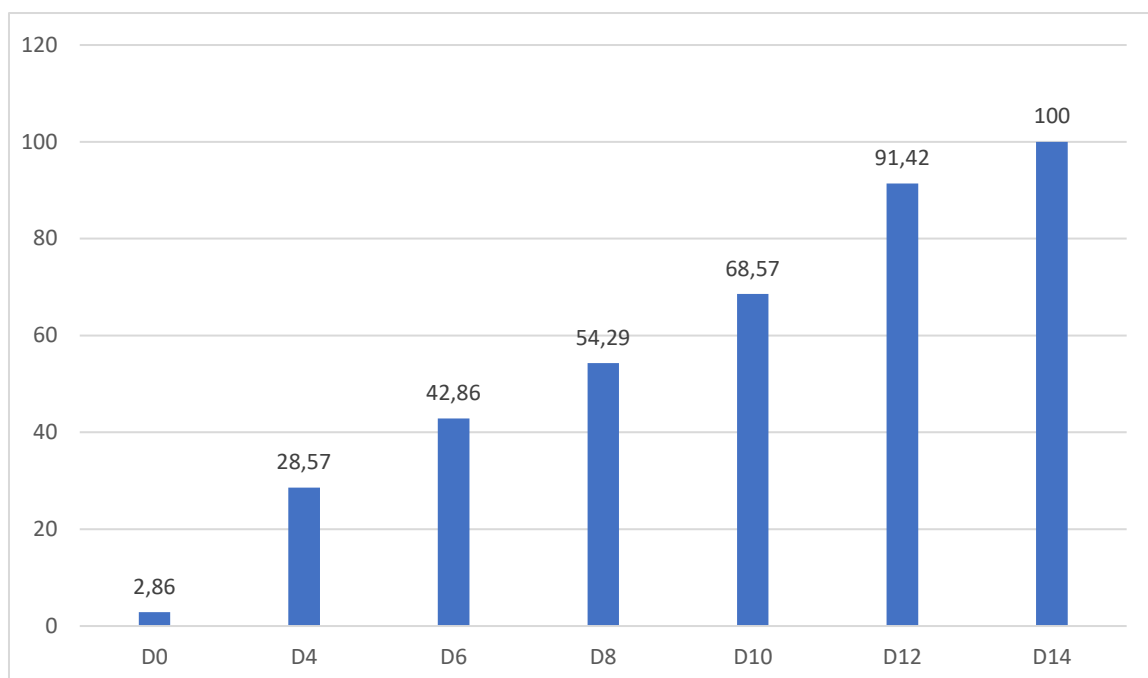


Figure 13 : Taux de mortalité des escargots en fonction des bacs.

III.2 Discussion

La perte de poids et la régression de la longueur de coquille des escargots soumis à différentes doses de taux d'incorporation de l'aliment au glyphosate ; mettent en exergue l'effet du glyphosate sur la croissance pondérale et coquillière des escargots (*Achatina fulica*). Le poids vif des escargots témoins connaît une croissance considérable contrairement aux poids vifs des escargots soumis à différentes doses de contamination d'aliment avec du glyphosate qui connaissent une régression. En effet, la faible perte de poids observée chez les escargots soumis aux doses 4, 6 et 8 mL/L contrairement à la forte perte de poids observée chez les escargots soumis aux doses 10, 12 et 14 mL/L ; serait liée à la toxicité du produit utilisé. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Bourbia-Ait (2013) qui montrent que l'évolution du poids frais des escargots sous l'effet des pesticides connaît une régression par rapport à celui du témoin. Aussi, Schuytema *et al.* (1994), ont rapporté que la réduction significative ($p < 0,05$) du poids (total, coquillière et des tissus mous) des escargots traités avec l'aminocarbe, le méthyl parathion et le paraquat est liée à la nature et à la dose de pesticide administré. De leur côté, Coeurdassier *et al.*, (2001) ont observé une diminution « dose-dépendante » de la croissance et de la survie des escargots induite par le diméthoate. De même, l'exposition des escargots par la voie épithéliale induit-elle la plus forte toxicité. Ce qui explique la croissance remarquable de la longueur de coquille de ces escargots témoins, non exposés au glyphosate. Dans l'ensemble les escargots soumis aux doses 4, 6 et 8

mL/L connaissent une faible croissance voire négligeable de la longueur des coquilles. Cette faible croissance pourrait s'expliquer par le fait que les laitues proposées à ces escargots soient contaminées par le glyphosate. En revanche, la régression progressive de la longueur de coquilles des escargots soumis aux doses 10, 12 et 14 mL/L s'expliquerait par la forte concentration du glyphosate reçu par ces escargots via les laitues. Tous ces résultats sur la longueur de coquilles des escargots, vont à l'encontre de ceux obtenus par Druart (2011). En effet, lors de ses travaux cet auteur a montré, que le glyphosate n'a pas eu d'effet sur la croissance (masse totale et diamètre de coquille) des escargots exposés à $2,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ ainsi que chez les témoins ce qui s'est traduit par une maturation des coquilles et une croissance rapide durant les 56 premiers jours d'expérience.

La mortalité observée (55,51 %) durant les 30 jours d'expérience au niveau des escargots soumis aux différentes doses, pourrait s'expliquer par le fait que la quasi-totalité des laitues contaminées par le glyphosate proposé a été consommée par ces escargots durant les dix (10) premiers jours. Mais à partir du 20^{ème} jour, les escargots ont commencé à ne plus consommer les laitues mises à leur disposition. Ces résultats obtenus sont opposés à ceux observés par Schuytema *et al.* (1994) et Bourbia-Ait (2013). Par ailleurs, ces auteurs ont respectivement obtenu un taux de mortalité de 13 % et 9,61 % après exposition des escargots *Helix aspera* à 5 mg/Kg de carbaryl pendant 14 jours et 6 semaines d'exposition des escargots *Helix aspera* au Thiaméthoxam, téfluthrine et leurs mixtures. Cependant, aucun effet létal n'a été observé chez l'espèce étudiée à des concentrations allant de 4 à 14 mL/L après ingestion de glyphosate. En effet, la mortalité des escargots pourrait dépendre de l'espèce testée et de sa sensibilité vis-à-vis des substances testées.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude portant sur l'évaluation de l'effet du glyphosate sur la croissance de l'*Achatina fulica* dans le département de Daloa, a permis de conclure que le glyphosate a un effet certain sur la longueur de coquille et le poids vif des escargots. Le glyphosate provoque une perte de poids des escargots et limite la croissance coquillière de ceux-ci. En outre, le glyphosate apparaît comme une source de toxicité pour les escargots en induisant leurs morts. L'inhibition de la croissance pondérale et linéaire est fonction de la concentration du glyphosate présente dans la nourriture des escargots. L'une des principales limites de notre étude est qu'elle était seulement circonscrite autour de l'espèce *Achatina fulica* qui est un escargot sauvage ubiquiste. Pourtant, les escargots beaucoup commercialisés sur les différents marchés du pays sont *Achatina achatina* et *Archachatina ventricosa*. Dans le souci d'une autosuffisance alimentaire l'impact de cet herbicide sur leur croissance pourrait réduire leur disponibilité et par conséquent entraîner un déficit en viande d'escargot sur les marchés. Ainsi, dans le but d'anticiper sur ce problème, cette même étude doit être menée sur l'ensemble des escargots géants beaucoup consommés en Côte d'Ivoire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aboua F. & Boka K. (1996).** Les escargots géants comestibles d'Afrique : quelques aspects physiques et préparation en Côte d'Ivoire. *Nature et faune*, 12(4) : 2-9.
- ACTA (2009).** Index Phytosanitaire. ACTA 45^{ème} édition, Paris (France), 804 p.
- ACTA (2010).** Index Phytosanitaire. ACTA 46^{ème} édition, Paris (France), 752 p.
- Anadón A., Martínez M., Rodríguez J., Ares I., Nieto I. & Martínez-Larrañaga M. (2008).** Neurotransmitter changes in rat brain regions following glyphosate exposure. *Environmental research*, 161 : 212-219.
- Antoniou M., Habib M., Howard C., Jennings R., Leifert C., Onofre Nodari R., Robinson C. & Fagan J. (2011).** Roundup and birth defects. *In: is the public being kept in the dark.* Robinson C. (Ed), Bruxelles (Belgique), pp. 8-48.
- Arbuckle T.E., Lin Z. & Mery L.S. (2001).** An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. *Environmental Health Perspectives*, 109(8) : 851-860.
- Aubert C. (1992).** Mémento de l'éleveur d'escargot. Institut Technique de l'Aviculteur (ITA VT) 3^{ème} édition, Paris (France), 174 p.
- Batsch D. (2011).** L'impact des pesticides sur la santé humaine. Thèse de Doctorat, Université de Henri Poincaré - Nancy 1 (France), 184 p.
- Baylis A. (2000).** Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. *Journal of Pest Management Science*, 56 : 248-302.
- Bellé R., Le Bouffant R., Morales J., Cosson B., Cormier P. & Mulner-Lorillon O. (2007).** L'embryon d'oursin, le point de surveillance de l'ADN endommagée de la division cellulaire et les mécanismes à l'origine de la cancérisation. *J. Soc. Biol*, 201(3) : 317-327.
- Benachour N. & Séralini G.E. (2008).** Glyphosate Formulations Induce Apoptosis and Necrosis in Human Umbilical, Embryonic, and Placental Cells. *Chem Res Toxicol*, 22(1) : 97-105.
- Benbrook C.M. (2016).** Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(3) : 2-15.

- Bernier D. (2002).** Impact des herbicides dans l'eau et le terreau. *In* Agri-réseau. Légumes de serres,
<http://www.agrireseau.qc.ca/legumesdeserre/Documents/JHR%20SERRES%202002%20TEXTE%20DBernier%20Impact%20des%20herbicides.pdf> (page consultée le 14/08/2021).
- Boschetto G. (2013).** Evaluation de la pertinence de l'utilisation des herbicides en lien avec le développement durable. Mémoire de Master en environnement, Université de Sherbrooke, Canada, 76 p.
- Bourbia-Ait H.S. (2013).** Evaluation de la toxicité de mélanges de pesticides sur un bioindicateur de la pollution des sols *Helix aspera*. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba (Maroc), 110 p.
- Bouziati M. (2007).** L'usage immodéré des pesticides. De graves conséquences sanitaires. Le guide de médecine et de la santé. *Santémaghreb*,
<http://www.santetropicale.com/santemag/algerie/poivue51.htm> (Consulté en septembre 2021).
- CPP (2002).** Risque sanitaire liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. Rapport d'activité, France, 47 p.
- Cirad-Ca G.A. (2000).** Les herbicides, <http://www.agroecologie.cirad.fr> (consulté le 20/08/2021).
- Cobbinah J.C., Vink A. & Onwuka B. (2008).** L'élevage d'escargots. *In* : Production, transformation et commercialisation. Première édition, Wageningen (Pays-Bas), pp. 14-26.
- Codjia J.T.C & Noumonvi R.C.G. (2002).** Les escargots géants. Guide technique d'élevage n°2, Bureau pour l'élevage et la distribution et l'information sur le mini élevage. 8 p.
- Codjia J.T.C. & Noumonvi R.C.G. (2002).** Guide technique d'élevage n° 2 sur les escargots géants. J. Hardouin, BEDIM, FuSAGx, 5030 Gembloux,
<http://www.bib.fsagx.ac.be/bedim/guide/pdf/2.pdf> (consulté en août 2021).
- Coeurdassier M., Saint-Denis M., Gomot de Vaufleury A., Ribera D. & Badot P.M. (2001).** The garden snail (*Helix aspera*) as a bioindicator of organophosphorus

exposure : Effects of dimethoate on survival, growth, and acetylcholinesterase activity. *Environmental toxicology and chemistry*, 20(9) : 1951-1957.

Cox C. (2004). Herbicide factsheet. Glyphosate. *Journal of Pesticide Reform*, 24(4) : 10-15.

Delabays N. & Bohren C. (2007). Le glyphosate : bilan de la situation mondiale et analyse de quelques conséquences malherbologiques pour la Suisse. Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture. *Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Nyon*, 39 : 333-340.

Druart C., Delhomme O., De Vaufleury A., Ntchoe E. & Millet M. (2011). Optimization of extraction procedure and chromatographic separation of glyphosate, glufosinate and aminomeylphosphonic acid in soil. *Journal of Analytical and Bioanalytical chemistry*, 29 :1725-1732.

Druart C. (2012). Effets des pesticides de la vigne sur le cycle biologique de l'escargot dans divers contextes d'exposition. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté (France), 325 p.

EPA (1993). R.E.D. Facts. Glyphosate. Washington, D.C.(États-Unis) : EPA. Accessible au http://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-417300_1-Sep-93.pdf (consulté en août 2021).

Fagbuaro O., OSO J.A., Edward J.B. & Ogunleye R.F. (2006). Nutritional status of four species of giant land snails in Nigeria. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, 7(9) : 686-689.

FAO (1987). Résidus de pesticides dans les produits alimentaires. Rapport de la réunion conjointe FAO/OMS, Rome (Italie), 14 p.

FAO (2000). Evaluation de la contamination des sols : manuel de référence. In FAO. *Archive de documents de la FAO*, <http://www.fao.org/docrep/005/X2570F/X2570F08.htm> (page consultée le 01/09/ 2021).

FAO (2005). The state of food insecurity in the world 2005. *Economic and social Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*, <http://www.fao.org/docrep/008/a0200e/a0200e00.htm> (consulté le 01/09/2021).

Gounari R., 2006- Principales intoxications du chien dans les jardins. Thèse de doctorat, Université Paul- Sabatier de Toulouse, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, 63 p.

- Gouvernement du Québec. (2002).** Les pesticides. *In* portail québec. Ministère du développement durable de l'environnement de la faune et des parcs, <http://www.mddep.gouv.qc.ca/pesticides/inter.htm> (consulté le 01/09/2021).
- Heddadj D. & Bouvier D. (2012).** Peut-on se passer de glyphosate ? Techniques culturelles sans labour, Chambre d'Agriculture de Bretagne, pp. 34-36.
- Hu J.Y., Chen C.L and Li J.Z. (2008).** A Simple Method for the Determination of Glyphosate Residues in Soil by Capillary Gas Chromatography with Nitrogen Phosphorus. *Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing China, Journal of Analytical Chemistry*, 63(4) : 371–375.
- Jaskulski D. & Jaskulska I. (2014).** The effect of pre-harvest glyphosate application on grain quality and volunteer winter wheat. *Romanian Agricultural Research*, 31 : 283-289.
- Koukougnon W.G. (2012).** Milieu urbain et accès à l'eau potable cas de Daloa (Centre-Ouest de la Cote d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 416 p.
- Kouassi Brou G., Denezon Dogbo O., N'Zué B., Akhanovna J. et Yves-Alain Békro Y. (2012).** Effet du glyphosate sur la biosynthèse des constituants phénoliques de *Manihot esculenta* Crantz. *Revue de génie industriel, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales (LBAPV), Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan (Côte d'Ivoire)*, pp. 32-43.
- Kouassi K.D., Otchoumou A. & Gnakri D. (2008).** Le commerce de *Achatina achatina*, une activité lucrative en Côte d'Ivoire. *Livestock Research for Rural Development*, 20(4) <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/4/koua20058.htm> (consulté le 17/09/2021).
- Le Mer Ch., Roy R., Pellerin j. & Maltais D., 2009-** Effects of chronic exposures to the herbicides atrazine and glyphosate to larvae of the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). Université du Québec à Rimouski, Quebec (Canada), 6 p.
- Lennartz B., Kamra S. & Meyer-Windel S. (1997).** Field scale variability of solute transport parameters and related soils properties. *Hydrology and earth system Sciences*, 4 : 801-811.

- Louchard X., Voltz M., Andrieux P. & Moussa R. (2001).** Herbicide transport to surface waters at field and watershed scales in a Mediterranean vineyard area. *Journal of Environmental Quality*, 30 : 982-990.
- Mamy L. (2004).** Comparaison des impacts environnementaux des herbicides à large spectre et des herbicides sélectifs : caractérisation de leur devenir dans le sol rot modélisation. Thèse de Doctorat, Institut national de recherche agronomique (INRA) de Paris-Grignon, France, 357 p.
- Ministère des Ressources naturelles. (1995).** Evaluation des impacts du glyphosate utilisé dans le milieu forestier. In Gouvernement du Québec. Gouvernement du Québec, <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs44706> (page consultée le 12/08 2021).
- Nader S. & coll A. (2013).** Desiccation in dry edible beans with various herbicides. *Canadian Journal of Plant Science*, 93(5) : 871-877.
- Naili F. (2014).** Evaluation de la rémanence de l'herbicide Glyphosate dans les cultures maraîchères de la wilaya de jijel. Mémoire de Master en Biologie et Ecologie Végétale, Université Constanine 1, Algérie, 114 p.
- N'da K., Otchoumou A. & Koffi K.J.C. (2004).** Alimentation à base de produits du papayer et maturation ovocytaire chez *Achatina fulica* (Bowdich, 1820) en Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 22(4) : 168-172.
- Oerke E. & Dehne H. (1997).** Global crop production and the efficacy of crop production current situation and futures trends. *European Journal of Plan Pathology*, 103 : 203-215.
- Olivier M.J. (2007).** Chimie de l'environnement. Les productions Jacques Bernier édition, collection Sciences et communication de l'environnement, Québec (Canada), 313 p.
- Onil S., Dion S., St-Laurent L. & Apirl M.H. (2012).** Indicateur de risque des pesticides du Québec. Bibliothèque et archives nationales du Québec 2^{ème} édition, Québec (Canada), 48 p.
- Otchoumou A. (1997).** Etude de trois espèces d'escargots comestibles de forêt hygrophile humide de l'est de la Côte d'Ivoire *Achatina achatina* (Linné), *Achatina fulica* (Bowdich) et *Archachatina amarginata* (Swainson) variété (*Ventricosa*) :

Reproduction et croissance en milieu naturel et en élevage. Thèse de doctorat, université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 138 p.

- Otchomou A. (2005).** Effet de la teneur en calcium d'aliments composés et de la photopériode sur la performance biologique chez trois espèces d'escargots Achatinidae de la Côte d'Ivoire élevés en bâtiment. Thèse de doctorat, Université d'AboboAdjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 176 p.
- Paganelli A., Gnazzo V., Acosta H., Lopez S.L. & Carrasco A.E. (2010).** Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chemical Research in Toxicology*, 23 : 1586-1595.
- Peake J. (1978).** Distribution and ecology of the Stylommatophora. *In* : Pulmonates A Systematics, Evolution and Ecology. FRETTER Y. & PEAKE J. (Eds), London (Angleterre), pp. 429-526.
- Romano R., Romano M., Bernardi M., Furtado P. & Oliveira C. (2010).** Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Archives of Toxicology*, 84(4) : 309-317.
- Santé Canada (2010).** Le glyphosate. *In* Gouvernement du Canada. *Santé de l'environnement et du milieu de travail*, <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/glyphosate/index-fra.php> (page consultée le 26/08/2021).
- Schiavon M. & Jacquin F. (1973).** Studies on the migration of two triazines as influenced of precipitation. *Symposium on herbicides and the soil*, 3 : 80- 90.
- Schuytema G.S., Nebeker A.V. & Griffis W.L. (1994).** Effets of dietary exposure to forest pesticides on the brown garden snail *Helix aspera* Muller. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 26(1) : 23-28.
- Stievenart C. & Hardouin J. (1990).** Manuel d'élevage des escargots Géants Africains sous les tropiques. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, Pays-Bas, 38 p.
- Swanson N.L., Leu A., Abrahamson J. & Wallet B. (2014).** Genetically engineered crops, glyphosate and the deterioration of health in the United States of America. *Journal of Organic Systems*, 9(2) : 6-37.
- Takeda N. & Ozaki T. (1986).** Introduction of locomotor behaviour in the giant african snail *Achatina fulica*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 83 : 77-82.

- Thiele J. (1963).** Handbuch der systematischen weichtierkunde. In: Memento del 'élevage d'escargot. ITAVI édition, paris (France), 10 p.
- Thompson D.G., Pitt D., Buscarini T., Staznik B. & Thomas D. (2000).** Comparative fate of Glyphosate and triclopyr herbicides in the forest floor and mineral soil of an Acadian forest regeneration site. *Canadian Journal of Forest Research*, 30 : 1808-1816.
- Tomlin C.D.S. (2009).** The pesticide manual : A world compendium. British Crop Protection Council (14^{ème} édition), Hampshire (Royaume-Uni) : pp. 545-548.
- Tsuiohi Y., Kremer R. et Paulo R. (2009).** Glyphosate interactions with physiology, nutrition, and diseases of plants : Threat to agricultural sustainability ? *European Journal of Agronomy*, Guest Editor Institute, Brazil, p13.
- UIPP (2009).** La culture ne vit que de progrès. Rapport d'activité, 36 p.
- Victoria G. (2010).** Volatile Vapour Risk Drift. In Victoria government. *Agriculture*, <http://www.dpi.vic.gov.au/agriculture/farming-management/chemical-use/agricultural-chemical-use/spraying-spray-drift-and-off-target-damage/ag1409-reporting-spray-drift-of-agricultural-chemicals/ag1217-volatile-vapour-drift-risk> (page consultée le 01/09 2021).
- Zongo D., Coulibaly M., Diambra O.H. & Adjiri E. (1990).** Note sur l'élevage de l'escargot géant africain (*Achatina achatina*). *Nature et faune*, 6(2) : 32-44.

Résumé

L'étude réalisée sur l'escargot *Achatina fulica* dans le département de Daloa avait pour but d'évaluer l'effet du glyphosate sur la croissance et la survie de cet escargot. Après acclimatation, 245 escargots juvéniles ont été répartis en sept (7) lots de 35 escargots chacun. Ces escargots sont régulièrement arrosés et nourris tous les deux jours avec des feuilles fraîches de laitue trempées ou non dans une solution diluée de glyphosate à différentes doses : D0, D4, D6, D8, D10, D12, D14. Le nombre de morts est enregistré tous les deux (2) jours par lot. Tous les dix jours, le cumul du nombre de mort est déterminé. Les résultats obtenus montrent que le glyphosate présente une toxicité pour l'*Achatina fulica* en limitant sa croissance pondérale et coquillière et provoque une forte mortalité chez ladite espèce, dont nous avons de 43,71 à 47,13 mm qui traduit une faible croissance coquillière des escargots ; de 12,81 à 7,14 g qui montre la forte perte de poids des escargots et les 55,51 % qui représente le taux de morts des escargots après le traitement.

Mots clés : croissance, escargot, Taux de mortalité

Abstract

The study conducted on the snail *Achatina fulica* in the department of Daloa aimed to evaluate the effect of glyphosate on the growth and survival of this snail. After acclimatization, 245 juvenile snails were divided into seven (7) batches of 35 snails each. These snails were regularly watered and fed every other day with fresh lettuce leaves soaked or not in a diluted solution of glyphosate at different doses: D0, D4, D6, D8, D10, D12, D14. The number of deaths is recorded every two (2) days per batch. Every ten days, the cumulative number of deaths is determined. The results obtained show that glyphosate is toxic to *Achatina fulica* by limiting its weight and shell growth and causes high mortality in the species, which we have of 43,71 and 47,13 mm which shows the low growth of the snails ; the 12,81 and 7,14 g shows the high weight loss of the snails and the 55,51 % which represents the death rate of snails.

Key words: growth, mortality rate, snail.