

CARACTERISATION DES ELEMENTS MAJEURS ET EN TRACES DANS LA PLANTE APHLOIA THEAEFORMIS DANS CINQ DISTRICTS DANS LA REGION DIANA PAR LA TECHNIQUE D'ANALYSE FLUORESCENCE X A ENERGIE DISPERSIVE



| Augustin Razafindrapata ^{1*} | et | Hery Tiana Rakotondramanana ² |

¹ Université d'Antsiranana | Département de physique | Laboratoire de Métrologie Nucléaire et Environnement | Diégo Suarez | Madagascar | |
² Université d'Antananarivo | Département de physique | Laboratoire Laboratoire de Physiques Nucléaire et Physique de l'Environnement | Antananarivo | Madagascar |

| Received April 14, 2022 |

| Accepted April 21, 2022 |

| Published April 28, 2022 |

| ID Article | Augustin-Ref01-ajira140422 |

RESUME

Introduction : A Madagascar, environ 3000 espèces des plantes ont été recensées comme ayant des vertus médicinales. Les femmes dans la région DIANA utilisent et consomment beaucoup d'*Aphloia theaeformis* pendant la gestation. **Objectif :** Le présent travail porte sur la détermination des éléments qui constituent d'*Aphloia theaeformis* ainsi que pour étudier les effets sur la santé materno-fœtale. **Méthodes :** Les échantillons sont collectés dans quatre (04) districts dans la région DIANA au Nord qui sont district d'ANIVORANO Nord, district d'AMBANJA, district d'AMBILOBE et le district de NOSY BE HELL Ville. Les échantillons ont été analysés par la méthode de fluorescence X à énergie dispersive (ED-XRF) marque « Amptek EXP-2 » au Laboratoire de Physiques Nucléaire et Physique de l'Environnement (LPNPE) de l'Université d'Antananarivo, Madagascar. FastSDD est le type de détecteur utilisé ayant une résolution énergétique de 130 eV FWHM avec temps de points à 4 µs, l'épaisseur du silicium est 50µm et le collimateur multicouche intérieure a une dimension 17 mm² à 25 mm². L'étalonnage est basé sur le calcul des sensibilités ou des coefficients théoriques des éléments contenus dans l'étalon préparé à partir des standards oxydes. Le contrôle qualité de la méthode a montré qu'il y a une corrélation positive entre les valeurs mesurées au LPNPE et celles concentrations théoriques des éléments d'intérêts avec une droite de régression avec un coefficient de détermination de l'ordre 0,9984. **Résultats :** Les résultats d'analyses ont montré que l'*Aphloia theaeformis* contient les éléments toxiques comme le Plomb (Pb), le Brome (Br) et le Nickel (Ni) tandis que les éléments nutritifs sont composés du Calcium (Ca), le Potassium (K), le Phosphore (P) qui sont indispensables à la croissance du développement du fœtus. Ainsi, la présence des éléments indésirables comme le Fer (Fe), le Zinc (Zn), le Cuivre (Cu), le Vanadium (V) et le Titane (Ti) qui sont des éléments indispensables à la vie quotidienne. **Conclusion :** La plante utilisée durant la grossesse renferme plus des éléments nutritifs que des éléments toxiques. Il est préférable pour les femmes enceintes de faire des bonnes consultations prénatales (CPN) pour avoir des soins qui lui sont nécessaires durant la grossesse.

Mots clés : *Aphloia theaeformis*, EDXRF, éléments minéraux, grossesses, Région DIANA-Madagascar.

ABSTRACT

Introduction: In Madagascar, about 3000 species of plants have been recorded as having medicinal virtues. Women in the DIANA region use and consume a lot of *Aphloia theaeformis* during gestation. **Objective:** The present work focuses on the determination of the elements that constitute *Aphloia theaeformis* as well as to study the effects on maternal-fetal health. **Methods:** The samples are collected in four (04) districts in the DIANA region in the North which are district of ANIVORANO Nord, district of AMBANJA, district of AMBILOBE and district of NOSY BE HELL Ville. The samples were analyzed by the energy dispersive X-ray fluorescence (ED-XRF) method branded "Amptek EXP-2" at the Laboratoire de Physiques Nucléaire et Physique de l'Environnement (LPNPE) of the University of Antananarivo, Madagascar. FastSDD is the type of detector used having an energy resolution of 130 eV FWHM with dot time at 4 µs, the silicon thickness is 50µm and the inner multilayer collimator has a dimension 17 mm² to 25 mm². The calibration is based on the calculation of sensitivities or theoretical coefficients of the elements contained in the standard prepared from the oxide standards. The quality control of the method showed that there is a positive correlation between the values measured at the LPNPE and the theoretical concentrations of the elements of interest with a regression line with a coefficient of determination of the order 0.9984. **Results:** The results of analysis showed that *Aphloia theaeformis* contains toxic elements such as Lead (Pb), Bromine (Br) and Nickel (Ni) while the nutritive elements are composed of Calcium (Ca), Potassium (K), Phosphorus (P) which are essential to the growth of the development of the fetus. Thus, the presence of undesirable elements such as Iron (Fe), Zinc (Zn), Copper (Cu), Vanadium (V) and Titanium (Ti) which are essential elements for daily life. **Conclusion:** The plant used during pregnancy contains more nutritive elements than toxic elements. It is preferable for pregnant women to make good prenatal consultations (ANC) to have the necessary care during pregnancy.

Key words: *Aphloia theaeformis*, EDXRF, mineral elements, pregnancies, DIANA-Madagascar Region.

1. INTRODUCTION

L'état de santé du fœtus dépend du comportement de la mère, que ce soit au niveau d'hygiène ou alimentaire. *Aphloia theaeformis* est connue sous le nom de « Ravimbàfotsy » dans quelques régions de Madagascar, il appartient à la famille des Aphloiacées. Endémique des Mascareignes, cet arbuste peut atteindre une dizaine de mètre de hauteur. Ses rameaux grêles et rougeâtres à l'état jeune portent des feuilles dentelées dans leur moitié supérieure [1, 4]. Son écorce rougeâtre se détache par plaques, ses fleurs blanches laissent la place à des baies blanches. Elle pousse généralement dans les forêts humides, au bord des chemins ou en lisière de forêt [20]. Elle possède des caractéristiques biologiques comme suit :

- Embranchement: Spermatophytes,

- Division: Angiospermes,
 - Classe: Dicotylédones,
 - Ordre: Ericales [19],
 - Famille: Aphloiaceae,
 - Genre: Aphloia,
 - Espèce: Theaeformis,
 - Nom Scientifique: « *Aphloia theaeformis* »,
 - Noms vernaculaires : Ravimbàfotsy, Dite, Fandamany, Fandramanana, Maramanana, Voafotsy, Ravimbafotsy.
- [17] La figure 1 illustre la plante *Aphloia theaeformis*.



Figure 1 : *Aphloia theaeformis*.

Selon les enquêtes menées auprès des accoucheuses traditionnelles, les plantes qu'elles donnent aux femmes enceintes sont pour traiter des maladies telles qu'hypertension artérielle, diurétique, œdème, en procurant aussi de l'énergie au fœtus pour faciliter la descente et l'expulsion, mais aussi pour faciliter la dilatation du col utérine. Parmi les plantes que les accoucheuses traditionnelles prescrivent à ces femmes, l'*Aphloia theaeformis* est souvent utilisé dans la partie nord de Madagascar. Par contre, elles ne connaissent pas les éléments minéraux constitutifs de cette plante d'une part et leurs effets sur la santé, d'autre part. Par conséquent, ce présent travail a pour objectif de doser les éléments qui constituent cette plante ainsi que pour étudier les effets sur la santé materno-fœtale. La spectrométrie de fluorescence X à énergie dispersive est une technique d'analyse permettant de déterminer la teneur des éléments analysés dans les différentes parties de la plante en particulier les feuilles, les tiges et les racines.

2. MATERIELS ET METHODES

La stratégie d'échantillonnage est basée sur la méthode probabiliste. Elle est reposée sur l'échantillonnage aléatoire simple. Les échantillons sont colletés dans quatre (04) districts de la région DIANA au Nord de Madagascar qui sont le district d'ANIVORANO Nord, le district d'AMBANJA, le district d'AMBILOBE et le district de NOSY BE HELL Ville.

2.1 Préparation des échantillons

En général, la préparation de l'échantillon consiste à transformer les échantillons solides en poudre. Le but de cette transformation est d'obtenir un échantillon homogène et d'éliminer les effets granulométriques [10]. Les échantillons sont séchés à la température de 450°C pendant 30 minutes dans un four pour détruire la matière organique afin d'éliminer l'effet de matrice de l'échantillon [9]. Chaque échantillon est ensuite broyé à l'aide d'un mortier et pilon en agate afin d'obtenir des grains très fins dont la taille est inférieure ou égale à 50µm [7]. Après broyage, l'échantillon est tamisé en utilisant un tamis avec une porosité 50µm. Enfin, l'échantillon est placé dans un porte échantillon étiqueté puis quatre grammes (04 g) est mesuré directement par la spectrométrie X [8].

2.2 Equation

En pratique, on analyse généralement l'échantillon épais avec la fluorescence X à énergie dispersive à excitation directe du fait que le rayonnement incident absorbé par l'échantillon est maximal et peut entraîner l'émission des raies caractéristiques optimales des éléments excités dans l'échantillon analysé. L'équation est donnée sous forme de :

$$I_i = S_i \frac{(\rho d)_i}{(\rho d)a_i} \quad (1)$$

Avec :

- $(\rho d)_i$: la densité superficielle de l'élément i ,
- ρd : la masse par unité de surface de l'échantillon d'épaisseur uniforme, en g.cm^{-2} ,
- I_i : intensité de fluorescence de l'élément i ,
- S_i : sensibilité d'analyse par fluorescence X pour l'élément i ,
- a_i : coefficient d'absorption massique de l'échantillon, en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$,

2.3 Analyse

Le Laboratoire de Physiques Nucléaire et Physique de l'Environnement (LPNPE) dispose un spectromètre de fluorescence X de marque « *Amptek EXP-2* » pour l'analyse quantitative des éléments minéraux présents dans les échantillons. Le programme « *DPP MCA* » est une application sous Windows qui permet l'acquisition de données, l'affichage et le contrôle pour les processeurs de signaux Amptek. Puis, le logiciel « *XRS-FP2* » a été utilisé pour effectuer le traitement des

spectres et le stockage des résultats quantitatifs. La figure 2 illustre la vue d'ensemble de la chaîne d'analyse EDXRF à la Laboratoire de Physiques Nucléaire et Physique de l'Environnement (LPNPE).



Figure 2: Chaîne d'analyse EDXRF au LPNPE-MADAGASCAR.

2.5 Conditions de mesure

Les conditions de mesure sont :

- Temps de comptage: 200 secondes;
- Tension du tube: 40 kV;
- Courant du tube: 10 μ A.

2.6 Statistique

L'ANOVA est une analyse de variance entre une ou plusieurs variables indépendantes et une variable dépendante. Les variables indépendantes sont de type qualitatif et la variable dépendante est de type quantitatif. Dans cette étude, les résidus des données sont supposés suivre la loi normale. Les variances des résidus sont homogènes. Le résidu est la différence entre la valeur observée et la valeur prédite par le modèle prédit par l'ANOVA. Le test d'ANOVA est une technique statistique utilisant deux hypothèses à vérifier : hypothèse nulle H_0 et hypothèse alternative H_a . Les deux hypothèses à tester sont:

- H_0 : La concentration des éléments contenus d'*Aphloia theaeformis* du quatre (04) districts sont les mêmes ;
- H_a : La concentration des éléments contenus d'*Aphloia theaeformis* du quatre (04) districts sont différentes.

Le complémentaire Excel XLSTAT est choisi pour effectuer le test. Fisher a introduit les termes de significativité, d'hypothèse nulle et l'utilisation de la valeur-p [25]. Selon Fisher, l'hypothèse nulle ne peut jamais être acceptée, mais peut seulement être rejetée par le test statistique. La valeur p est considérée comme une mesure à quel point les données plaident contre H_0 . Elle mesure la présomption contre H_0 [26]. Les seuils suivants sont généralement pris pour référence [24] :

- $p \leq 0,01$: très significative contre l'hypothèse nulle H_0 ;
- $0,01 < p \leq 0,05$: significative contre l'hypothèse nulle H_0 ;
- $0,05 < p \leq 0,1$: faible significative contre l'hypothèse nulle H_0 ;
- $p > 0,1$: non significative contre l'hypothèse nulle H_0 ;

Ce test de Fisher (F) qui est donné par la formule comme suit :

$$F = \frac{CMT}{CME} \quad (2)$$

Règle de décision au seuil de signification : Rejet de H_0 si $F > F_0$

Avec :

- CME : carré moyen dû aux erreurs ;
- CMT : carré moyen dû aux traitements ;
- F_0 est basée sur une distribution de Fisher avec k-1 degré de liberté au numérateur et le n_t-k degré de liberté au dénominateur.

3. RESULTATS

Les figures 3, 4, 5, 6, 7 et 8 représentent les concentrations moyennes exprimées en % respectives des éléments minéraux dans les échantillons d'*Aphloia theaeformis* selon les parties analysées.

- Concentration moyenne d'*Aphloia theaeformis* du Phosphores et du Potassium.

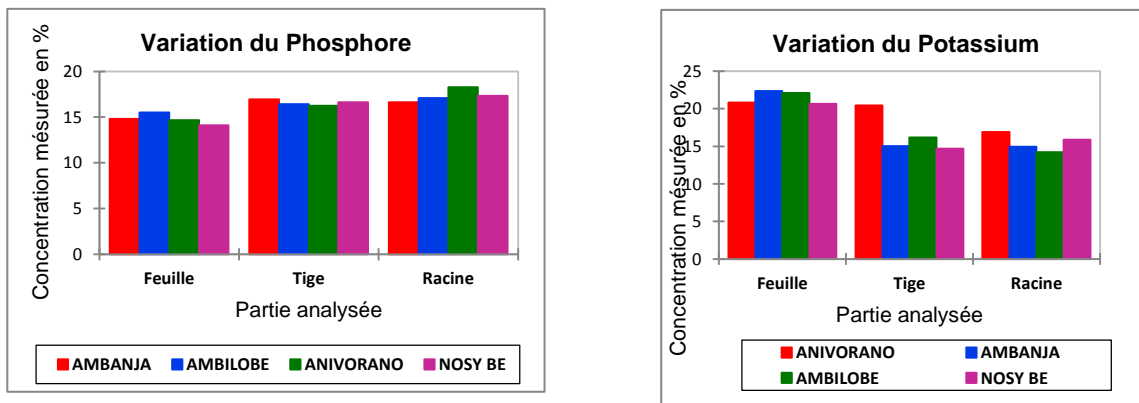


Figure 3: Variation de la concentration du phosphore et du Potassium dans *d'Aphloia theaeformis* analysés.

- Concentration moyenne d'*Aphloia theaeformis* du Calcium et du Titane :

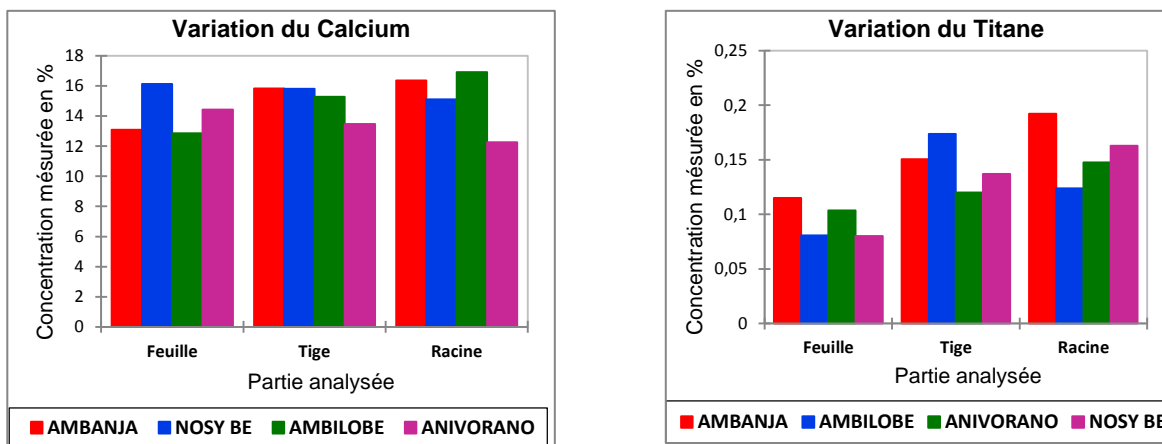


Figure 4: Variation de la concentration du Calcium et du Titane dans *d'Aphloia theaeformis* analysés.

- Concentration moyenne d'*Aphloia theaeformis* du Vanadium et du Manganèse :

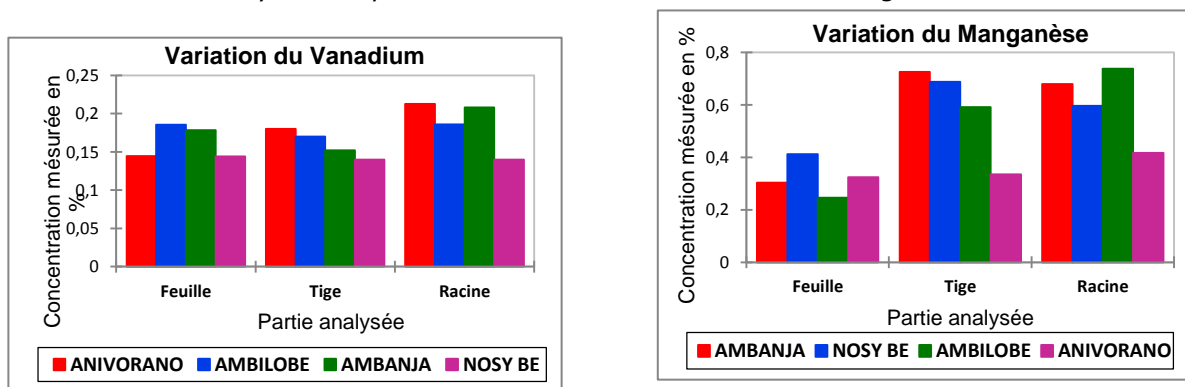


Figure 5: Variation de la concentration du Vanadium et du Manganèse dans *d'Aphloia theaeformis* analysés.

- Concentration moyenne d'*Aphloia theaeformis* du Fer et du Cuivre :

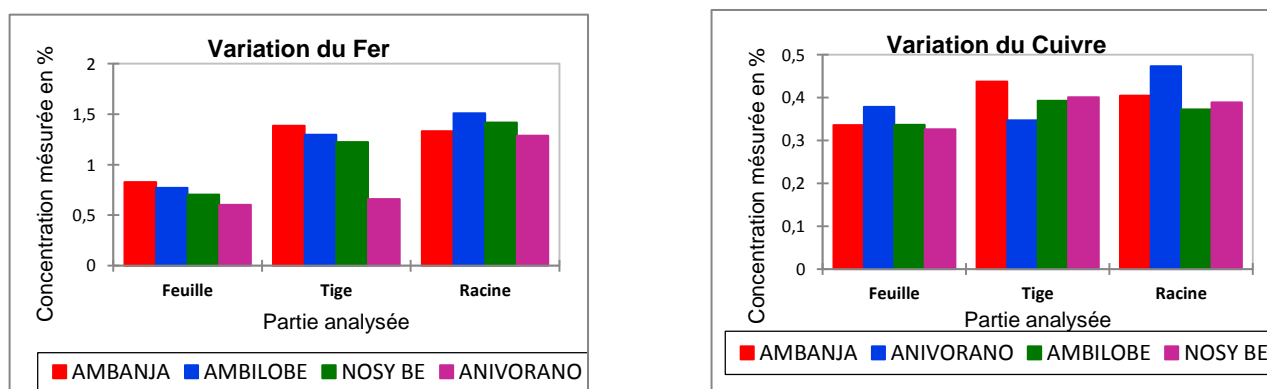


Figure 6: Variation de la concentration du Fer et du Cuivre dans *d'Aphloia theaeformis* analysés.

- Concentration moyenne d'*Aphloia theaeformis* du Zinc et du Nickel :

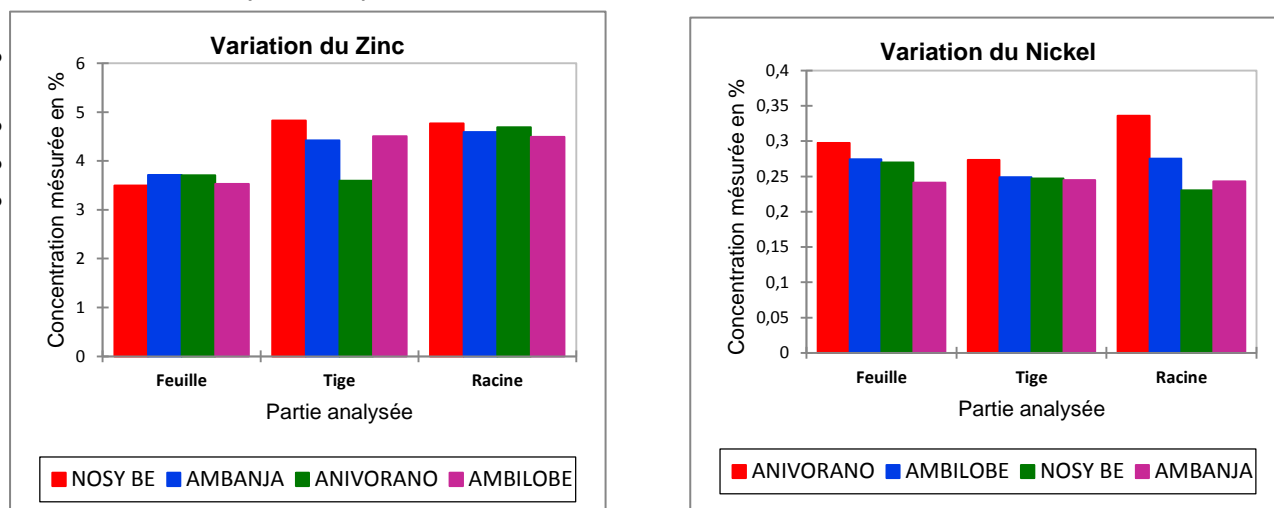


Figure 7: Variation de la concentration du Zinc et du Nickel dans *d'Aphloia theaeformis* analysés.

- Concentration moyenne d'*Aphloia theaeformis* du Brome et du Plomb :

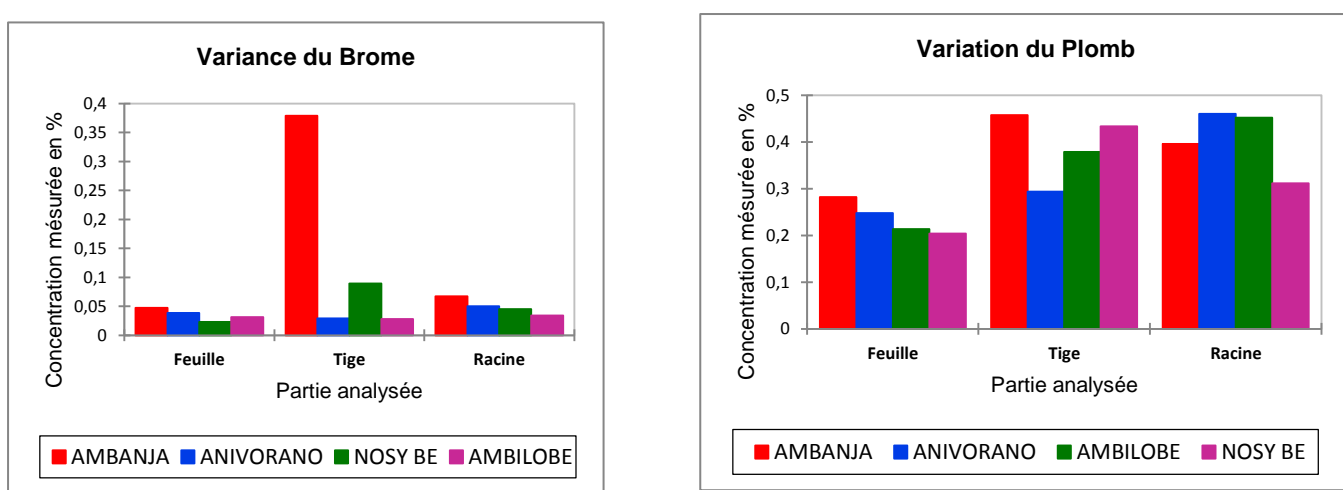


Figure 8: Variation de la concentration du Brome et du Plomb dans *d'Aphloia theaeformis* analysés.

4. DISCUSSION

➤ Cas du Phosphore

Les résultats d'analyses montrent que les échantillons d'*Aphloia theaeformis* issu des quatre districts contiennent du phosphore. En moyenne, la concentration du Phosphore sur la racine analysée est le plus élevée dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $18,271 \pm 0,481$ % et dans le district d'AMBANJA ces valeurs sont le plus bas soit $16,608 \pm 0,608$ %. Sur la tige, le plus élevée se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $16,936 \pm 0,449$ % et dans le district d'ANIVORANO Nord, ces valeurs sont le plus bas de $16,248 \pm 0,355$ %. Sur les feuilles, la concentration le plus élevée se trouve dans le district d'AMBILOBE est de $15,515 \pm 0,305$ % et la valeur plus basse se trouve dans le district de NOSY BE HELL ville avec de $14,118 \pm 0,483$ %. Selon le test ANOVA, les valeurs Fisher (F) de la partie analysée de la plante sont inférieures à F_0 qui est égale à 3,13. Ces valeurs sont 2,573 dans les feuilles ; 0,503 dans les tiges et 1,736 dans les racines. Ces résultats permettent de dire que l'hypothèse nulle est confirmée, c'est-à-dire les concentrations de phosphore dans les quatre districts de la région DIANA sont les mêmes qui est d'ordre de $14,851 \pm 0,361$ dans les feuilles ; $16,496 \pm 0,457$ dans les tiges et $17,464 \pm 0,680$ dans les racines. Le phosphore est important pendant la grossesse car cela va contribuer au bon développement des os chez le nouveau-né. Une carence en phosphore provoque l'ostéomalacie, le rachitisme, l'ostéoporose, l'anorexie et exerce un effet négatif sur le développement de l'enfant et des adolescents. [21] De plus, l'Organisation des Nations Unis fixe que la consommation du phosphore doit être de 150 - 220 mg/kg par jour [26] tandis que l'European Food Safety Authority a recommandé la valeur de 550 mg par jour [6].

➤ Cas de Potassium

Selon les résultats d'analyses, le potassium est présent dans *Aphloia theaeformis*. La concentration la plus élevée de potassium analysé dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $22,348 \pm 0,733$ % et la plus basse est à $20,626 \pm 1,157$ % dans le district de NOSY BE HELL ville. Dans les tiges, le district d'ANIVORANO Nord possède la concentration le plus élevée avec une moyenne de $20,429 \pm 0,620$ % et la moyenne la plus basse se trouve à NOSY BE

HELL ville qui est de $14,687 \pm 1,239$ %. Et dans la partie racine, ANIVORANO Nord possède la concentration la plus élevée qui est de $16,911 \pm 0,490$ % par contre la moyenne la plus basse est à AMBILOBE avec une moyenne de $14,208 \pm 0,619$ %. Selon le test statistique ANOVA réalisé sur cette plante, les valeurs de Fisher (F) de toutes les parties sont différentes. Dans les feuilles la valeur F est de 1,333, dans les tiges est de 13,390 et dans les racines est de 4,496. Ces valeurs dans les tiges et dans les racines indiquent que les concentrations de potassium dans les quatre districts sur ces parties de la plante sont différentes car la valeur Fisher est supérieure à F_0 qui est de 3,13. Mais dans les feuilles, la concentration de potassium est identique dans les quatre districts du région DIANA qui d'ordre de $21,494 \pm 0,796$ %. Le potassium est un élément chimique existant sous la forme d'ion dans l'organisme, un constituant porteur d'une charge électrique. Il est présent notamment dans les cellules, mais aussi dans le sang [29]. Il intervient dans les régimes cardio-vasculaires et dans le problème d'hypertension [22]. L'European Food Safety Authority a recommandé la valeur journalière 1599 mg par jour [6].

➤ Cas de Calcium

C'est un élément nutritif et comme tous les autres éléments, ils varient selon la partie analysée et le district d'origine. La concentration la plus élevée du calcium analysé dans les feuilles se trouve dans le district de NOSY BE HELL ville qui est de $16,136 \pm 0,865$ % et la plus basse est à $12,857 \pm 0,547$ % dans le district d'AMBILOBE. Dans les tiges, le district d'AMBANJA possède la concentration la plus élevée avec une moyenne de $15,820 \pm 0,369$ % et la moyenne la plus basse se trouve à ANIVORANO Nord qui est de $13,464 \pm 0,292$ %. Et dans la partie racine, AMBILOBE possède la concentration la plus élevée qui est de $16,904 \pm 0,797$ % par contre la moyenne la plus basse est à ANIVORANO Nord avec une moyenne de $12,255 \pm 0,630$ %. D'après le test ANOVA réalisé sur cette plante, la valeur de Fisher (F) calculé dans les feuilles est de 4,639 qui est supérieur à F_0 égale à 3,13 ; pour les tiges, F trouvé est 11,038 qui est supérieur à F_0 égale 3,13 et pour les racines, F trouvé est 9,052 qui est inférieure aussi à F_0 égale à 3,13. Ces tests permettent de conclure qu'on rejette l'hypothèse nulle pour les trois parties. En d'autre terme, au moins deux concentrations de calcium dans quatre sont différentes sur les parties analysées. Le calcium joue aussi un rôle essentiel dans la coagulation sanguine, le maintien de la pression sanguine et la contraction musculaire ou des muscles. Son excès provoque l'apparition des calculs rénaux et une augmentation du risque Cardiovasculaire. Il intervient aussi dans les échanges cellulaires. Son taux sanguin est extrêmement régulé, pour éviter des variations fatales à l'organisme. Il agit activement sur la formation et la qualité des os et des dents, mais on note également les faits suivants telle qu'il réduit les risques de calculs rénaux [18]. L'Organisation Mondiale de la Santé recommande une consommation de 1,5 à 2,00 g/ kg par jour [27], donc il serait préférable de contrôler la consommation d'*Aphloia theaeformis* pour éviter l'excès de calcium dans le corps des femmes enceintes afin d'éviter les risques sur leurs santés.

➤ Cas du Titane

Les résultats des analyses montrent la présence de titane dans *Aphloia theaeformis*. C'est un élément indésirable. La concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBANJA $0,115 \pm 0,017$ % et la moyenne la plus basse est à NOSY BE HELL Ville avec une moyenne de $0,080 \pm 0,026$ %. Dans les tiges, la concentration dans le district d'AMBILOBE est le plus élevée avec une moyenne de $0,174 \pm 0,029$ % et le district d'ANIVORANO Nord possède la moyenne la plus basse qui est de $0,120 \pm 0,023$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $0,192 \pm 0,026$ % par contre le district de AMBILOBE possède la moyenne la plus basse qui est de $0,124 \pm 0,026$ %. D'après le test statistique ANOVA, les teneurs de l'élément Titane sont les mêmes dans les quatre districts de la région DIANA. Les valeurs Fisher (F) sont 0,931 dans les feuilles ; 0,707 dans les tiges et dans les racines est de 1,242 ce qui sont inférieure à F_0 qui est de 3,13. Le test permet de déduire la confirmation de l'hypothèse nulle. En d'autre terme, les teneurs de titane sont les mêmes dans quatre districts de la région DIANA qui est d'ordre $0,098 \pm 0,014$ % dans les feuilles ; $0,143 \pm 0,029$ % dans les tiges et d'ordre de $0,154 \pm 0,082$ % dans les racines. Même en étant très faibles quantités, il est nécessaire d'être prudent car il est parmi des éléments indésirables. Pour les expositions par voie orale du titane, des effets hépatiques, rénaux, cardiaques et neurologiques correspondant à des altérations de biomarqueurs précoces répondant de manière dose dépendante sont rapportés. Pour les effets à seuil de dose, la valeur proposée est 3 µg/kg par jour [11].

➤ Cas du Vanadium

Les résultats d'analyses montrent que le vanadium contenu dans *Aphloia theaeformis* est en état de trace. Elle est présente en très petite quantité mais ne doit pas être négligé puisque, c'est un élément indésirable. En moyenne, la concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBILOBE $0,186 \pm 0,039$ % et la moyenne la plus basse est à NOSY BE HELL ville avec une moyenne de $0,144 \pm 0,062$ %. Dans les tiges, la concentration dans le district d'ANIVORANO Nord est le plus élevée avec une moyenne de $0,180 \pm 0,029$ % et le district de NOSY BE HELL Ville possède la moyenne la plus basse qui est de $0,140 \pm 0,058$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $0,213 \pm 0,031$ % par contre le district de NOSY BE HELL Ville possède la moyenne la plus basse qui est de $0,140 \pm 0,061$ %. Les résultats du test ANOVA montrent que les valeurs du Fisher (F) de toutes les parties de la plante analysé telle que dans les feuilles F est de 0,311, dans les tiges est de 0,200 et dans les racines qui est de 0,435 sont inférieures à F_0 est de 3,13. Ceci indique que l'hypothèse nulle est bien confirmée. Les concentrations de vanadium dans les quatre districts sont les mêmes qui est d'ordre de $0,163 \pm 0,039$ % dans les

feuilles ; $0,167 \pm 0,036$ % dans les tiges et $0,197 \pm 0,039$ % dans les racines. L'ingestion du pentoxyde de vanadium est un poison pour le sang, le foie et les reins. Les personnes exposées à des concentrations élevées en vanadium pendant des périodes courtes ont présenté des symptômes respiratoires persistant 7 à 14 jours [12].

➤ Cas du Manganèse

Selon les analyses, En ce qui concerne la moyenne, la concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district de NOSY BE HELL Ville $0,412 \pm 0,038$ % et la moyenne la plus basse est à AMBILOBE avec une moyenne de $0,246 \pm 0,024$ %. Dans les tiges, la concentration dans le district d'AMBANJA est le plus élevé avec une moyenne de $0,726 \pm 0,077$ % et le district d'ANIVORANO Nord possède la moyenne la plus basse qui est $0,335 \pm 0,061$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'AMBILOBE qui est de $0,738 \pm 0,065$ % par contre le district d'ANIVORANO Nord possède la moyenne la plus basse qui est de $0,417 \pm 0,051$ %. Selon le test statistique réalisé sur cette plante, la valeur du Fisher calculée dans les feuilles est 4,891 ; dans les tiges est de 6,387 et dans les racines est de 6,154 qui sont tous supérieurs à Fo est égale à 3,13. Ces tests permettent de dire qu'on rejette l'hypothèse nulle pour les trois parties. En d'autre terme, au moins deux concentrations de manganèse dans quatre districts sont différents sur les plantes analysées. Aucun cas de carence n'a été établi chez la femme enceinte. Les cas d'empoisonnements sont exceptionnels mais un excès de manganèse a un effet asphyxiant sur le système nerveux central. Aucun bénéfice d'une supplémentation en manganèse n'a été prouvé chez la femme enceinte [13]. L'AFSSA recommande une limite de consommation de 0,6 à 4,3 mg par jour [2].

➤ Cas du Fer

Les résultats des analyses montrent que l'*Aphloia theaeformis* contient de fer à une quantité moins importante car elle n'atteint que 5% des éléments constitutifs d'*Aphloia theaeformis*. La concentration la plus élevée du fer analysé dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $0,828 \pm 0,091$ % et la plus basse est à $0,603 \pm 0,072$ % dans le district d'ANIVORANO Nord. Dans les tiges, le district d'AMBANJA possède la concentration le plus élevé avec une moyenne de $1,387 \pm 0,147$ % et la moyenne la plus basse se trouve à ANIVORANO Nord qui est de $0,660 \pm 0,116$ %. Et dans la partie racine, AMBILOBE possède la concentration le plus élevé qui est de $1,510 \pm 0,105$ % par contre la moyenne la plus basse est à ANIVORANO Nord avec une moyenne de $1,288 \pm 0,083$ %. Les résultats obtenus selon le test ANOVA, indiquent que dans la partie tige de cette plante, la valeur Fisher F est de 6,642 qui est supérieure à Fo est 3,13. Ceci veut dire que l'hypothèse nulle est rejetée. En d'autre terme, au moins deux concentrations de fer dans quatre districts sont différents. Mais contrairement dans les parties feuilles et les racines, il n'y a pas la différence de teneurs, leurs valeurs Fisher (F) sont 1,437 dans les feuilles et 0,984 dans les racines donc l'hypothèse nulle est confirmée qui est d'ordre de $0,711 \pm 0,100$ % dans les feuilles et $1,367 \pm 0,111$ % dans les racines. Le fer est un oligoélément essentiel à l'organisme. Les besoins en fer sont particulièrement importants chez la femme au cours de la grossesse, pour faire face à l'augmentation du volume sanguin, ainsi qu'au développement des tissus du fœtus et du placenta. Ils sont également élevés pendant la croissance, en particulier durant la première année de vie, au cours de laquelle la quantité de fer corporel est multipliée par deux [3]. L'Organisation Mondiale de la Santé recommande une consommation journalière de 120 mg [27].

➤ Cas du Nickel

Les résultats des analyses montrent qu'il y a une présence de nickel dans l'*Aphloia theaeformis*. C'est un élément toxique donc il est préférable d'être prudent à la consommation d'*Aphloia theaeformis*. En moyenne, la concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $0,297 \pm 0,025$ % et la moyenne la plus basse est à AMBANJA avec une moyenne de $0,241 \pm 0,031$ %. Dans les tiges, la concentration dans le district d'ANIVORANO Nord est le plus élevé avec une moyenne de $0,273 \pm 0,020$ % et le district d'AMBANJA possède la moyenne la plus basse qui est de $0,245 \pm 0,025$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $0,336 \pm 0,035$ % par contre le district de NOSY BE HELL ville possède la moyenne la plus basse qui est de $0,230 \pm 0,070$ %. D'après le test ANOVA effectué sur cette plante, les valeurs Fisher (F) obtenus sont 0,654 dans les feuilles ; 0,348 dans les tiges et 1,241 dans les racines. D'après ces résultats, l'hypothèse alternative est rejetée ou plus précisément ce résultat permet de dire qu'il n'y a pas de différence des teneurs de nickel dans les quatre districts qui est d'ordre de $0,275 \pm 0,033$ % dans feuilles ; dans les tiges est de $0,257 \pm 0,025$ % et $0,287 \pm 0,047$ % dans les racines. Les conséquences de consommation importante de nickel sont les risques de développer un cancer de poumon, larynx et de la prostate, nausée, vomissement et vertige, échec pulmonaire, échec de naissance, asthme et bronchite chronique, problème cardiaque [15]. L'Organisation Mondiale de la santé a recommandé de 5 µg/kg par jour [27] tandis que L'AFSSA a recommandé une consommation de 60 µg par jour [2].

➤ Cas du Cuivre

Selon les résultats des analyses, le cuivre est contenu dans l'*Aphloia theaeformis* à une valeur très faible. Mais en état de trace, c'est un élément indésirable. Le risque d'une carence est extrêmement rare. Toutefois, elle peut apparaître chez des personnes à risque comme les enfants prématurés et les personnes atteintes d'un syndrome de malabsorption. Les excès de cuivre sont quant à eux plus courants et peuvent être causés par une maladie métabolique héréditaire. Aucune supplémentation en cuivre n'a démontré un quelconque bénéfice pour la femme enceinte ou son fœtus [25]. La

concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $0,378 \pm 0,035$ % et la moyenne la plus basse est dans le district de NOSY BE HELL ville avec une moyenne de $0,326 \pm 0,070$ %. Dans les tiges, le district d'AMBANJA possède la concentration le plus élevé avec une moyenne de $0,437 \pm 0,031$ % par contre le plus bas est à ANIVORANO Nord avec une moyenne de $0,347 \pm 0,025$. Et dans les racines, la concentration le plus élevée se trouve dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $0,473 \pm 0,04$ % contrairement au district d'AMBILOBE qui représente une moyenne la plus basse à $0,372 \pm 0,050$ %. Les résultats du test ANOVA montrent que les valeurs Fisher (F) dans toute parties de la plante analysée sont inférieure à F_0 qui est 3,13. Ces valeurs sont 0,317 dans les feuilles, 0,970 dans les racines et 1,744 dans les tiges. Cela veut dire que l'hypothèse nulle est confirmée, En d'autre terme, les concentrations de cuivre sont les mêmes dans les quatre districts qui est de l'ordre de $0,352 \pm 0,044$ % dans les feuilles ; $0,386 \pm 0,036$ % dans les tiges et $0,422 \pm 0,054$ % dans les racines. En 2015, l'Organisation des Nations Unis recommande la consommation de 11 à 37 mg.kg⁻¹ par jour [26].

➤ Cas du Zinc

Les résultats des analyses montrent que l'élément zinc est présent dans l'*Aphloia theaeformis* de la région DIANA à une quantité très basse. En moyenne, la concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBANJA $3,711 \pm 0,125$ % et la moyenne la plus basse est à NOSY BE HELL ville avec une moyenne de $3,498 \pm 0,197$. Dans les tiges, la concentration dans le district de NOSY BE HELL ville est le plus élevé avec une moyenne de $4,929 \pm 0,321$ % et le district d'ANIVORANO Nord possède la moyenne la plus basse qui est de $3,595 \pm 0,161$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $3,711 \pm 0,125$ % par contre le district de NOSY BE HELL ville possède la moyenne la plus basse qui est de $3,498 \pm 0,197$ %. D'après le test, les valeurs Fisher F de l'élément Zinc sont 0,675 dans les feuilles ; 7,103 dans les tiges et 0,148 dans les racines. Par rapport ces valeurs, on en déduit que dans les feuilles et dans les racines, l'hypothèse nulle est confirmée. En d'autre terme, les concentrations de zinc est les mêmes dans les quatre districts de la région DIANA qui est d'ordre de $3,644 \pm 0,128$ % dans les feuilles et $4,626 \pm 0,268$ % dans les racines. Mais dans la partie tige, l'hypothèse nulle rejeté ce qui implique qu'au moins deux teneurs de zinc dans quatre district sont différentes. Chez les femmes enceintes, particulièrement, un risque d'attraper un rhume, une grippe ou toute autre infection qui peut réduire la teneur en zinc dans l'organisme, ce qui peut être dangereux pour le fœtus. Une carence chez les femmes peut aussi entraîner une pré-éclampsie, une rupture prématurée des membranes, une prématurité du fœtus, un petit poids de naissance [16]. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la supplémentation en zinc chez les femmes enceintes n'est recommandée que dans le contexte d'une recherche menée avec rigueur [27] tandis que L'EFSA recommande une consommation journalière de 1,6 mg [6].

➤ Cas du Brome

Le brome fait partie des éléments toxiques à l'organisme vivant. Il provoque de dysfonctionnement des systèmes nerveux et peut perturber le matériel génétique ce qui est très risqués pour les femmes enceintes [23]. L'*Aphloia theaeformis* mis en échantillon venant du district de la région DIANA présentent chacune d'elles un élément Brome avec une valeur de concentration différente selon la partie utilisée et le lieu de prélèvement. En moyenne, la concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $0,048 \pm 0,008$ % et la moyenne la plus basse est à NOSY BE HELL ville avec une moyenne de $0,023 \pm 0,003$ %. Dans les tiges, la concentration dans le district de NOSY BE HELL ville est le plus élevé avec une moyenne de $0,089 \pm 0,009$ % et le district d'AMBILOBE possède la moyenne la plus basse qui est de $0,028 \pm 0,007$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $0,067 \pm 0,018$ % par contre le district d'AMBILOBE possède la moyenne la plus basse qui est de $0,034 \pm 0,008$ %. Selon l'ANOVA, les valeurs Fisher (F) dans toute la partie analysée de la plante est inférieure à F_0 qui est égale à 3,13. Ces valeurs F sont de 1,110 dans les feuilles, 1,202 dans les tiges et 0,552 dans les racines. Le test permet de déduire que l'hypothèse nulle est confirmée. Il n'y a pas de différence de teneurs de Brome dans les quatre districts du région DIANA qui est de l'ordre de $0,037 \pm 0,008$ % dans les feuilles ; $0,122 \pm 0,016$ % dans les tiges et $0,050 \pm 0,021$ % dans les racines.

➤ Cas du Plomb

Selon les résultats des analyses, le plomb est aussi présent dans l'*Aphloia theaeformis*. En moyenne, la concentration la plus élevée dans les feuilles se trouve dans le district d'AMBANJA qui est de $0,282 \pm 0,025$ % et la moyenne la plus basse est à NOSY BE HELL Ville avec une moyenne de $0,204 \pm 0,039$ %. Dans les tiges, la concentration dans le district d'AMBANJA est le plus élevé avec une moyenne de $0,458 \pm 0,057$ % et le district d'ANIVORANO Nord possède la moyenne la plus basse qui est de $0,294 \pm 0,045$ %. Et dans les racines, la concentration la plus élevée se trouve dans le district d'ANIVORANO Nord qui est de $0,460 \pm 0,048$ % par contre le district de NOSY BE HELL ville possède la moyenne la plus basse qui est de $0,312 \pm 0,096$ %. Les valeurs Fisher (F) obtenu selon le test ANOVA sont 1,626 dans les feuilles, 1,943 dans les tiges et 0,782 dans les racines. Ces valeurs F sont tous inférieur à F_0 qui est 3,13, ce qui permet de dire que l'hypothèse nulle est confirmée. En d'autre terme, la concentration de plomb sont les mêmes dans les quatre districts de la région DIANA qui est d'ordre de $0,244 \pm 0,025$ % dans les feuilles ; $0,370 \pm 0,063$ % dans les tiges et $0,427 \pm 0,063$ % dans les racines. Le plomb est un élément toxique. Le plomb peut passer de la mère au fœtus, via la barrière placentaire. Il peut passer également après la naissance à l'enfant au travers le lait maternel [27]. L'effet toxique majeur du plomb au cours du développement du fœtus entraînerait un déficit neurocomportemental durable durant l'enfance

[14]. L'Organisation Mondiale de la Santé recommande une consommation de 3,6 µg/kg par jour [28], tandis que le codex Alimentarius recommande 0,01 mg. l⁻¹ [5].

Concernant les effets biologiques, le criblage photochimique effectué sur les extraits d'*Aphloia theaeformis* obtenus, plusieurs groupes de famille chimique ont été identifiés, tels que les flavonoïdes et leucoanthocyanes en une forte concentration (+++), contient aussi des saponines, quinones et polysaccharides des stéroïdes et des terpenoïdes à faible concentration (+) et l'absence (-) des alcaloïdes, tanins et polyphénols.

En administrant l'extrait d'*Aphloia theaeformis* par voies orale des animaux (Des rats 15 mâles et des 10 femelles de race Wistar, pesant comprise entre 166 à 253 grammes), la diurèse des traités augmente par rapport à celle des témoins pendant 24 heures. La valeur d'excrétion urinaire volumétrique (EUV) est égale à 38,009 ± 0,532 %, qui sont inférieure à 80%. Cet indice indique que l'extrait possède une activité anti-diurétique. Les extraits d'*Aphloia theaeformis* expliquent sa vertu médicinale anti hypertensive et confirment son usage traditionnel dans le traitement de l'hypertension artérielle. La pression artérielle systolique en moyenne est comprise entre 6,400 ± 0,001 mg. Hg⁻¹ à 7,625 ± 0,031 mg. Hg⁻¹ et pression artérielle diastolique en moyenne est comprise entre 4,267 ± 0,014 mg. Hg⁻¹ à 4,425 ± 0,021 mg. Hg⁻¹.

5. CONCLUSION

La présente étude montre que les échantillons d'*Aphloia theaeformis*, collectés dans les quatre districts de la région DIANA au Nord de grande ile, sont riche éléments minéraux que ce soit nutritifs ou toxiques ou indésirables. Ces éléments minéraux sont : Potassium (K), le Calcium (Ca), le Brome (Br), le Manganèse (Mn), le Fer (Fe), le Nickel (Ni), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Titane (Ti), le Vanadium (V), le Plomb (Pb), et le Phosphore (P). En outre nos résultats montrent que l'extrait d'*Aphloia theaeformis* possède une activité anti-diurétique et le traitement de l'hypertension artérielle. Plusieurs plantes utilisées à des fins thérapeutiques à Madagascar devraient être exploités pour voir les éléments constitutifs afin de procurer ses effets pour pouvoir sauver des vies et maintenir la santé. La consommation excessive et à long terme des éléments toxiques pourrait engendrer des troubles majeurs sur la santé de la mère et du fœtus ou l'embryon. Il est préférable pour les femmes enceintes de faire des bonnes consultations prénatales (CPN) pour avoir des soins qui lui sont nécessaires durant sa grossesse.

Reconnaissance : J'exprime mes sincères remerciements à mon Directeur de Thèse, Monsieur RAKONDRAMANANA Hery Tiana, Professeur au Domaine Sciences et Technologies de l'Université d'Antananarivo, particulièrement pour son effort car il a fait tous les moyens pour le bon déroulement de cette thèse et son soutien remarquable tout au long de réalisation de ce présent travail, son aide et ses conseils pour que je maîtrise bien la chaîne EDXRF au laboratoire LPNPE. Je voudrais exprimer aussi ma gratitude à toute l'équipe du LPNPE, le Laboratoire de Pharmacologie Générale Pharmacocinétique Cosmétologie (LPGPC) et Laboratoire de Chimie des Substances Naturelles et de Chimie Organique Biologique (LCSN/COB) pour l'esprit de solidarité et de partage.

6. REFERENCES

- [1] ADJANGBA M.S. Structure de l'Aphloiol : tetrahydro xanthone isolée des feuilles d'Aphloia madagascariensis Clos. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1964 ; t.2: 376-378.
- [2] Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA). Apports nutritionnels conseillés. 2001.
- [3] A. Martin et al. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Ed Lavoisier, Tec & Doc. 2001.
- [4] BILLET D et al. Sur la structure de l'Aphloiol et son identité avec la mangiférine. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1966 ; 10:3006- 3012.
- [5] Commission Codex Alimentarius (C.C.A). Norme Codex pour les Eaux Minérales Naturelles. Codex Standard; 108-1981.
- [6] European Food Safety Authority (E.F.S.A). Les valeurs nutritionnelles de référence pour les nutriments. Apport de référence pour femmes enceintes. Octobre 2015.
- [7] IAEA DRAFT. Documentation version 1.2. Q. X. A. S. (Quantitative X-ray Analysis System). 1995-1996.
- [8] IAEA / SOIL-7. Certified Reference Material. May 1984.
- [9] IAEA-TECDOC-950. Sampling, storage and sample preparation procedures for X-ray fluorescence analysis of environmental materials. June 1997.
- [10] IAEA-TECDOC-300. Sample preparation techniques in trace element Analysis by X-ray emission spectroscopy. Vienna, 1983.
- [11] INERIS. Proposition d'un repère toxicologique pour l'oxyde de titane nanométrique pour des expositions environnementales par voie respiratoire ou orale. RAPPORT D'ÉTUDE. 04/11/2016 N° DRC-16-157027-10246A. p 07, 2016.
- [12] International Agency for Research on Cancer, Centre international de recherche sur le cancer (CIRC – IARC). Pentoxyde de vanadium : Groupe B3. p 28, 2003.
- [13] GENEVEY Laurene, Schutz CLAIRE. Législation du complément alimentaire et étude des compositions de deux types de compléments alimentaires. Thèse de docteur en Pharmacie. Université Joseph Fourier. Faculté de Pharmacie de Grenoble. p 76-78-87-89. 12 janvier 2009.
- [14] Guide de Bonnes Pratiques d'hygiène de la Nutrition Animale (G.B.P.N.A) – OQUALIM. Dangers. Version Finalisée soumise 18/10/2016. ANNEXE 1, p 67-127.
- [15] I.N.E.R.I.S. Fiche des données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Version N 1- 2juillet 2006, p 71.
- [16] FAVIER M, HININGER-FAVIER I. Zinc et grossesse. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité.* 2005;33:253–258.
- [17] Jean-Guillaume Lopez, Geneviève Drouet, Luc de Haro. Hypotension sévère au cours d'une intoxication par deux plantes médicinales à l'île de la Réunion : *Aphloia theiformis* et *Rubus alceifolius*. *Ann Toxicol Anal.* 2013;25(3): 121-123.
- [18] K. HUHEEY et al. Chimie Inorganique des Systèmes Biologiques. 1993 ; 944 – 946.
- [19] Marthe KRIEPS. Le The : Origine, Actualité et Potentialités. Thèse de doctorat. Université HENRI POINCARÉ - NANCY 1. Faculté de Pharmacie. p 43. 2009.
- [20] NICOLAS Jean-Pierre. Plantes médicinales du nord de Madagascar, ethnobotanique Antakarana et informations scientifiques. *Jardins du monde.* 2012 ; 45-47-218.
- [21] Rakotonirina Mahazosoa Tsinjo. Contribution à l'analyse des éléments minéraux dans les graines sèches Haricot DRK 64, pois de Bambaras Menarangotra, NIEBE 37-58-25 et haricot grain de riz LEG 84R. Diplôme d'Etudes Approfondies. Université d'Antananarivo. Faculté des sciences. Chimie Minérale et Chimie Appliquée. p 35. 23 Octobre 2010.
- [22] RAPHANOEL Manitr'Anjao. Contribution à la valorisation du sel de Morondava (Madagascar) en vue de l'élaboration de sel pour régime cardio-vasculaire et hypertension. Diplôme d'Etude d'Approfondie. Université d'Antananarivo. Faculté des sciences. 2006. p 43.
- [23] RUFFIN R et al. Investigation des éléments minéraux traces et actifs dans le Khat par la technique de fluorescence X à l'énergie dispersive (ED-XRF). *Afrique science.* 2017;13(3):228.

- [24] Société Suisse de Nutrition (SSN). L'alimentation de la femme enceinte. Schwarztörstrasse 87. Case postale 8333. CH-3001 Berne. Édition actualisée 2011. p 8.
- [25] SYLVAIN Bélanger. Une santé de cuivre. 2003. Éditions Quintessence. Rue de la Bastidonne 13678 Aubagne Cedex – France. ISBN 2-913281-28-1. p 12. 2003.
- [26] Organisation des Nations Unies (ONU). Objectifs du Millénaire pour le développement. Rapport 2015.
- [27] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé concernant les soins prénatals pour que la grossesse soit une expérience positive. p xi. 2017.
- [28] Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Risk assessment of khat use in the Netherlands: a review based on adverse health effects, prevalence, criminal involvement and public order. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2008;52(3): 199-207.
- [29] Merck index. Encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals. 12ème édition. Merck and Co., Rahway, 1996.



Cite this article: **Augustin Razafindrapata, and Hery Tiana Rakotondramanana. CHARACTERISATION DES ELEMENTS MAJEURS ET EN TRACES DANS LA PLANTE APHLOIA THEAEFORMIS DANS CINQ DISTRICTS DANS LA REGION DIANA PAR LA TECHNIQUE D'ANALYSE FLUORESCENCE X A ENERGIE DISPERSIVE.** *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2022; 14(4): 152-161.

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/>