

Etude De Dosage Des Eléments Minéraux Dans Quelques Espèces Des Chenilles Comestibles Consommées A Kinshasa

[Dosage Study Of Mineral Elements In Some Species Of Edible Caterpillars Consumed In Kinshasa]

MATONDO FALANGA Junior^{1,5}, BOSINGA NSELE Beni², SUKUMI KUSONGA², MBUYI Shekinah³, DUABA daddie⁴, NGELINKOTO MPIA Patience^{2,5}

¹Département de Biologie-Chimie, Chimie-Physique et Géographie & Gestion de l'Environnement, Institut Supérieur Pédagogique de Mbandaka

²Département de Chimie, Université Pédagogique Nationale de Kinshasa

³Université de Kinshasa

⁴Centre de Recherche en Sciences Humaines

⁵Centre de Recherche en Eau et Environnement

République Démocratique du Congo



Résumé – L'objectif général de ce travail est de faire une étude comparative entre les teneurs en oligo-éléments et macroéléments dosés dans les quatre espèces de chenilles dont *Imbrasia oyemensis* ROUGEOT, *Imbrasia epimethea* DRURY, *Cirina forda* WESTWOOD et *Elaphrodes lactea* GAEDE pour se faire une idée sur l'apport nutritionnel que chacune apporte dans l'organisme. Les chenilles sèches sont broyées et conservées dans des flacons ensuite envoyées au laboratoire de l'OCC à LUBUMBASHI pour l'analyse minérale. Les éléments minéraux dosés dans ces échantillons des chenilles sont : Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Fe, Se et Mn. Cette analyse est effectuée par ICP-AES. Les données recueillies à l'issue de cette analyse ont été soumises à des traitements statistiques. L'analyse des variances (anova-one-way) selon le test de comparaison multiple de Turkey. Si $p < 0,05$, la différence est considérée significative enfin de séparer les quatre échantillons de chenilles par rapport à leurs teneurs en éléments minéraux. Sachant que la chenille est un aliment d'habitude pour la plupart des familles dans notre pays, à cause de sa teneur en protéines et lipide. Elle présente aussi une source importante en éléments minéraux. En tenant compte de la toxicité de ces éléments et en considérant la teneur journalière de chaque élément qu'un aliment peut apporter dans l'organisme, nous suggérons aux consommateurs de consommer pour leurs alimentation la chenille *Cirina forda* WESTWOOD.

Mots clés – Chenilles, Eléments Minéraux, Micronutriments, Insectes Comestibles, Oligoéléments

Abstract – The general objective of this work is to make a comparative study between the contents of trace elements and macroelements measured in the four species of caterpillars including *Imbrasia oyemensis* ROUGEOT, *Imbrasia epimethea* DRURY, *Cirina forda* WESTWOOD and *Elaphrodes lactea* GAEDE to get an idea on the nutritional contribution that each brings to the body. The dry caterpillars are crushed and stored in bottles then sent to the OCC laboratory in LUBUMBASHI for mineral analysis. The mineral elements assayed in these caterpillar samples are: Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Fe, Se and Mn. This analysis is performed by ICP-AES. The data collected at the end of this analysis was subjected to statistical processing. Analysis of variances (anova-one-way) according to Turkey's multiple comparison test. If $p < 0.05$, the difference is considered significant finally to separate the four caterpillar samples with respect to their mineral element contents. Knowing that the caterpillar is a usual food for most families in our country, because of its protein and lipid content. It is also an important source of mineral elements. Taking into account the toxicity of these elements and considering the daily content of each element that a food can provide in the body, we suggest that consumers consume the *Cirina forda* WESTWOOD caterpillar for their diet.

Keywords – Caterpillars, Mineral Elements, Micronutrients, Edible Insects, Trace Elements

I. INTRODUCTION

La nécessité de nourrir une population mondiale croissante pose inévitablement une pression constante sur la production agricole qui, à son tour, contribue davantage à la dégradation des ressources naturelles. En outre, les difficultés apparaissant avec le changement climatique vont se combiner avec les problèmes actuels de production. Ainsi, les activités en cours de la FAO sur les régimes alimentaires durables explorent les liens et les synergies entre la biodiversité alimentaire, la nutrition, la composition des aliments, la production alimentaire, l'agriculture et la durabilité. L'objectif sous-jacent est l'amélioration des aliments et de la sécurité alimentaire, ainsi que de proposer aux responsables politiques et aux consommateurs des recommandations plus respectueuses de l'environnement, y compris ce que signifie un système alimentaire écologiquement durable.

Les insectes comestibles conviennent parfaitement à un tel scénario écologiquement responsable et, de surcroît, doivent être considérés comme des candidats de premier ordre à la fois comme aliments de base et comme compléments alimentaires ainsi que, plus généralement, pour leur rôle dans les régimes alimentaires durables (DIOMANDE et al., 2017)

En République Démocratique du Congo (RDC), la consommation d'insectes et notamment de chenilles fait partie des habitudes alimentaires des congolais. A Kinshasa, par exemple, plus de 70% de la population consomment des chenilles tout au long de l'année. Les principales provinces d'approvisionnement des chenilles de la capitale sont, l'Equateur (64%) et l'ancien Bandundu (24%) précisément dans la province de Kwilu, Kwango et Mai-Ndombe. Quatre principales espèces de chenilles y sont consommées : *Cirina forda*, *Imbrasia epimethea*, *Imbrasia truncata* et *Imbrasia oyemensis*. (MASENGA, 2019)

Longtemps utilisées comme aliment de base pour la lutte contre la malnutrition des enfants dans les pays en sous développements, à cause de sa composition à macronutriment tels que les protéines et les lipides dont la quantité est 3 fois supérieure à ceux qu'on trouve dans la viande et le poisson. (DIOMANDE et al., 2017)

En outre les macronutriments, la chenille contient aussi les micronutriments, dont les éléments minéraux. Ces éléments jouent un rôle très important au bon fonctionnement de l'organisme.

Les chenilles se nourrissent des feuilles de leurs plantes hôtes. Ces plantes pour leurs croissances, elles ont besoin des sels minéraux tirés à partir du sol. Cela suscite une interrogation en savoir : Quelle serait la valeur nutritionnelle des chenilles en minéraux ?

L'objectif général de cette étude est de faire une étude comparative entre les teneurs en oligo-éléments et macroéléments dosés dans les quatre espèces de chenilles pour se faire une idée sur l'apport nutritionnel en éléments minéraux que chaque chenille apporte dans l'organisme.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

Située sur la rive sud du fleuve Congo, au niveau du Pool Malebo, elle fait face à la capitale de la République du Congo, Brazzaville. Les limites de la ville étant très étendues, plus de 90 % de sa superficie sont des espaces ruraux ou forestiers (notamment dans la commune de Maluku) ; les parties urbanisées se trouvent à l'ouest du territoire. Kinshasa a le statut administratif de ville et constitue l'une des 26 provinces du pays. Ses habitants sont nommés les Kinois.

2.2. Les Matériels

2.2.1. Matériel Biologique

Les matériels biologiques utilisés dans cette étude sont les quatre espèces de chenilles comestibles soit, *Imbrasia Oyemensis* ROUGEOT, *Cirina Forda* WESTWOOD, *Imbrasia epimethea* DRURY et *Elaphrodes lactea* GAEDB

2.2.2. Matériel de laboratoire

- Appareil ICP – AES

2.3. Méthode

2.3.1. Conditionnement des échantillons

La préparation des échantillons sont effectuées comme suit :

- Triés et débarrassés de toute sorte de déchets,
- Les quatre espèces des chenilles ont été réduites en poudre à l'aide d'un mortier et le pilon.
- La poudre de chaque espèce est conservée dans un flacon portant une étiquette mentionnée : **E1** (*Cirina Forda* WESTWOOD), **E2** (*Imbrasia Oyemensis* ROUGEOT), **E3** (*Imbrasia epimethea* DRURY) et **E4** (*Elaphrodes lactea* GAEDB).
- Les flacons sont gardés à l'abri de la lumière et envoyés au Laboratoire de l'OCC à Lubumbashi pour une analyse minérale de chaque poudre de Chenille prise de façon individuelle.

2.3.2. Analyses élémentaires par ICP-AES

Dans cette étude, nous avons dosés que les sels minéraux et les oligo-éléments essentiels dans les différentes poudres des chenilles.

a. Principe de ICP-AES

L'ICP-OES ou « Inductive Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry » est une technique qui permet de mesurer simultanément des concentrations de différents éléments. Dans les documents internationaux cette technique est généralement abrégée en ICP-AES : Inductive Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.

➤ Emission

L'émission de rayonnement est un processus par lequel un système (atome, ion) qui se trouve lui-même dans un état excité, perd son énergie excédentaire par émission de rayonnement électromagnétique ou, autrement dit, l'émission est la production d'un photon d'énergie $h\nu_{01}$ par la retombée, dans un atome, d'un électron d'un niveau d'énergie haut E_1 à un niveau fondamental E_0 . Les couleurs (longueur d'onde, fréquence) qu'ont les photons émis dépendent de la nature du matériau (quel atome, ion...) et de la température (GEERT, 2014).

La Spectroscopie d'Emission Optique à Plasma Couplé par Induction (ICP-AES) nous a permis de doser les minéraux tels que : Ca, Co, K, Mg, Mn, Na, Se, Cu, Fe et Zn.

2.3.3. Minéralisation des échantillons

La minéralisation a été réalisée par la voie humide en milieu ouvert (en solution) d'après le protocole ci-dessous :

- ✓ Placer dans les pans en inox 20 g de chaque échantillon à analyser ;
- ✓ Placer-les à l'étuve à 105 °C durant une nuit ;
- ✓ Broyer à l'aide d'un vibrobroyeur (Contitech, Germany) à une granulométrie de 0,75 µm de diamètre ;
- ✓ Placer les poudres des échantillons dans les téflons pré-décapés avec de l'eau régale (HNO₃/HCl, 1/3 V/V) ;
- ✓ Placer successivement dans les téflons 20 mL de l'eau régale (HNO₃ concentré (65%) /HCl concentré (37%), 1/3 V/V) puis 2 mL de HF concentré (40%) à l'aide d'une pipette en plastique ;
- ✓ Porter sur plaque chauffante jusqu'à obtention d'un sirop ;
- ✓ Récupérer le sirop avec 5 mL de HCl puis remplacer sur la plaque chauffante ;
- ✓ Travaillant dans un milieu acidifié à 2%, on transvaser le sirop dans des ballons jaugés de 250mL dans lequel on place 5 mL de HCl ou de HNO₃ puis compléter le volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée ultrapure.

2.3.4. Analyses minérales

Les teneurs de ces différents minéraux sont étudiées K, Ca, Na, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Se, Co par Spectroscopie d'Emission Optique à Plasma Couplé par Induction (ICP-AES). Une partie d'aliquote de la solution (Analyte) est aspirée dans l'instrument (ICP-AES) pour la détermination de ces minéraux.

La calibration de l'ICP-AES est réalisée à l'aide de l'étalon de travail préparé à partir de la solution standard multiélément 3 disponible dans le commerce, en deux points (1 mg/L et 2,5 mg/L, Perkin Elmer, USA). La longueur d'onde la plus appropriée, le flux d'argon gazeux, la stabilisation par plasma et d'autres paramètres d'instrument ICP-AES pour les métaux/minéraux sont sélectionnés et les mesures sont effectuées dans la plage linéaire des étalons de travail utilisés pour l'étalonnage.

Les conditions de travail d'ICP-AES étaient les suivantes :

- Instrument : ICP-AES [Optima 8300 Perkin Elmer, États-Unis],
- Puissance : 1500 W,
- Débit de gaz plasmatique : 8 L/min,
- Nébuliseur : 0,70 L/min
- Débit de gaz auxiliaire : 0,2 L/min,
- Hauteur de combustion au plasma : 5–22 mm,
- Temps de lecture : 1 à 5 s (max 45 s),
- Temps d'écoulement : 1 s (max 10 s),
- Vue : Radiale.

2.3.5. Analyse statistique

Les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne \pm SD.

Pour les analyses élémentaires, l'analyse de la variance (ANOVA) est effectuée à l'aide du logiciel RStudio Version 1.3.1093 © 2009-2020, RStudio, PBC. Le modèle d'ANOVA utilisé est un modèle croisé mixte à deux critères de classification. En cas de différence significative, cette analyse est complétée par le test de comparaison multiple par paire (LSD test). Le seuil de probabilité utilisé est de 1%. Les expériences seront réalisées en 6 répétitions (n=6) et les résultats seront soumis à l'analyse des variances (anova-one-way) selon le test de comparaison multiple de Turkey. Si $p < 0,05$, la différence est considérée significative.

En effet, dans les résultats des analyses élémentaires figurent les probabilités associées à H_0 (H_0 = il n'existe pas de différence entre la teneur en métal pris en considération chez les Chenille en étude. Les différences sont dues au hasard de l'échantillonnage. Seuils de signification : $P < 0,001$: très hautement significatif ; $P \geq 0,001$: hautement significatif ; $P < 0,05$: significatif ; $P > 0,05$: non significatif (NS) (MUKEBA, 2021).

III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

Les résultats obtenus à l'issue des analyses sont repris dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Concentration des sels minéraux exprimée en mg/kg (ppm) de matière sèche

Eléments				
	E1	E2	E3	E4
Sodium	953,5 \pm 24,6 (c)	11720 \pm 23,945(a)	3509 \pm 4,430 (b)	947,2 \pm 22,90 (c)
Magnésium	903,5 \pm 83,200(d)	10290 \pm 142,20(a)	1207 \pm 75,86 (c)	1461 \pm 113,42 (b)
Potassium	5158 \pm 363,27(d)	54810 \pm 309,59(a)	12660 \pm 107,09(c)	14650 \pm 264,54 (b)
Calcium	102,9 \pm 3,07(d)	1358 \pm 500,01(a)	652,7 \pm 144,55 (c)	922,9 \pm 283,25 (b)

Tableau 4 : Concentration des oligoéléments exprimée en mg/kg (ppm) de matière sèche

Eléments	E1	E2	E3	E4
Zinc	24,46 ± 0,06 (d)	277,7 ± 0,50 (a)	59,88 ± 1,56 (b)	57,51 ± 0,83 (c)
Sélénium	887,9 ± 5,4 (b)	2901 ± 2,19 (a)	153,0 ± 5,02 (d)	339,3 ± 8,66 (c)
Fer	38,62 ± 18,68 (c)	453,6 ± 30,700(a)	83,21 ± 28,57 (b)	88,48 ± 11,62 (b)
Manganèse	29,13 ± 0,56 (c)	300,0 ± 2,05 (a)	51,08 ± 1,11 (b)	49,61 ± 0,58 (b)
Cuivre	21,50 ± 1,4000(c)	223,8 ± 0,3000(a)	26,09 ± 0,3500 (b)	25,29 ± 0,3900 (b)
Cobalt	15,53 ± 0,4300(d)	71,00 ± 0,3100(a)	20,41 ± 0,26 (c)	24,95 ± 0,2400 (b)

a, b, c et d utilisées dans ce tableau, déterminent une différence significative entre les teneurs moyennes d'un même élément dosé dans quatre espèces des chenilles. Les valeurs qui portent les mêmes lettres, ne se différencient pas significativement.

➤ **Teneur en sodium de différentes chenilles**

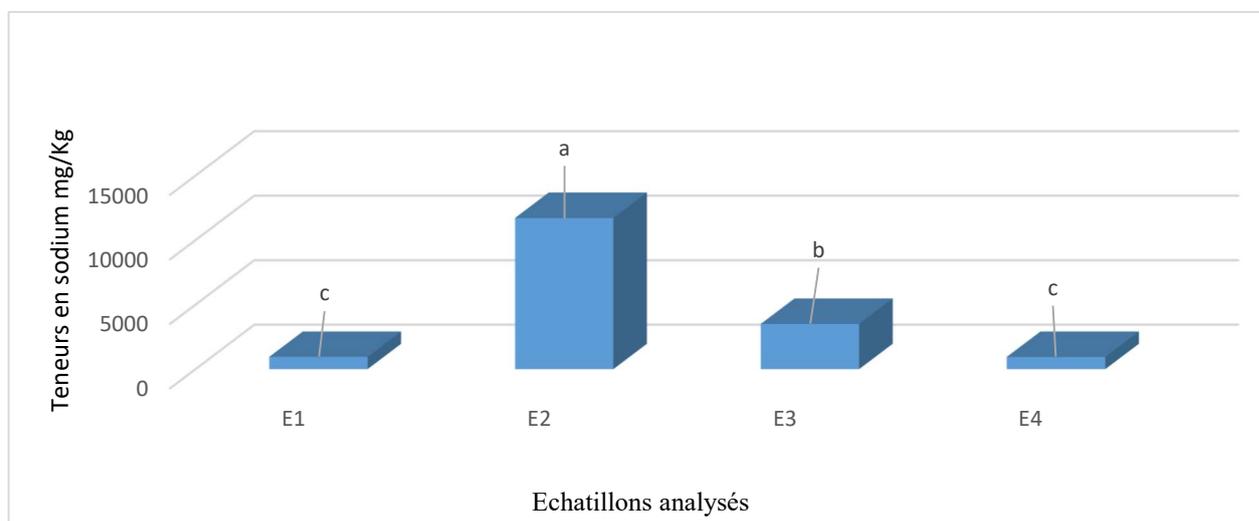


Figure 5 : Comparaison de la teneur en sodium dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance a mis en évidence une différence significative entre les teneurs moyennes en Na des différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de 11720 ± 23,945 mg/Kg contient plus de Sodium, suivi de l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de 3509 ± 4,430 mg/Kg. L'échantillon (E1) et (E4) dont les teneurs moyennes sont respectivement 953,5 ± 24,6 mg/Kg et 947,2 ± 22,90 mg/Kg, ne diffèrent pas.

Le Na est un cation majeur du milieu extracellulaire, plasmatique et interstitiel dont il maintient la molarité et la pression osmotique. Responsable avec le Potassium de la polarisation des membranes grâce à la pompe à sodium/potassium ATP dépendante. Par ce mécanisme actif de pompage d'ions, le sodium cotransporte de nombreux substrats, comme le glucose et les acides aminés. Il gouverne en partie le déplacement des Cl⁻ et dirige le mouvement passif de l'eau. Il retient l'eau dans l'organisme. Le besoin par jour en Sodium est de 800 - 1600 mg/jour Teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 2016).

Il donne l'équilibre entre les bases et les acides (également en lien avec d'autres ions) : qui donne au sang un pH stable. Intervient aussi dans la transmission de l'influx nerveux et de la contraction musculaire.

La Carence en Sodium favorise la déshydratation extracellulaire : sécheresse buccale, apathie, perte d'appétit, tachycardie, crampes, vomissements, signe du pli, globes oculaires enfoncés, hypotension. Le Surdosage en Sodium provoque l'hypertension artérielle. Oedèmes (SKALLI-PARIAT, 2016).

➤ Teneur en magnésium de différentes chenilles

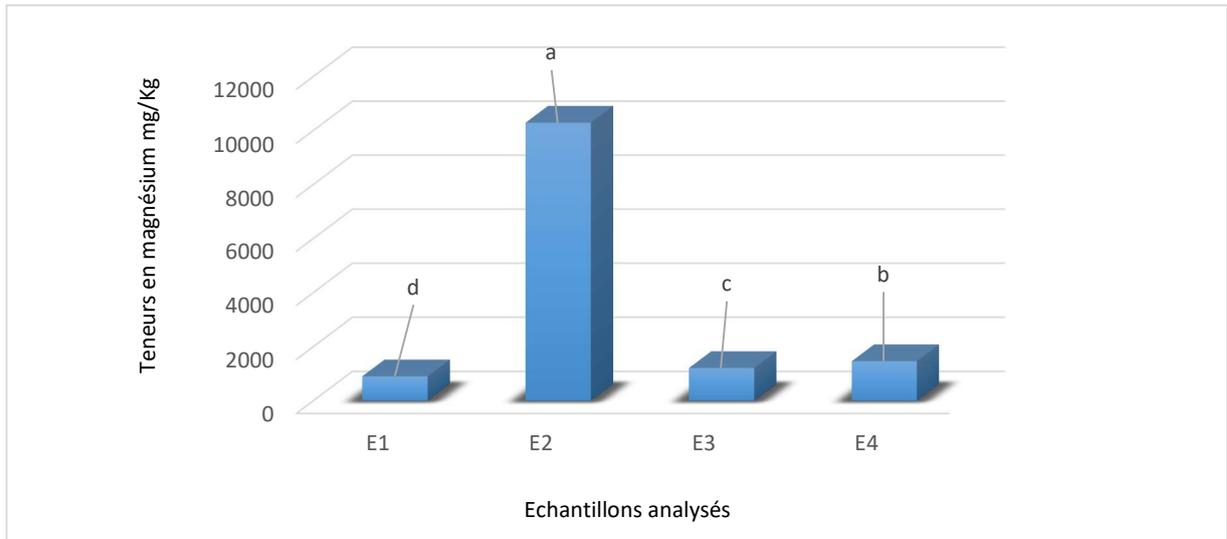


Figure 6 : Teneur en magnésium dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Magnésium de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $10290 \pm 142,20$ mg/Kg contient plus de Mg suivi de l'échantillon (E4) avec une teneur moyenne de $1461 \pm 113,42$ mg/Kg, à près l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de $1207 \pm 75,86$ mg/Kg, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $903,5 \pm 83,200$ mg/Kg.

Chez l'homme, le magnésium est nécessaire dans le plasma et le liquide extracellulaire, où il aide à maintenir l'équilibre osmotique

Le magnésium est un constituant majeur des os et des dents avec le Ca et le P ; il est également nécessaire à la respiration des tissus, à la libération de l'hormone parathyroïdienne et à son action dans la colonne vertébrale, l'intestin et les reins (MUKEBA, 2021). Le besoin par jour en Magnésium est de 300 - 400 mg/jour Teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 2016).

Les déficits en magnésium sont souvent évoqués dans les syndromes comme la spasmophilie, l'hypersensibilité neuromusculaire, les troubles immunologiques. Le magnésium est en conséquence un des minéraux le plus utilisé en thérapeutique humaine. Lorsqu'il y a un déficit d'apport en magnésium les systèmes de régulation et de compensation ne permettent pas une adaptation suffisante. Un déficit chronique en magnésium est donc en général mal toléré.

De plus les aliments riches en magnésium sont également des aliments à haut niveau énergétique. Les personnes soumises à un régime hypocalorique seront donc plus exposées à ce type de carence (REYOMOND, 1993).

➤ Teneur en potassium de différentes chenilles

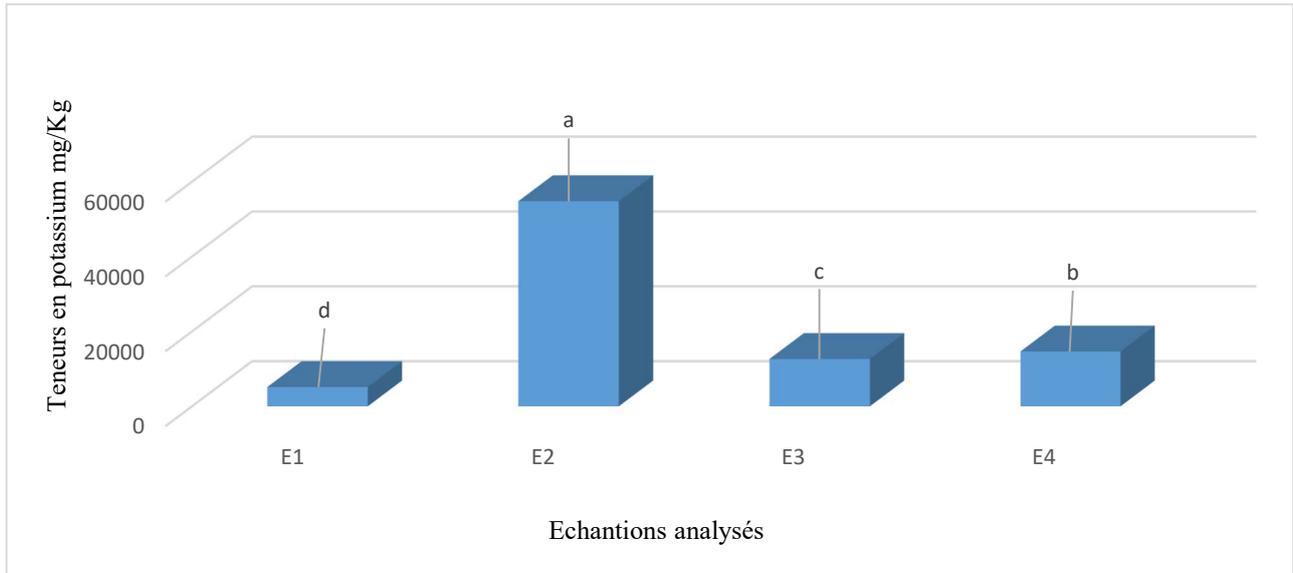


Figure 7 : Comparaison de la teneur en potassium dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Potassium de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $54810 \pm 309,59$ mg/Kg contient plus de Potassium, suivi de l'échantillon (E4) avec une teneur moyenne de $14650 \pm 264,54$ mg/Kg, à près vient l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de $12660 \pm 107,09$ mg/Kg, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $5158 \pm 363,27$ mg/Kg.

Le potassium est un électrolyte qui, avec d'autres substances, régule l'équilibre hydroélectrolytique de l'organisme. Il est le principal cation intracellulaire. Avec le sodium, ils participent à l'équilibre ionique du corps humain, participe au maintien de l'excitabilité des tissus et à la transmission de l'influx nerveux. Il joue un rôle dans le maintien d'un rythme cardiaque normal et intervient dans la contraction musculaire. En raison de la solubilité des sels, le sodium joue un rôle important dans le transport des métabolites. Le potassium est important en tant que diurétique (MUKEBA, 2021). Le besoin par jour en Potassium est de 2 - 6 g/jour teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 2016).

➤ Teneur en calcium de différentes chenilles

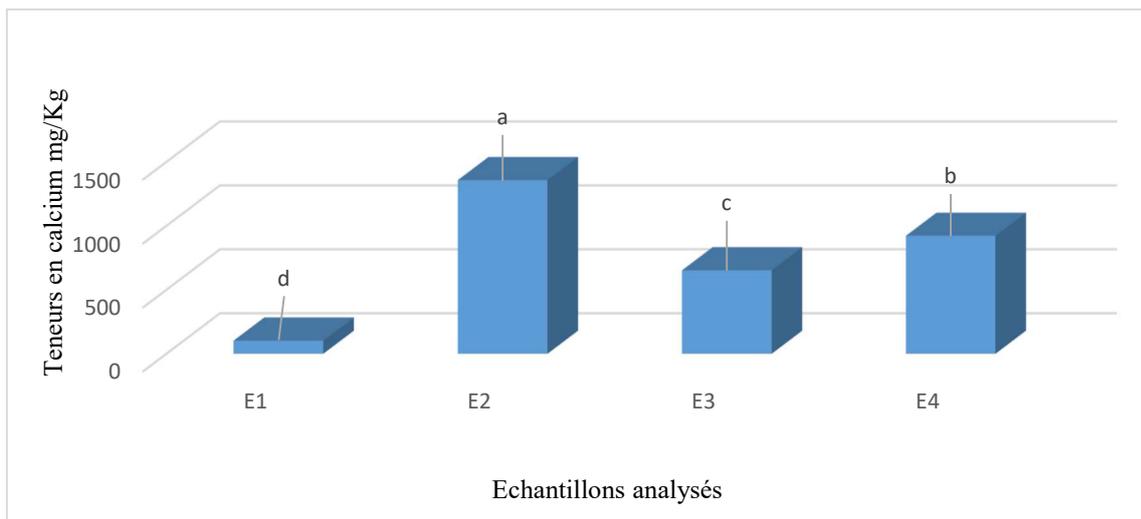


Figure 8 : Teneur en calcium dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Calcium de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $1358 \pm 500,01$ mg/Kg contient plus de Cuivre, suivi de l'échantillon (E') avec une teneur moyenne de $922,9 \pm 283,25$ mg/Kg, à près vient l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de $652,7 \pm 144,55$ mg/Kg, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $102,9 \pm 213,07$ mg/Kg.

Le Calcium constitue une grande partie des os, du sang humain et du liquide extracellulaire. Il est nécessaire au fonctionnement normal des muscles cardiaques, à la coagulation du sang et à la régulation de la perméabilité des cellules. Il joue également un rôle important dans la transmission des impulsions nerveuses et dans le mécanisme du système neuromusculaire, la contraction des muscles et la fonction neurologique, et contribue également aux processus métaboliques enzymatiques (MUKEBA, 2021). Le besoin par jour en Calcium est de 800-1000 mg (selon l'âge et le sexe) : Teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 2016).

➤ Teneur en zinc de différentes chenilles

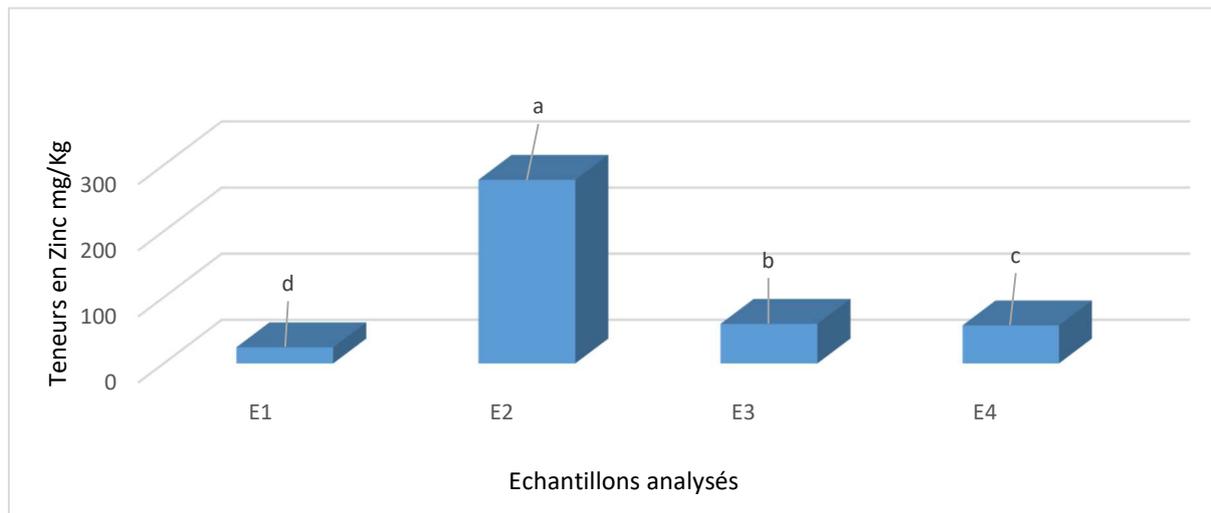


Figure 9 : Teneur en zinc dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Zinc de différentes chenilles. Ainsi l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $277,7 \pm 0,50$ mg/Kg contient plus de Zinc suivi de l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de $59,88 \pm 1,56$ mg/Kg, à près l'échantillon (E4) avec une teneur moyenne de $57,51 \pm 0,83$ mg/Kg, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $24,46 \pm 0,06$ mg/Kg.

Le zinc Joue un rôle important dans les phénomènes enzymatiques et principalement dans ceux procédant de la synthèse protéique. Il a donc un rôle essentiel dans la croissance, mais également dans la cicatrisation, l'immunité cellulaire et le fonctionnement hormonal : insuline, somatomedine, superoxyde dismutase (Mile REYOMOND, 1993). Le besoin par jour en Zinc est de 3 à 10 mg/j pour l'enfant et 15-20 mg/j pour un adulte. Teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 2016).

Une carence sévère en zinc provoque une acrodermie enteropathique, ou, lorsqu'elle est moins sévère, une baisse de l'immunité, une perte du goût, des troubles de la vision nocturne, un retard de cicatrisation. Chez l'enfant se sont surtout des problèmes cutanés et un retard de croissance qui sont observés.

L'apport en zinc n'est pas suffisant pour couvrir les besoins de la femme enceinte. Une aggravation de cet état déficitaire peut perturber le déroulement de la grossesse en jouant sur le risque de toxémie, sur la durée de la gestation et la difficulté de l'accouchement. Une supplémentation de la femme enceinte contenant 20 à 40 mg de zinc par jour semble devoir être prescrite (REYOMOND, 1993).

➤ Teneur en Sélénium de différentes chenilles

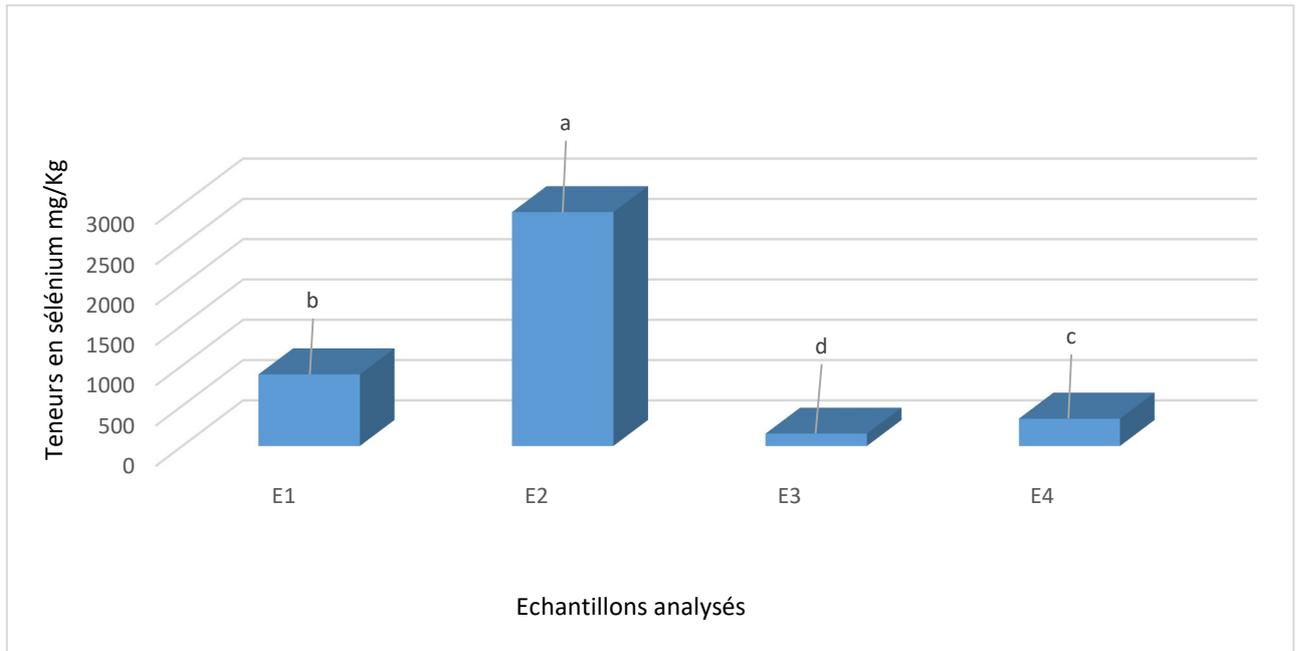


Figure 10 : Teneur en sélénium dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance a mis en évidence une différence très significative entre les teneurs moyennes en sélénium de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de 2901 ± 2,19 mg/Kg contient plus de Sélénium suivi de l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de 887,9 ± 5,4 mg/Kg, à près l'échantillon (E4) avec une teneur moyenne de 339,3 ± 8,66 mg/Kg, enfin l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de 153,0 ± 5,02 mg/Kg

Le sélénium est le cofacteur d'enzymes de peroxydation, telle la glutathion peroxydase et a ainsi, un rôle essentiel dans l'élimination des peroxydes. Ce ci lui confère un rôle de protection contre les radicaux libres.

Un état de carence en sélénium s'observe de façon endémique dans certaines zones géographiques. Les sols très pauvres en sélénium ne pourront pas fournir à la chaîne alimentaire le sélénium nécessaire à l'alimentation. La région du Keshan en Chine a connu de très sévères carences en sélénium qui entraînaient de graves malformations cardiaques chez les enfants. Un taux faible en sélénium augmente les risques de cancer, de maladie cardiovasculaire (REYOMOND, 1993). Le besoin en Sélénium est de 100-200 µg/jour.

➤ Teneur en fer de différentes chenilles

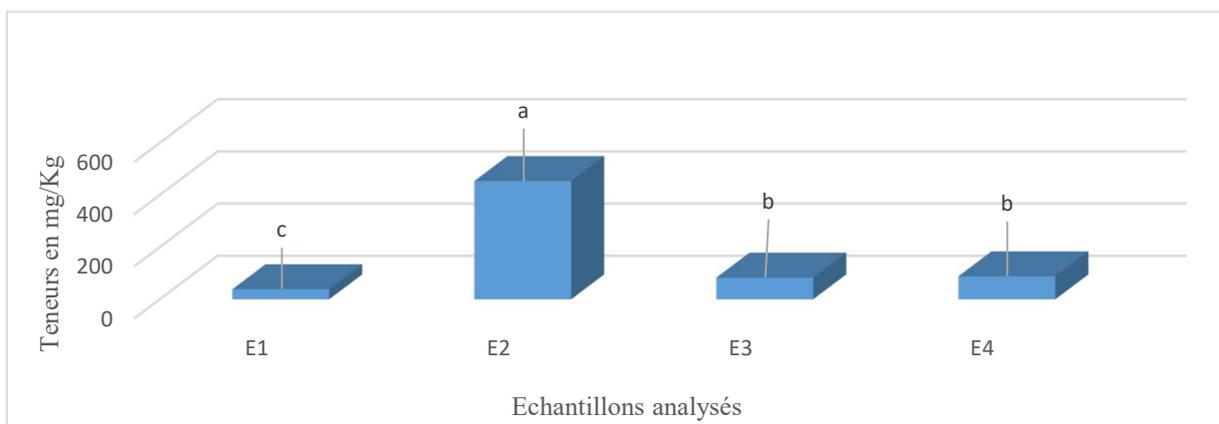


Figure 11 : Teneur en fer dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Fer de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $453,6 \pm 30,700$ mg/Kg contient plus de Fer. L'échantillon (E3) et (E4) dont les teneurs moyennes sont respectivement $83,21 \pm 28,57$ mg/Kg et $88,48 \pm 11,62$ mg/Kg, ne se différencient pas significativement, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $38,62 \pm 18,68$ mg/Kg.

Le Fer entre dans la composition de l'hémoglobine, de la myoglobine et de nombreux systèmes enzymatiques.

La carence d'apport en fer est très répandue chez les femmes enceintes. Il est pratiquement toujours proposé une supplémentation de 20 à 50 mg de fer pendant toute la grossesse.

Chez l'enfant en bas âge, on distingue différentes périodes qui correspondent à des besoins différents en fer. Immédiatement après la naissance le taux d'hémoglobine et l'érythropoïèse diminuent, la quantité de fer disponible est suffisante pour le nouveau-né. A partir de 4 mois, les stocks en fer de l'enfant sont dépendants de son alimentation C'est donc à partir seulement de cet âge que le risque de carence en fer apparaît. De plus la synthèse des globules rouges est alors beaucoup plus dépendante des apports en fer exogènes que chez l'adulte (30 % contre 5 %) (REYOMOND, 1993).

Il existe un troisième groupe de population pour lequel il existe un risque de carence en fer : les femmes en période d'activité génitale. Le besoin par jour en Fer est : Nourrisson 7 à 9 mg/j ; 1 à 12 ans 10 mg/j ; Adolescents 15 mg/j ; Homme 10 mg/j ; Femme enceinte 20 mg/j (SKALLI-PARIAT, 2016).

➤ Teneur en manganèse de différentes chenilles

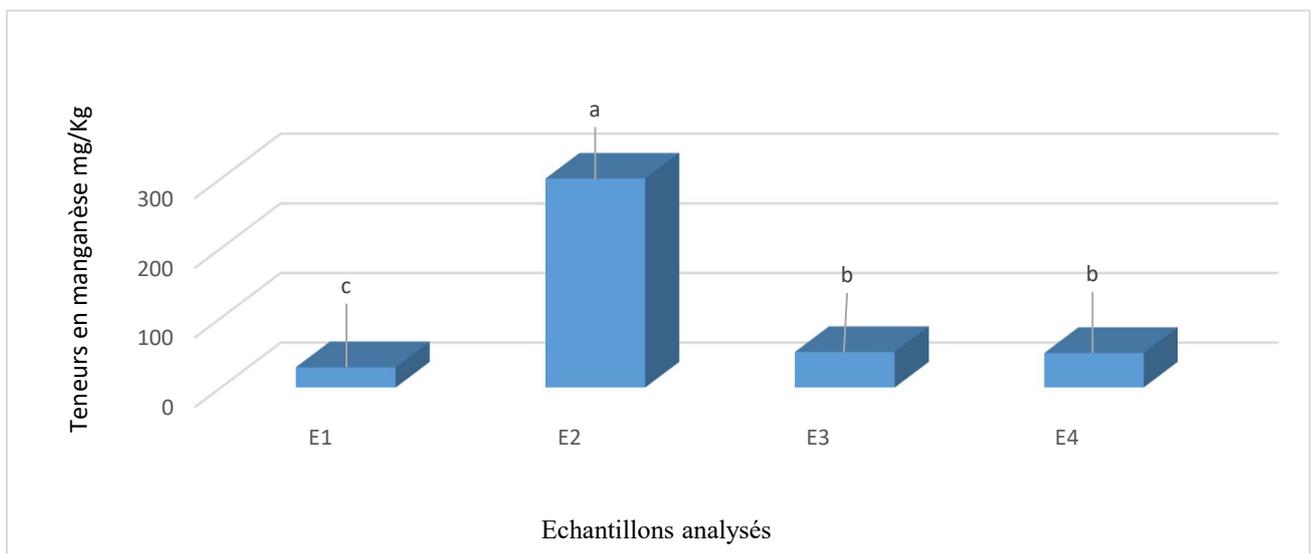


Figure 12 : Teneur en manganèse dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Manganèse de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $300,0 \pm 2,05$ mg/Kg contient plus de Manganèse. L'échantillon (E3) et (E4) dont les teneurs moyennes sont respectivement $51,08 \pm 1,11$ mg/Kg et $49,61 \pm 0,58$ mg/Kg, ne se différencient pas significativement, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $29,13 \pm 0,56$ mg/Kg.

Le manganèse active de nombreux systèmes enzymatiques dont les transférases impliquées dans la synthèse du collagène et de la matrice protéique de l'os. Un déficit en manganèse induit une perturbation de la synthèse du cholestérol.

Les risques de carence en manganèse sont très réduits. Il semble qu'il y ait également une géodépendance du taux de manganèse dans l'alimentation :

Les régions où le sol est pauvre en manganèse abritent une population avec un statut faible en cet oligo-élément (REYOMOND, 1993). Le Besoin par jour en Manganèse est de 8mg/jour. Teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 20216).

➤ Teneur en cuivre de différentes chenilles

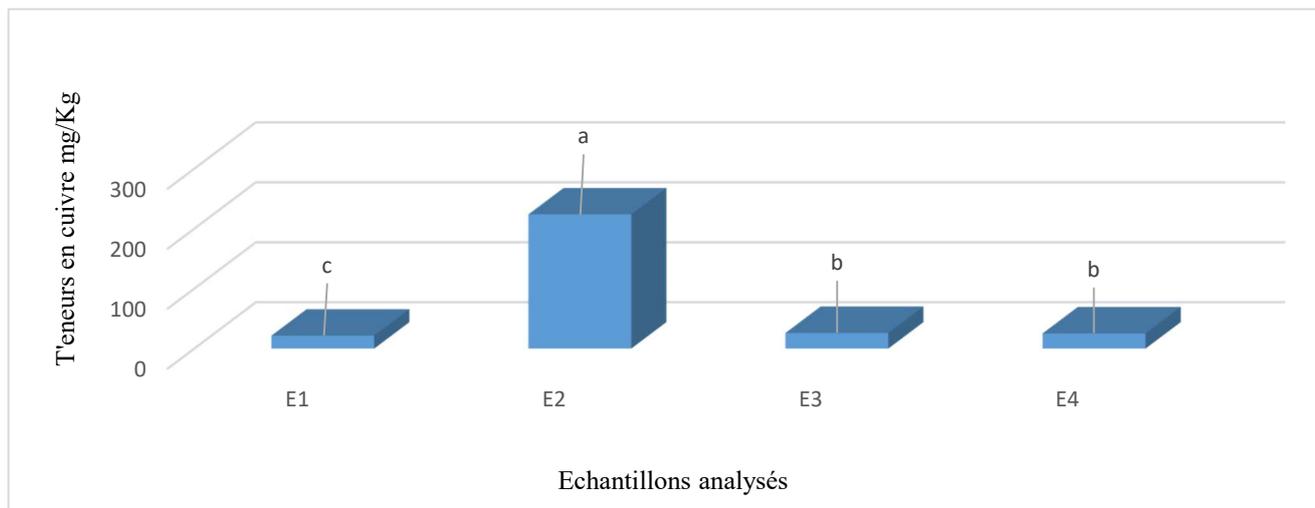


Figure 12 : Teneur en cuivre dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Cuivre de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $223,8 \pm 0,3000$ mg/Kg contient plus de Cuivre. L'échantillon (E3) et (E4) dont les teneurs moyennes sont respectivement $26,09 \pm 0,3500$ mg/Kg et $25,29 \pm 0,3900$ mg/Kg, ne se différencient pas significativement, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $21,50 \pm 1,4000$ mg/Kg.

Le cuivre est un oligo-élément essentiel qui joue un rôle vital dans divers métabolismes. On sait qu'il intervient notamment dans la qualité du cartilage, la minéralisation des os, la synthèse et la régulation des peptides des neurotransmetteurs, l'immunité et le métabolisme du fer. Le cuivre joue également un rôle important dans le métabolisme oxydatif du glucose et est donc essentiel pour le fonctionnement du myocarde. L'hypocuprémie est connue pour être responsable de la dysrégulation de la prolifération des cellules souches pluripotentes humaines et d'un obstacle à la différenciation cellulaire dans la moelle osseuse. Le cuivre est également un composant de nombreux systèmes enzymatiques tels que le cytochrome oxydase, la lysyl oxydase et la céruloplasmine, une enzyme du sang qui oxyde le fer (MUKEBA, 2021). Le Besoin par jour en Cuivre est de 2.5 mg/jour Teneur en mg/100g (SKALLI-PARIAT, 2016).

➤ Teneur en cobalt de différentes chenilles

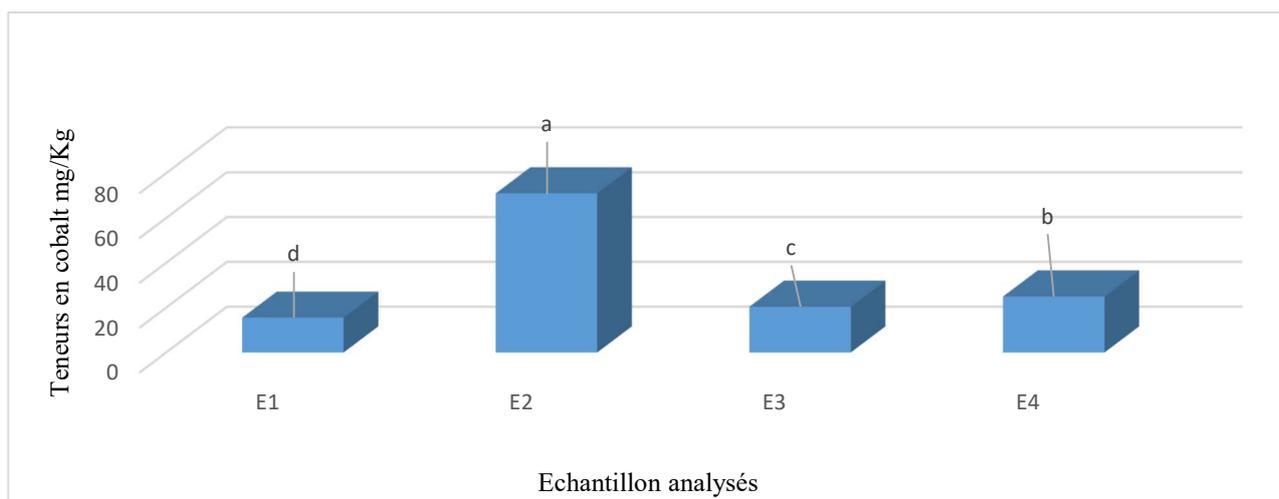


Figure 13 : Teneur en cobalt dans les quatre espèces de Chenilles

L'analyse de la variance indique une différence très significative entre les teneurs moyennes en Cobalt de différentes chenilles. Ainsi, l'échantillon (E2) dont la teneur moyenne est de $71,00 \pm 0,3100$ mg/Kg contient plus de Cobalt, suivi de l'échantillon (E4) avec une teneur moyenne de $24,95 \pm 0,2400$ mg/Kg, à près vient l'échantillon (E3) avec une teneur moyenne de $20,41 \pm 0,26$ mg/Kg, enfin l'échantillon (E1) avec une teneur moyenne de $15,53 \pm 0,4300$ mg/Kg.

Le cobalt entre dans la structure de la vitamine B12 ou cobalamine. Les activités du cobalt sont celles de la vitamine B12 dans la production de globules rouges et la régulation du fonctionnement de diverses enzymes. La carence en vitamine B12 (qui comporte du cobalt dans sa structure) se traduit par une anémie macrocytaire (des globules rouges trop gros). L'assimilation du cobalt augmenterait en cas de déficit en fer (susceptible d'entraîner une anémie, c'est-à-dire une diminution des globules rouges) (MUKEBA, 2021). Le besoin par jour en Cobalt est de $3 \mu\text{g}/\text{jour}$ (SKALLI-PARIAT, 2016).

3.2. Discussion

La présente étude relative au dosage des éléments minéraux dans les quatre espèces des Chenilles comestibles dont : *Imbrasia oyemensis* ROUGEOT, *Cirina forda* WESTWOOD, *Imbrasia epimethea* DRURY et *Elaphrodes lactea* GAEDB a montré la présence des éléments minéraux suivant : Ca, Na, Cu, Co, Se, Mg, Mn, K, Zn et Fe.

En tenant compte de l'apport nutritionnel en éléments minéraux qu'un aliment apporte dans l'organisme humain, on peut dire ce qui suit concernant nos résultats :

- Dans E1 et E4, les teneurs en Sodium se retrouvent à l'intervalle des teneurs prévues pour son besoin par jour qui est de 800 à 1600mg. Dans E2 et E3, les teneurs en Na sont très élevées. La consommation des chenilles d'*Imbrasia Oyemensis* ROUGEOT et *Imbrasia epimethea* DRURY peut occasionner le surdosage de la teneur en Na dans l'organisme dont les conséquences sont Hypertension artérielle, Œdèmes (SKALLI-PARIAT, 2016).
- De même dans E4, la teneur en Calcium se retrouve à l'intervalle des teneurs prévues pour son besoin par jour qui est de 800-1000 mg. Dans E1 et E3, les teneurs en Calcium sont inférieures par rapport à cet intervalle et dans E2, sa teneur est plus élevée. La consommation des chenilles E1 (*Cirina Forda* WESTWOOD) et E3 (*Imbrasia epimethea* DRURY) peuvent occasionner une carence en Calcium dans l'organisme provoquant les effets tels que : Rachitisme, ostéoporose, scaries, spasmophilies, crampes, tétanie, excitabilité des neurones, coagulation perturbée, ... Par contre la consommation de la chenille E2 (*Imbrasia Oyemensis* ROUGEOT) peut provoquer un surdosage de Calcium dans l'organisme qui aura comme effet : Perte d'appétit, vomissements, constipation, gastralgie, hyper calcifications. Son absorption peut ntraver celle du fer, du zinc et du magnésium (SKALLI-PARIAT, 2016).
- Dans E1, la teneur de K se retrouve à l'intervalle des teneurs prévues pour son besoin par jour qui est de 2 à 6g. Dans E2, E3 et E4, les teneurs en K est très élevées. La consommation des chenilles E2 (*Imbrasia Oyemensis* Rougeot), E3 (*Imbrasia epimethea* DRURY) et E4 (*Elaphrodes lactea* GAEDB) peuvent occasionner un surdosage en K dans l'organisme qui aura comme effet : Insuffisance rénale, Sortie massive des cellules (traumas, brûlures) (SKALLI-PARIAT, 2016).
- Les teneurs en Mg dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues dans l'intervalle de son besoin par jour qui est de 300-400mg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Mg dans l'organisme qui aura pour effet : La myasthénie, de bradycardie, de cystites (calculs avec le phosphore). Effet laxatif des sels de magnésium
- Les teneurs en Zn dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues dans l'intervalle de son besoin par jour qui est de 15 à 20mg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Zn dans l'organisme qui aura pour effet : Immunodépression et carence en cuivre au-delà de 150 mg/jour (SKALLI-PARIAT, 2016).
- Les teneurs en Cu dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues pour son besoin par jour qui est de 2,5mg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Cu dans l'organisme qui aura pour effet : Pro-oxydant, mutagène. Risque de cancers par déformation de la protéine p53 (prend la place du zinc). Hyperpigmentation, (les œstrogènes augmentent la cuprémie) (SKALLI-PARIAT, 2016).

- Les teneurs en Mn dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues pour son besoin par jour qui est de 8mg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Mn dans l'organisme qui aura pour effet : Pro-oxydant et mutagène en excès (SKALLI-PARIAT, 2016).
- Les teneurs en Se dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues dans l'intervalle de son besoin par jour qui est de 100 à 200µg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Se dans l'organisme qui aura pour effet : Ongles et cheveux cassants, irritation du cuir chevelu (SKALLI-PARIAT, 2016).
- Les teneurs en Co dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues pour son besoin par jour qui est de 3µg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Co dans l'organisme qui aura pour effet : Apparition d'anticorps anti-B12 si supplémentation très prolongée (SKALLI-PARIAT, 2016).
- Les teneurs en Fe dans tous les quatre échantillons sont élevées par rapport à celles prévues pour son besoin par jour qui est de 10mg. La consommation de ces quatre chenilles peuvent provoquer un surdosage en Fe dans l'organisme qui aura pour effet : Hémochromatose : taux de fer sup à 200ug/100ml. En excès, le fer est un pro-oxydant (SKALLI-PARIAT, 2016).

IV. CONCLUSION

L'objectif spécifique de notre étude était de doser les éléments minéraux se trouvant dans les quatre espèces des chenilles dont : *Imbrasia oyenensis* ROUGEOT, *Cirina forda* WESTWOOD, *Imbrasia epimethea* DRURY et *Elaphrodes lactea* GAEDB, afin de faire une comparaison entre leurs teneurs. Ainsi, l'étude a montré la présence des éléments minéraux ci-après : Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Fe, Se, Mn et Zn.

Souvent appelés simplement minéraux, ces éléments tirés de la terre sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme en participant à de très nombreuses réactions chimiques dans le corps humain.

Malgré leurs rôles essentiels dans le bon fonctionnement de l'organisme, les éléments minéraux présentent aussi les effets néfastes à l'organisme lorsqu'il y a carence ou un excès de leurs teneurs.

Sachant que la chenille est un aliment d'habitude pour la plupart des familles dans notre pays, à cause de sa teneur en protéines et lipide. Elle présente aussi une source importante en éléments minéraux. En tenant compte de la toxicité de ces éléments et en considérant la teneur journalière de chaque élément qu'un aliment peut apporter dans l'organisme, nous suggérons aux consommateurs de consommer pour leur alimentation la chenille *Cirina forda* WESTWOOD.

REFERENCES

- [1]. Diomande, M., Anouma, K., C., and Kan, K., (2017), Propriétés physicochimiques et fonctionnelles des farines de chenilles (*Imbrasia oyemensis*) et de poisson (*Thunnus albacares*)
- [2]. Picaud, C., (2017), Oligo-éléments : excès, carences et conseil officinal
- [3]. Lisingo-WA-Lisingo, J., M., (2007), Etude des chenilles comestibles et autres usages de leurs plantes hôtes dans les districts de Kisangani et de la Tshopo
- [4]. BOULLAUD, R., (2018), Les nouveaux comportements alimentaires. la consommation des insectes et des arachides, Thèse
- [5]. Mr. Mohamed Bouizamaoun, (2017), Oligothérapie du sujet âgé et conseil officinal, Thèse
- [6]. Diacono, E., (2007), Vitamines et éléments minéraux chez les camélidés et comparaison avec les autres ruminants
- [7]. Skalli-pariat, A., (2017), Formation en oligothérapie
- [8]. Mukeba, B., F., (2021), Etude phytochimique et Bioactivités de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poiret et *Zanthoxylum gillettii* (De wild) P.G. Waterman
- [9]. Skalli-pariat, A., (2016), Minéraux et Oligo-éléments : Indications et Propriétés
- [10]. Mlle Reymond, F., (1993), La Supplémentation des aliments par des minéraux : Intérêt nutritionnel.
- [11]. Geert De Poorter, (2014), Techniques d'analyse en laboratoire, version 2

- [12]. Balinga, M., P., Monzambe, P., M., Moussa Jean-Baptiste, N'gasse, G., (2004), Contribution des insectes du foret a la sécurité alimentaire : l'exemple des chenilles d'afrique centrale
- [13]. Masenga, M., C., (2019), Contribution à l'étude des métabolites secondaire des chenilles cas de : *Cirina forda* et *Imbrasia truncata*, Mémoire