

## ORIGINAL ARTICLE

# ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS ET OLIGOELEMENTS DANS LES EXTRAITS AQUEUX DE FEUILLES DE LANDOLPHIA MYRTIFOLIA PAR SPECTROMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE



Analysis of major and trace elements in aqueous extracts of *Landolphia myrtifolia* leaves by atomic absorption spectrometry

| RASOLOZAFY Daniel <sup>1,2\*</sup> | RAZAFINDRAPATA Augustin <sup>2</sup> | BEJOMA Jean Rosny <sup>2</sup> | NGOKO Fidolin<sup>1</sup> | MAMIZARA Michéa<sup>1</sup> | RASOAZANANY Elise Octavie <sup>3,4</sup> | RAKOTOZAFY Lucienne Randriamanivo <sup>4</sup> | et | ASIMANANA Frédéric <sup>1</sup> |

<sup>1</sup> Université d'Antsiranana | Faculté des sciences | Mention Physique | Laboratoires nucléaire Appliquée | Diégo Suarez | Madagascar |

<sup>2</sup> Université d'Antsiranana | Institut universitaire des sciences de l'environnement et de la société | Génie de l'Eau et Environnement | Diégo Suarez | Madagascar |

<sup>3</sup> Université d'Antananarivo | Faculté des sciences | Laboratoire de Physiques Nucléaire et Physique de l'Environnement | Antananarivo | Madagascar |

<sup>4</sup> Université d'Antananarivo | Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires | Laboratoire Technique de la Fluorescence X et Environnement | Antananarivo | Madagascar |

| DOI: 10.5281/zenodo.15534397 | | Received May 15, 2025 | | Accepted May 29, 2025 | | Published June 01, 2025 | | ID Article | Daniel-Ref14-5-20ajira250525 |

## RÉSUMÉ

**Contexte** : Une tisane est une préparation à base de plante ou mélange de plante, le plus souvent desséchés, par infusion, décoction ou macération de l'eau. **Objectifs** : L'objectif général de cette étude est de déterminer les éléments minéraux contenu dans les feuilles du *Landolphia myrtifolia* utilisée en infusion utilisée durant la maladie cardiaque dans le Nord Madagascar. **Méthodes** : Notre étude s'est déroulée dans le département de la fluorescence X et l'environnement. La méthode utilisée est Spectrométrie d'Absorption Atomique. Les échantillons ont été prélevés dans la région SAVA, plus précisément dans le district d'Antalaha et Sam bava. L'analyse a été réalisée au Laboratoire INSTN à Antananarivo, Madagascar. **Résultats** : Les échantillons utilisés en infusion sur la méthode Spectrométrie d'Absorption Atomique contiennent aussi d'élément toxique comme le nickel ; des éléments indésirables comme : le Cuivre, Fer, Cobalt, Manganèse et le Zinc. **Conclusion** : La concentration des éléments trouvés dans l'infusion de cette plante a été inférieur aux quantités ingérées par les populations qui atteint la crise cardiaque selon la norme imposée par les entités compétentes. **Mots-clés** : Tisane, crise cardiaque, AAS, infusion.

## ABSTARCT

**Background**: A herbal tea is a preparation based on plants or plant mixtures, most often dried, by infusion, decoction or maceration in water. **Objectives**: The general objective of this study is to determine the mineral elements contained in the leaves of *Landolphia myrtifolia* used in infusion during cardiac disease in Northern Madagascar. **Methods**: Our study was conducted in the X-ray fluorescence and environment department. The method used is Atomic Absorption Spectrometry. Samples were collected in the SAVA region, specifically in the districts of Antalaha and Sambava. The analysis was performed at the INSTN Laboratory in Antananarivo, Madagascar. **Results**: The samples used in infusion analyzed by Atomic Absorption Spectrometry method contain toxic elements such as nickel; undesirable elements such as: Copper, Iron, Cobalt, Manganese and Zinc. **Conclusion**: The concentration of elements found in the infusion of this plant was lower than the quantities ingested by populations who experience cardiac crisis according to the standards imposed by competent entities.

**Keywords**: Herbal tea, cardiac crisis, AAS, infusion.

## 1. INTRODUCTION

A Madagascar, les causes de mortalité sont le plus souvent dues à des maladies infectieuses. La médecine traditionnelle, dans ses différentes pratiques, est incontournable pour une large partie de la population. La notion de médecine traditionnelle évoque des systèmes thérapeutiques et de diagnostics qui se différencient de la médecine moderne [1]. La médecine traditionnelle fait appel à des remèdes naturels dont les préparations sont élaborées à des fins médicinales à partir de produits naturels [2]. Ces préparations sont généralement confectionnées à partir de plantes entières, d'une association de plusieurs plantes ou d'une partie de la plante : racine, écorce, bois, tige, feuilles, fleurs, fruit, graines, suc, huile essentielle et autres. Ce sont des traitements naturels abordables, car un grand nombre de plantes utilisées en phytothérapie poussent spontanément dans nos contrées. Nous abordons ici le cas du *Landolphia myrtifolia* dans le District d'Antalaha. Selon la tradition, les médecins traditionnels de la région prescrivent le *Landolphia myrtifolia* à leurs patients pour le traitement des maladies telle la fièvre, le paludisme, la nausée, l'hypertension artérielle. Pour ce faire, la prescription établie consiste à préparer une tisane à l'aide des feuilles et tiges du *Landolphia myrtifolia*.

La persistance de la pauvreté à Madagascar, la précarité des voies de communication et la difficulté à instaurer des Centres de Santé de Base (CSB) dans chaque ville et village conduisent à une difficulté d'accès aux soins médicaux. La médecine traditionnelle malgache, disponible et abordable, constitue une ressource appréciable pour combler les lacunes. Etant donné que le *Landolphia myrtifolia* est utilisé en phytothérapie dans le District d'Antalaha, sa prise en infusion ne met-elle pas en danger celui qui en boit ? La marge entre l'activité et la toxicité est-elle faible pour donner lieu à une application thérapeutique ? Objectifs de recherche est de déterminer les teneurs en éléments minéraux et métaux toxiques contenus dans la plante *Landolphia myrtifolia* au moyen d'Absorption Atomique afin de contribuer à l'évaluation des pratiques médicales mises en jeu, en particulier sur l'innocuité et la qualité du *Landolphia myrtifolia* utilisé à des fins médicinales.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 Collecte des échantillons

Douze échantillons de feuilles fraîches de *Landolphia myrtifolia* ont été collectés du 1er au 8 novembre 2023 dans la région SAVA de Madagascar, répartis sur deux sites géographiquement distincts : ANTALAHA et SAMBAVA. Les coordonnées géographiques du point de prélèvement principal sont : 14°90'07" Sud et 50°26'50" Est. Les échantillons ont été transportés au laboratoire de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (Madagascar-INSTN) d'Antananarivo pour les analyses qualitatives et quantitatives.

### 2.2 Préparation des infusions

La préparation des échantillons a été réalisée le 6 décembre 2023 selon un protocole standardisé reproduisant les méthodes traditionnelles de préparation des tisanes locales. Les feuilles fraîches ont été portées à ébullition dans 1 litre d'eau distillée à 100°C pendant 30 minutes (de 17h11 à 17h41). Cette méthode d'extraction par décoction simule les conditions d'usage traditionnel par les populations de la région SAVA. Les infusions obtenues ont été filtrées et conservées à 4°C jusqu'à l'analyse (Figure 1).



Figure 1 : Infusion obtenus

### 2.3 Analyse par spectrométrie d'absorption atomique

L'analyse des éléments traces a été effectuée par spectrométrie d'absorption atomique avec four graphite (GF-AAS) utilisant un spectromètre Varian SpectrAA. Pour chaque série d'analyse, 5 mL d'échantillon ont été préparés dans des cuves en polyéthylène préalablement décontaminées.

Le protocole analytique comprenait :

- Échantillons blancs (positions 1-2 de l'échantillonneur)
- Matériaux de référence certifiés (positions 3-4)
- Échantillons d'infusion (positions 5-6)

Quatre lampes à cathode creuse ont été utilisées simultanément pour l'analyse multi-élémentaire. L'optimisation des paramètres instrumentaux (température de pyrolyse, température d'atomisation, temps de purge) a été réalisée pour chaque élément analysé. La programmation et l'acquisition des données ont été effectuées via le logiciel Varian SpectrAA, avec analyse qualitative préalable suivie de la quantification (Figures 1 et 2). Les éléments analysés incluaient le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), le fer (Fe), le cobalt (Co), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Les résultats sont exprimés en µg/L avec leurs écarts-types calculés sur trois répliques analytiques.

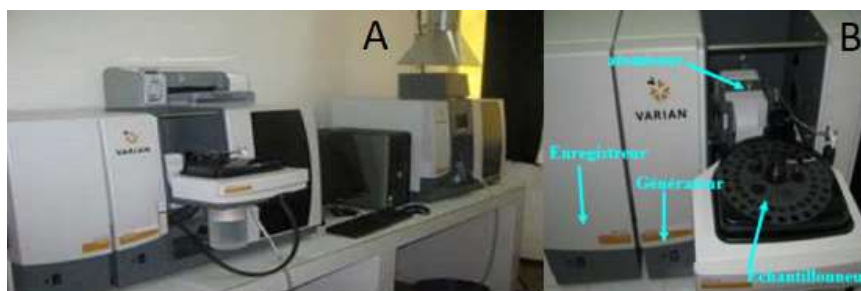


Figure 2: Chaîne de Spectrométrie d'absorption atomique (A) et Échantillonneurs sur Four graphique (B).

### 3. RÉSULTATS

Le tableau ci-dessous montre la composition minérale de douze échantillons d'infusions analysés par spectrométrie d'absorption atomique.

#### Cuivre (Cu)

La concentration en cuivre n'a été détectée que dans l'échantillon Ech1 ( $10,95 \pm 0,31 \mu\text{g/L}$ ), tandis que les onze autres échantillons présentent des valeurs inférieures à la limite de détection (<LD). Cette distribution hétérogène suggère une variabilité inter-échantillons importante pour cet élément.

#### Manganèse (Mn)

Le manganèse présente la plus forte variabilité inter-échantillons avec des concentrations s'échelonnant de  $581,55 \pm 0,21 \mu\text{g/L}$  (Ech1) à  $2523,55 \pm 0,35 \mu\text{g/L}$  (Ech7). Les échantillons peuvent être classés en deux groupes : un groupe à faible teneur (Ech1, Ech3, Ech5, Ech9, Ech12) avec des concentrations comprises entre 580-1330  $\mu\text{g/L}$ , et un groupe à forte teneur (Ech2, Ech4, Ech6, Ech7, Ech8, Ech10, Ech11) présentant des valeurs supérieures à 1900  $\mu\text{g/L}$ .

#### Fer (Fe)

Les concentrations en fer varient de  $246,67 \pm 3,30 \mu\text{g/L}$  (Ech11) à  $450,08 \pm 1,12 \mu\text{g/L}$  (Ech12), montrant une distribution relativement homogène comparativement aux autres éléments analysés. La moyenne des concentrations se situe autour de 340  $\mu\text{g/L}$ .

#### Cobalt (Co)

Le cobalt n'a été quantifié que dans deux échantillons : Ech4 ( $13,94 \pm 0,91 \mu\text{g/L}$ ) et Ech8 ( $13,46 \pm 0,31 \mu\text{g/L}$ ), avec des concentrations similaires. Les dix autres échantillons présentent des valeurs inférieures à la limite de détection.

#### Nickel (Ni)

Seul l'échantillon Ech5 présente une concentration détectable en nickel ( $26,98 \pm 0,88 \mu\text{g/L}$ ), tous les autres échantillons étant sous la limite de détection.

#### Zinc (Zn)

Les concentrations en zinc oscillent entre  $22,62 \pm 0,85 \mu\text{g/L}$  (Ech11) et  $91,73 \pm 0,45 \mu\text{g/L}$  (Ech2). L'échantillon Ech2 se distingue par une teneur exceptionnellement élevée, représentant plus du double de la concentration la plus proche (Ech6 :  $49,54 \pm 2,37 \mu\text{g/L}$ ).

Les écarts-types relativement faibles ( $< 4 \mu\text{g/L}$ ) témoignent d'une bonne reproductibilité analytique. La forte variabilité inter-échantillons observée, particulièrement pour le manganèse et le zinc, pourrait être attribuée à des facteurs géographiques, saisonniers ou méthodologiques lors de la collecte et de la préparation des échantillons. Ren outre, nos résultats montrent que les infusions sont composées de Nickel qui est un élément toxique à faible concentration mais celui de Ech 4 est supérieur à celui Ech 8. Elles sont aussi composées de Fer qui est un élément nutritif à une concentration très élevée. Parmi les éléments indésirables trouvés dans l'infusion, le manganèse possède une concentration le plus élevée qui est de  $2523,55 \pm 0,35 \mu\text{g/L}$  pour Ech 7 et  $2331,78 \pm 0,97 \mu\text{g/L}$  pour Ech 6. Durant l'analyse, on a trouvé d'autres éléments comme : la Chrome et l'arsenic mais leur valeur a été inférieure à la limite de détection c'est la raison pour laquelle ils ne sont pas marqués dans le tableau.

**Tableau 1:** La composition minérale de douze échantillons d'infusions analysés par spectrométrie d'absorption atomique.

| Elements | Concentration (Moyen $\pm$ écart type) |                    |                   |                  |                  |                  |
|----------|----------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Cuivre (ug/L)                          | Manganèse (ug/L)   | Fer (ug/L)        | Cobalt (ug/L)    | Nickel (ug/L)    | Zinc (ug/L)      |
| Ech1     | $10,95 \pm 0,31$                       | $581,55 \pm 0,21$  | $402,31 \pm 0,56$ | <LD              | <LD              | $35,64 \pm 0,38$ |
| Ech2     | <LD                                    | $2212,14 \pm 0,35$ | $378,11 \pm 0,69$ | <LD              | <LD              | $91,73 \pm 0,45$ |
| Ech3     | <LD                                    | $803,75 \pm 0,12$  | $438,19 \pm 0,25$ | <LD              | <LD              | $40,73 \pm 0,72$ |
| Ech4     | <LD                                    | $2285,52 \pm 0,11$ | $324,76 \pm 0,79$ | $13,94 \pm 0,91$ | <LD              | $30,33 \pm 0,66$ |
| Ech5     | <LD                                    | $1029,83 \pm 0,69$ | $297,77 \pm 0,26$ | <LD              | $26,98 \pm 0,88$ | $32,84 \pm 0,50$ |
| Ech6     | <LD                                    | $2331,78 \pm 0,97$ | $319,31 \pm 0,22$ | <LD              | <LD              | $49,54 \pm 2,37$ |
| Ech7     | <LD                                    | $2523,55 \pm 0,35$ | $382,56 \pm 0,20$ | <LD              | <LD              | $49,99 \pm 3,01$ |
| Ech8     | <LD                                    | $2103,70 \pm 1,31$ | $306,56 \pm 0,77$ | $13,46 \pm 0,31$ | <LD              | $40,02 \pm 0,14$ |
| Ech9     | <LD                                    | $1328,74 \pm 3,65$ | $315,94 \pm 0,90$ | <LD              | <LD              | $26,76 \pm 0,20$ |
| Ech10    | <LD                                    | $2163,56 \pm 0,91$ | $320,14 \pm 2,87$ | <LD              | <LD              | $37,32 \pm 0,31$ |
| Ech11    | <LD                                    | $1933,64 \pm 0,99$ | $246,67 \pm 3,30$ | <LD              | <LD              | $22,62 \pm 0,85$ |
| Ech12    | <LD                                    | $951,84 \pm 0,33$  | $450,08 \pm 1,12$ | <LD              | <LD              | $29,97 \pm 2,71$ |

## 4. DISCUSSION

L'analyse par spectrométrie d'absorption atomique des infusions de feuilles de *Landolphia myrtifolia* révèle une composition variée en éléments traces, avec des concentrations variables selon les échantillons. Cette variabilité peut être attribuée à des facteurs géographiques, saisonniers, ou aux conditions de sol dans les sites de collecte de la région SAVA de Madagascar.

### - **Cuivre**

Le cuivre n'a été détecté que dans un seul échantillon (Ech1 :  $10,95 \pm 0,31$  µg/L), les autres présentant des concentrations inférieures à la limite de détection. Le cuivre est un oligoélément essentiel jouant un rôle crucial dans la synthèse du collagène, le métabolisme énergétique, et la fonction antioxydante [6]. L'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) a établi un apport adéquat de 1,5 mg/jour pour les femmes enceintes et allaitantes (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, 2015). La dose journalière acceptable a été récemment révisée à 0,07 mg/kg de poids corporel [9]. Les concentrations observées dans nos échantillons sont largement inférieures aux seuils de toxicité établis.

### - **Manganèse**

Le manganèse présente la plus forte variabilité inter-échantillons (581,55 à 2523,55 µg/L). Cet élément est essentiel pour le métabolisme des macronutriments, la formation osseuse et les systèmes de défense contre les radicaux [4]. L'EFSA recommande un apport adéquat de 3 mg/jour pour les adultes, incluant les femmes enceintes et allaitantes (EFSA, 2013). Bien qu'aucune limite supérieure tolérable n'ait pu être établie par l'EFSA en raison de données insuffisantes [8], les concentrations observées restent dans des gammes acceptables pour la consommation humaine.

### - **Fer**

Les concentrations en fer varient de 246,67 à 450,08 µg/L, montrant une distribution relativement homogène. Le fer est indispensable au transport de l'oxygène via l'hémoglobine et au métabolisme énergétique cellulaire [7]. L'EFSA recommande un apport de référence de 16 mg/jour pour les femmes en âge de procréer et maintient cette recommandation pendant la grossesse et l'allaitement [7]. Les concentrations observées contribuent modestement aux apports quotidiens recommandés.

### - **Zinc**

Les concentrations en zinc oscillent entre 22,62 et 91,73 µg/L, avec une variation notable entre échantillons. Le zinc est impliqué dans plus de 200 réactions enzymatiques et joue un rôle crucial dans la fonction immunitaire, la croissance, et la cicatrisation [5]. L'EFSA a établi des apports de référence variables selon le niveau de phytates dans l'alimentation, allant de 7,5 à 12,7 mg/jour pour les femmes et de 9,4 à 16,3 mg/jour pour les hommes (EFSA, 2014). La limite supérieure tolérable est fixée à 25 mg/jour selon l'EFSA.

### - **Cobalt**

Le cobalt n'a été quantifié que dans deux échantillons (Ech4 et Ech8) avec des concentrations similaires ( $\approx 14$  µg/L). Le cobalt est exclusivement connu pour son rôle biologique en tant que composant central de la vitamine B12 (cyanocobalamine), essentielle à la formation des globules rouges et au fonctionnement neurologique [11]. Aucun apport nutritionnel conseillé spécifique n'a été établi pour le cobalt seul, les besoins étant couverts par l'apport en vitamine B12. Les études de toxicité indiquent que des effets adverses sont peu probables en dessous de concentrations sanguines de 300 µg/L [12].

### - **Nickel**

Seul l'échantillon Ech5 présente une concentration détectable en nickel ( $26,98 \pm 0,88$  µg/L). Le nickel peut être toxique à des concentrations élevées, causant des réactions allergiques, des problèmes respiratoires et, dans des cas d'exposition chronique élevée, des effets carcinogènes [10]. L'Organisation Mondiale de la Santé recommande une limite de 0,005 mg/kg de poids corporel par jour pour éviter les effets toxiques. La concentration observée reste très faible et ne présente pas de risque sanitaire significatif.

## 5. CONCLUSION

Cette étude a porté sur l'analyse de douze échantillons de feuilles de *Landolphia myrtifolia*, une plante traditionnellement utilisée en infusion par les populations du Nord de Madagascar lors de crises cardiaques. La spectroscopie d'absorption atomique a permis de quantifier les éléments chimiques présents dans les infusions préparées à partir de ces échantillons.

Les résultats révèlent la présence de six éléments minéraux dans les infusions : le manganèse (Mn), le fer (Fe), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Les concentrations mesurées dans les infusions, qu'elles soient préparées à partir de feuilles fraîches ou séchées, sont supérieures aux valeurs détectées par la méthode AAS seule. Parmi ces éléments, seul le fer présente un intérêt nutritionnel significatif dans les concentrations observées.

L'analyse toxicologique montre que les quantités d'éléments potentiellement toxiques contenus dans les infusions

restent inférieures aux seuils recommandés, y compris pour les femmes enceintes. Les profils variables en éléments traces observés reflètent probablement les conditions environnementales locales de croissance des plantes. Toutes les concentrations mesurées demeurent dans des gammes compatibles avec la sécurité alimentaire selon les recommandations internationales actuelles.

Cependant, une consommation excessive et prolongée pourrait potentiellement engendrer des troubles de santé en raison de l'accumulation d'éléments toxiques. Il est donc recommandé aux populations d'adopter une approche prudente en consultant des professionnels de santé pour obtenir les soins appropriés, tout en respectant les posologies traditionnelles lors de la consommation de ces infusions.

Cette étude contribue à la caractérisation nutritionnelle et sécuritaire de *Landolphia myrtifolia*, apportant des données scientifiques pour l'évaluation de cette pratique thérapeutique traditionnelle Malagasy.

**Reconnaissance :** Mes remerciements les plus chaleureux sont pour mes collègues Dr. BEJOMA Jean Rosny et Dr. RAZAFINDRAPATA Augustin qui m'ont aidé, soutenu et encouragé.

## 6. REFERENCES

- [1]. Cowie MR, Mosterd A, Wood DA, Deckers JW, Poole-Wilson PA, Sutton GC, et al. The epidemiology of heart failure. *Eur Heart J*. 1997;18(2):208-225.
- [2]. Rafamatanantsoa JF, Mandrosovololona V, Andriamifidison NZR, Razanadrasara J, Rakotomanga JDM. Tendances de la mortalité par les maladies cardiovasculaires au Centre Hospitalier Universitaire Joseph Raseta Befelatanana Antananarivo, Madagascar. *Ann Afr Med*. 2018;12(1):3113-3121.
- [3]. Département de génie civil Université Laval. Gestion des déchets dangereux GCI-63617 LABORATOIRE – Description des appareils et procédures. 2005.
- [4]. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for manganese. *EFSA Journal*. 2013;11(11):3419. doi: 10.2903/j.efsa.2013.3419
- [5]. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. *EFSA Journal*. 2014;12(10):3844. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3844
- [6]. European Food Safety Authority. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for copper. *EFSA Journal*. 2015;13(10):4253. doi: 10.2903/j.efsa.2015.4253
- [7]. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iron. *EFSA Journal*. 2015;13(10):4254. doi: 10.2903/j.efsa.2015.4254
- [8]. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens. Scientific opinion on the tolerable upper intake level for manganese. *EFSA Journal*. 2023;21(12):8413. doi: 10.2903/j.efsa.2023.8413
- [9]. EFSA Scientific Committee. Re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. *EFSA Journal*. 2023;21(1):7728. doi: 10.2903/j.efsa.2023.7728
- [10]. Genchi G, Carocci A, Lauria G, Sinicropi MS, Catalano A. Nickel: Human health and environmental toxicology. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(3):679.
- [11]. Paustenbach DJ, Tvermoes BE, Unice KM, Finley BL, Kerger BD. A review of the health hazards posed by cobalt. *Crit Rev Toxicol*. 2013;43(4):316-362.
- [12]. Tvermoes BE, Finley BL, Unice KM, Otani JM, Paustenbach DJ, Galbraith DA. Cobalt toxicity in humans—A review of the potential sources and systemic health effects. *Toxicology*. 2017;387:43-64.



**How to cite this article:** RASOLOZAFY Daniel, RAZAFINDRAPATA Augustin, BEJOMA Jean Rosny, NGOKO Fidolin, MAMIZARA Michéa, RASOAZANANY Elise Octavie, RAKOTOZAFY Lucienne Randriamanivo, ASIMANANA Frédéric . **ANALYSE DES ELEMENTS MAJEURS ET OLIGOELEMENTS DANS LES EXTRAITS AQUEUX DE FEUILLES DE LANDOLPHIA MYRTIFOLIA PAR SPECTROMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE.** *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2025; 20(6): 11-15. DOI: 10.5281/ZENODO.15534397

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>