

## **Détermination des éléments minéraux et en trace dans le *Desmodium Canum*, l'*Erythroxyllum Sp*, l'*Urena Lobata*, l'*Acridocarpus Excelsus* et leurs mélanges par la méthode d'analyse par fluorescence-X à réflexion totale**

**Harvel RANDRIAMIHEVITRA<sup>1</sup> et Frédéric ASIMANANA<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> *Faculté des Sciences, Université d'Antsiranana, BPO, 201 Antsiranana, Madagascar*

<sup>2</sup> *Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN), BP 4279, 101 Antananarivo, Madagascar*

\* Correspondance, courriel : [fredericasimanana@yahoo.fr](mailto:fredericasimanana@yahoo.fr)

### **Résumé**

Le présent travail a pour objectif de déterminer la quantité et la qualité élémentaire des plantes médicinales : *Desmodium Canum*, *Erythroxyllum Sp*, *Urena Lobata*, *Acridocarpus Excelsus* et leurs mélanges. Un Guérisseur traditionnel dans la région Sofia au Province de Mahajanga-Madagascar utilise ces plantes en les faisant une infusion durant son traitement. Ainsi, on a choisi la méthode d'analyse par fluorescence - X à réflexion totale (TXRF) qui est conçue aux échantillons liquides pour déterminer les éléments qui les contiennent et leurs teneurs. Cette analyse a été effectuée au Laboratoire Madagascar-INSTN. Les résultats analytiques nous montrent que ces plantes renferment de l'élément potassium (K), calcium (Ca), fer (Fe), titane (Ti), zinc (Zn), manganèse (Mn), rubidium (Rb), strontium (Sr), cuivre (Cu), nickel (Ni), brome (Br) et plomb (Pb). Mais chaque plante a sa propre concentration. Le K dans ces plantes se trouve en proportion importante mais ne dépasse pas 112539,815 ppb. La teneur en élément dans les feuilles est presque supérieure que celle dans les tiges. En plus, le titane, le nickel, le strontium, et le rubidium sont généralement en faible concentration.

**Mots-clés :** *élément, guérisseur, échantillon, concentration et infusion.*

### **Abstract**

**Determination of the mineral elements and in trace in the *Canum Desmodium*, the *Sp Erythroxyllum*, the *Lobata Urena*, the *Excelsus Acridocarpus* and their mixtures by the total reflection-X ray fluorescence analytical method of analysis**

The objective of the present work is to determine the elemental quality and the quantity of the Malagasy medicinal plants : *Canum Desmodium*, *Sp Erythroxyllum*, *Lobata Urena*, *Excelsus Acridocarpus* and their mixtures. A traditional healer in the SOFIA region in Mahajanga-Madagascar province uses those plants to make an infusion during her treatment. Then, we have chosen the total Reflection—X ray fluorescence analytical method analysis which is especially for liquid sample to determine the element and their content. This analysis has done at the Madagascar-INSTN laboratory. The analytical results showed that those plants contains potassium (K), calcium (Ca), iron (Fe), titanium (Ti), zinc (Zn), manganese (Mn), rubidium (Rb), strontium (Sr), copper (Cu), nickel (Ni), bromine (Br) and lead (Pb) elements. Their concentrations vary each plant. The K in those plants is an important proportion but not pass 112539,815 ppb.

The element content in the leaf is almost more superior to in the stem. More than that, in generally the nickel, the strontium and the rubidium is in low concentration.

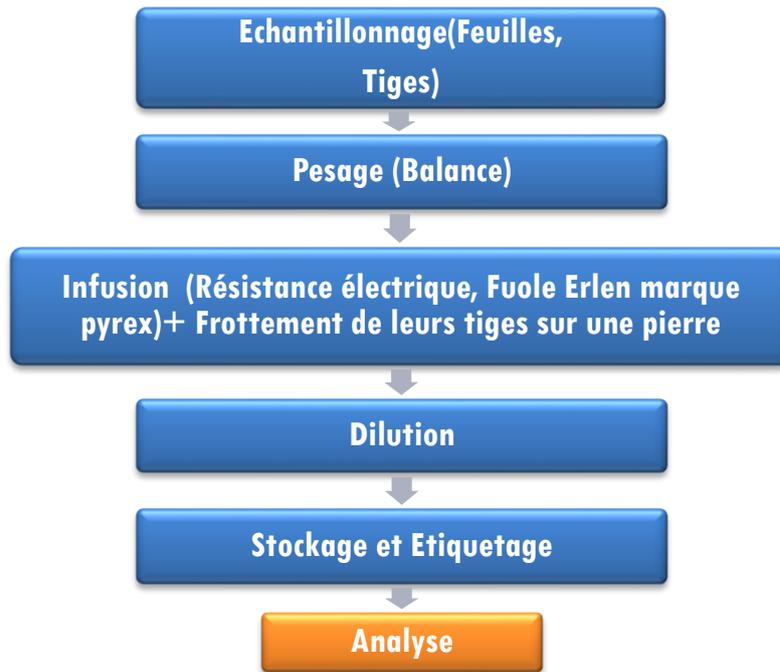
**Keywords :** *element, healer, sample, concentration and infusion.*

## 1. Introduction

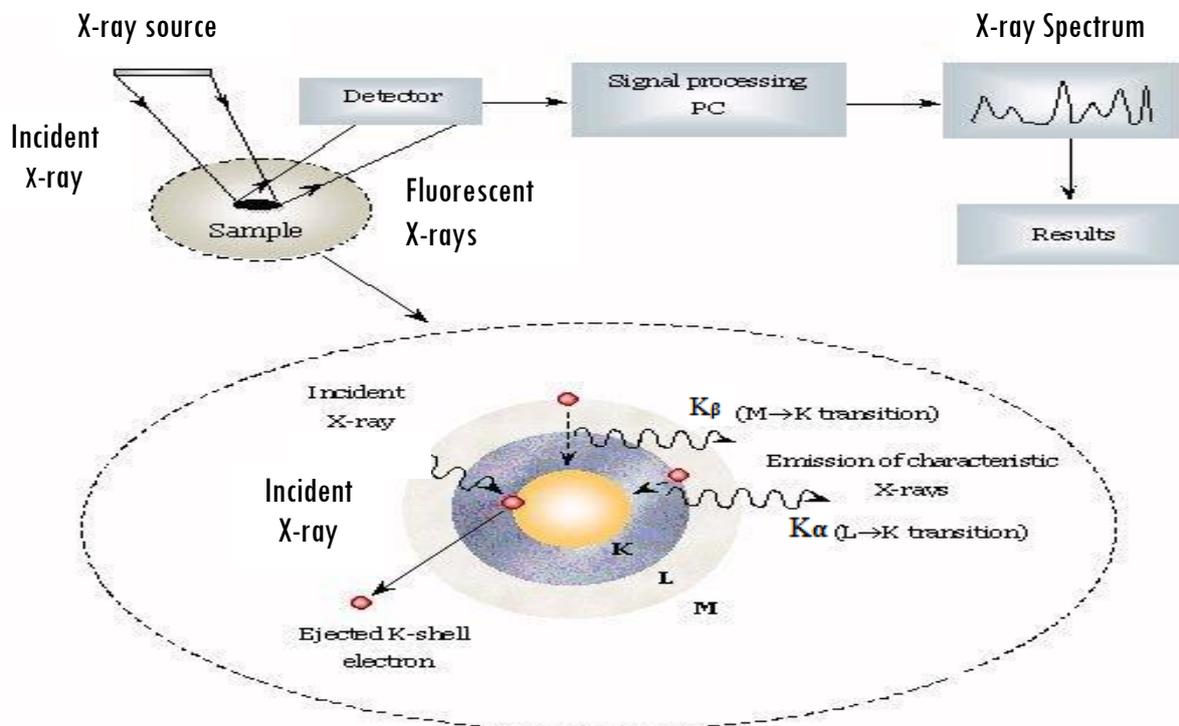
De très nombreuses maladies sont traditionnellement traitées par des plantes. Autrefois, les diverses tisanes de ces plantes tiennent une grande place dans la vie médicale de la population. Par le biais de la tradition, les ancêtres transmettent de génération en génération l'usage de substances objectivement efficaces, découvertes par leurs expériences quotidiennes. *Vues la culture, la baisse du pouvoir d'achat et l'accessibilité facile aux plantes médicinales, une grande partie de la population en Afrique comme Madagascar a tendance à pratiquer un traitement à l'aide des plantes médicinales sans évaluation scientifique* [1, 5]. Un Guérisseur traditionnel dans la région Sofia au Province de Mahajanga-Madagascar utilise le mélange de feuilles des plantes médicinales : le *Desmodium canum*, l'*Erythroxylum Sp*, l'*Urena Lobata* et l'*Acridocarpus Excelsus*, en faisant une infusion et leurs tiges, pour traiter le Surmenage physique de l'homme, connu sous le nom « MOAHAKA » en malgache qui est une maladie presque intraitable. *Voici la question qui se pose : quels sont les éléments (en quantités) que ces plantes contiennent et comment fait-il savoir utiliser ses plantes pour traiter cette maladie ?* Or, la pratique d'une automédication hasardeuse est favorisée et représente souvent un véritable danger. D'après le Caraka Samhita : « *Même le poison peut être un remède s'il est employé d'une manière appropriée alors que les plantes médicinales peuvent agir comme un poison si elles sont employées d'une manière inappropriée* » [1]. Ainsi le présent travail a pour but de déterminer les éléments qu'elles contiennent afin que l'on puisse éviter l'absorption de dosage imprécis au cours du traitement. Cet objectif fait un appel à la méthode d'analyse par fluorescence-X à réflexion totale qui est une méthode instrumentale conçue pour analyser les échantillons liquides, y compris l'analyse des plantes. Cette technique est rapide, fiable et multi-élémentaire, c'est -à - dire qu'elle est capable de déterminer la teneur de tous les éléments allant du phosphore ( $Z = 15$ ) à l'uranium ( $Z = 92$ ) présents dans les échantillons même à l'état trace.

## 2. Matériel et méthodes

La méthode d'analyse par fluorescence-X à réflexion totale se différencie aux autres méthodes par la façon dont le rayonnement X arrive sur l'échantillon. Il passe à travers des filtres et arrive sur l'échantillon sous un angle d'incidence placé de façon qu'il ne pénètre pas trop dans l'échantillon. Ainsi, on réduit le bruit de fond et améliore la limite de détection. Cette méthode est utile pour analyser les éléments en trace dans les échantillons liquides. L'analyse au laboratoire se fait en trois étapes : la préparation des échantillons, l'analyse par la chaîne de détection et le dépouillement par le logiciel. Avant l'analyse des échantillons, on procède au réglage de la géométrie de la chaîne en faisant le test de performance puis à l'étalonnage en énergie et sensibilité du système de mesure dans le but de la détection et de dosage. La détection s'obtient sur le terminal de visualisation et de stockage tandis que le dosage pour la méthode TXRF fait un appel du logiciel AXIL QXAS 3.6. Voici les étapes de transformation des échantillons et le principe de la méthode TXRF au cours de l'analyse des échantillons.



**Figure 1 :** *Etapes de liquéfaction de l'échantillon*



**Figure 2 :** *Principe de TXRF au cours de l'analyse d'un échantillon*

### 3. Résultats et discussion

#### 3-1. Interprétations des résultats pour chaque plante

Onze éléments minéraux et un élément lourd ont été détectés dans les huit échantillons obtenus par ces quatre plantes médicinales analysées par la méthode TXRF. Ce sont le Potassium (K), le Calcium (Ca), le Titane (Ti), Magnésium (Mn), le Fer (Fe), le Nickel (Ni), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Brome (Br), le Rubidium (Rb), le Strontium (Sr) et le Plomb (Pb) dont chaque plante possède sa propre concentration mais celle de potassium et de calcium sont toujours élevées par rapport aux autres éléments. Les résultats obtenus sont regroupés dans les **Tableaux** ci-dessous dont :

- Leurs concentrations sont en ppb (partie par billion) : une ppb correspond à microgramme par litre [ $\mu\text{g/L}$ ]
- Les différentes couleurs facilitent la distinction des plantes analysées

**Tableau1 : Résultats sur les quatre plantes**

E L E M E N T S	ECHANTILLONS							
	URENA LOBATA		ERYTHROXYLUM SP		ACRIDOCARPUS EXCELSUS		DESMODIUM CANUM	
	H_UL-F	H_UL-FT	H_ESP-F	H_ESP-FT	H_AE-F	H_AE-FT	H_DC-F	H_DC-FT
K	84624,579	112539,815	25751,7925	39392,3858	31258,942	48870,973	40023,365	49795,421
Ca	3266,57641	8538,59775	9236,84668	15836,5182	1089,6971	1916,9300	1732,6193	3073,7764
Ti	0	206,041562	0	0	0	0	36,265966	71,818676
Mn	774,553997	761,268305	388,887112	538,83163	0	0	191,28412	217,44590
Fe	311,87221	2977,4216	373,871916	895,2993	812,86671	452,03318	1549,7637	925,02588
Ni	21,8027045	84,2776242	0	35,7102553	0	0	0	2,6947112
Cu	148,980243	846,404722	232,256884	515,081358	304,32112	234,15194	921,75706	416,15786
Zn	166,926053	428,060731	171,611005	179,952279	154,32078	146,52332	286,03221	203,19073
Br	34,8730229	67,5704313	80,3899127	113,137936	0	80,000281	100,96348	45,643160
Rb	106,630667	211,441952	9,61608484	32,3577786	0	152,41250	251,31253	377,08001
Sr	11,2445644	48,6168082	10,0039800	48,8443993	0	13,477646	118,27501	36,380034
Pb	0	16,2769336	0	0	0	0,7710132	0	0

Voici la signification des lettres sur le code des échantillons :

- H : 1<sup>ère</sup> lettre du prénom Harvel pour éviter la confusion aux échantillons ;
- UL-F: Feuille de l'Urena Lobata L et UL-FT : Feuille + Tige, de l'Urena Lobata ;
- ESP-F: Feuille de l'Erythroxyllum Sp et ESP-FT: Feuille + Tige, de l'Erythroxyllum Sp ;
- AE-F: Feuille de l'Acridocarpus Excelsus et AE-FT: Feuille + Tige, de l'Acridocarpus Excelsus ;
- DC-F: Feuille de Desmodium Canum et DC-FT: Feuille + Tige, de Desmodium Canum.

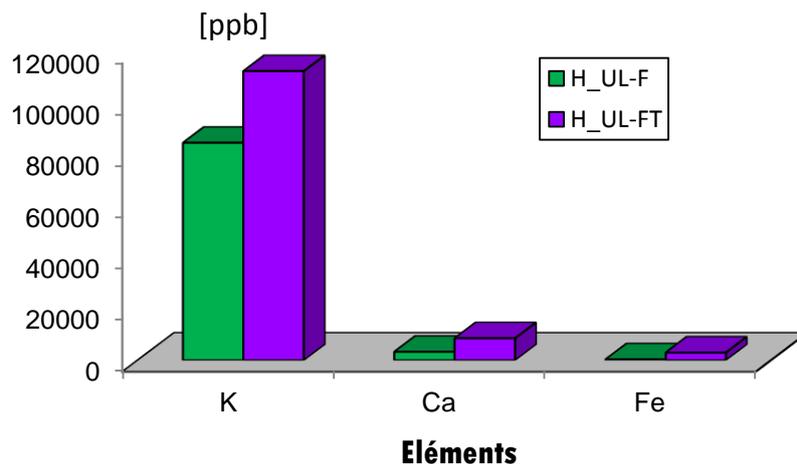
D'après ce **Tableau**, ces quatre plantes médicinales contiennent une quantité énormément élevée de l'élément potassium dont 25751,7925 ppb pour H-ESP-F à 112539,815 ppb pour H-UL-FT. Ensuite, l'élément calcium dont 1089,6971 ppb pour H-AE-F à 15836,5182 ppb pour H-ESP-FT. Par contre, il y a des éléments possédant des concentrations très faibles comme le Plomb, Nickel, le Titane pour ces quatre plantes médicinales analysées. En plus, on constate que l'Acridocarpus Excelsus contient moins éléments que les autres plantes. En effet, pour faciliter l'interprétation des résultats nous allons regrouper les éléments possédant des concentrations élevées, concentrations intermédiaires et de faibles concentrations.

### 3-1-1. Urena Lobata

L'Urena Lobata est une plante médicinale connue sous le nom « Paka » en malgache. Elle existe un peu partout à Madagascar mais j'ai pris mes échantillons dans la région SOFIA au Province de Mahajanga-Madagascar. Ce résultat nous montre qu'elle contient onze éléments minéraux et un élément lourd qui sont : Potassium, Calcium, Fer, Magnésium, Cuivre, Zinc, Brome, Nickel, Rubidium, Strontium, Titane et Plomb.

#### 3-1-1-1. Eléments de concentration élevée

Trois éléments ont de concentrations élevées tels que : le potassium qui favorise le développement et la régulation de l'économie en eau de la plante, Calcium joue un rôle de métabolique et fer indispensable à la synthèse de la chlorophylle.

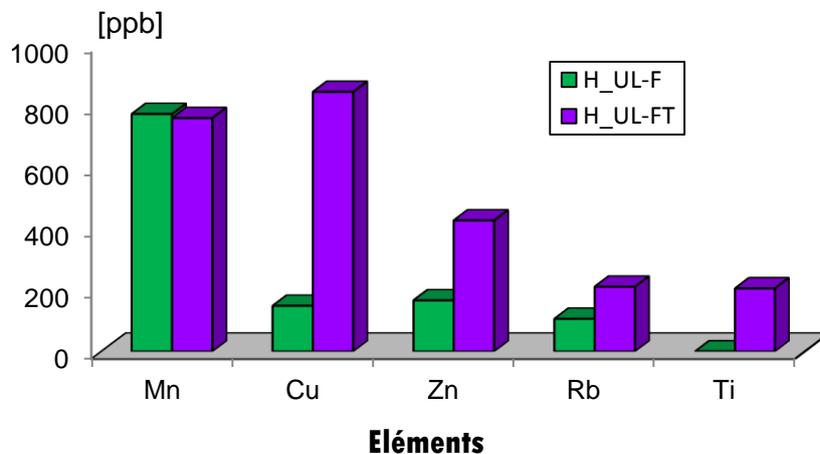


**Figure 3 :** Variation des éléments majeurs dans l'Urena Lobata

Dans la feuille+tige, la teneur en potassium est plus élevée que celle dans la feuille. Cette différence explique l'existence de potassium dans la tige mais moins importante. Dans la feuille+tige, la teneur en calcium et en fer sont 2 fois plus que celle dans la feuille. Cette inégalité montre la présence de calcium et de fer dans la tige en quantité importante que dans la feuille.

### 3-1-1-2. Eléments de concentration intermédiaire

Cinq éléments détectés ont de concentrations intermédiaires dont le magnésium, le cuivre, le zinc, le rubidium et le titane

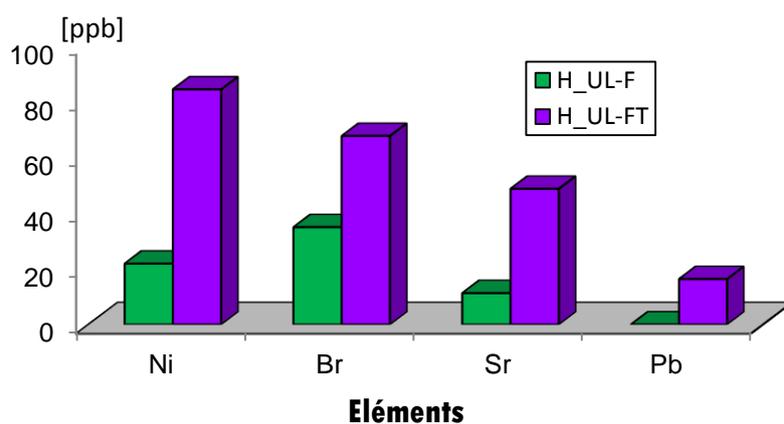


**Figure 4 :** Variation des éléments intermédiaires dans l'Urena Lobata

Le magnésium a une concentration presque constante dont 774,5539 ppb dans H-UL-F et 761,2683 ppb dans H-UL-FT. Cette petite différence pourrait causer par la préparation des échantillons. Dans H-UL-FT, la teneur en élément de Cu, Zn et Rb est toujours 2 fois plus que celle dans la feuille. Au cours de l'analyse de H-UL-F, on n'a pas détecté l'élément titane c'est-à-dire seulement sa tige qui le contient.

### 3-1-1-3. Eléments de faible concentration

Quatre éléments en trace ont été détectés après avoir analysé l'Urena Lobata : nickel, brome, Strontium et plomb.



**Figure 5 :** Variation des éléments mineurs dans l'Urena Lobata

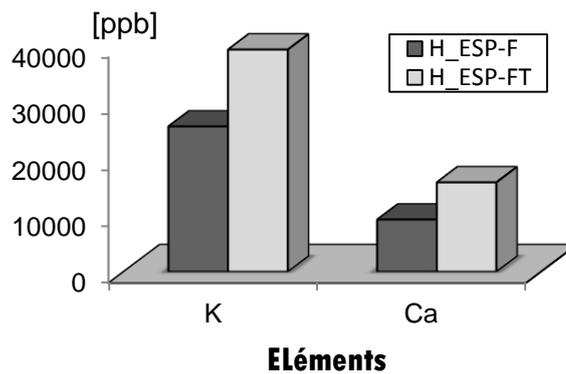
Leur concentration est comprise entre 11,24456 ppb du strontium dans H-UL-F à 84,2776 ppb pour le nickel. En plus, le plomb existe uniquement dans la tige et le nickel est fortement important dans la tige. La teneur en brome est la même dans la feuille et dans la tige.

**3-1-2. Erythroxyllum Sp**

L'Erythroxyllum Sp est une plante médicinale connue sous le nom « Tampiana » en malgache. Le résultat montre qu'elle contient dix éléments minéraux qui sont : Potassium, Calcium, Fer, Magnésium, Cuivre, Zinc, Brome, Nickel, Rubidium et Strontium en différente quantité.

**3-1-2-1. Eléments de concentration élevée**

Le potassium et calcium sont deux éléments minéraux détectés possédant une teneur élevée dans l'Erythroxyllum Sp.

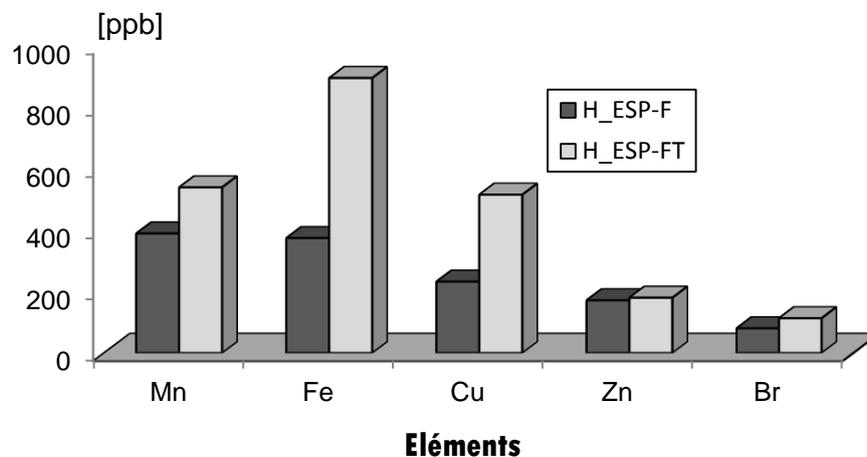


**Figure 6 : Variation des éléments majeurs dans l'Erythroxyllum Sp**

Cet histogramme explique l'existence en élément potassium et calcium à la fois dans la feuille et dans la tige mais de concentration distincte. En plus, ils occupent presque la totalité des éléments présents dans cette plante dont le premier c'est le potassium 39392,3858 ppb puis le calcium 15836,5182 ppb, dans H-ESP-FT.

**3-1-2-2. Eléments de concentration intermédiaire**

Cinq éléments détectés ont de concentrations intermédiaires, tels que le magnésium, fer, cuivre, zinc et brome.



**Figure 7 : Variation des éléments intermédiaires dans l'Erythroxyllum Sp**

On remarque que la teneur d'élément magnésium 388,887112 ppb et celle de fer 373,871916 ppb dans la feuille sont presque la même et pareillement pour le magnésium 538,83163 ppb et celle de cuivre 515,081358 ppb dans la feuille+tige. Ensuite, le zinc contient presque uniquement dans la feuille dont la concentration est 171,611005 ppb. Enfin, la concentration en élément zinc et fer sont presque la même dans la feuille et la tige.

### 3-1-2-3. Eléments de faible concentration

Cette plante contient trois éléments en trace tels que : nickel, rubidium et strontium. Ce sont des éléments faiblement présents.

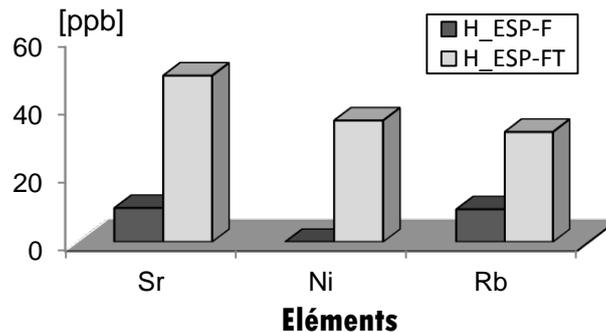


Figure 8 : Variation des éléments mineurs dans l'Erythroxylum Sp

Leurs concentrations sont comprises entre 9,61608 ppb pour le rubidium à 48,8443 ppb pour le strontium. D'après cet histogramme, la feuille ne contient pas de nickel. Le strontium et le rubidium sont presque la même concentration dans la feuille.

### 3-1-3. Acridocarpus Excelsus

L'Acridocarpus Excelsus est une plante médicinale connue sous le nom « Kirajy » en malgache. Elle est parmi les plantes rares car elle pousse sur le terrain non fertile et j'ai pris mes échantillons dans la région SOFIA au Province de Mahajanga-Madagascar. Le résultat nous montre qu'elle contient neuf éléments minéraux et un élément lourd qui sont : Potassium, Calcium, Fer, Cuivre, Zinc, Brome, Rubidium, Strontium, Titane et Plomb.

#### 3-1-3-1. Eléments de concentration élevée

Deux éléments ont de concentration élevée tels que : potassium et calcium ; ont détecté à l'analyse de l'Acridocarpus Excelsus.

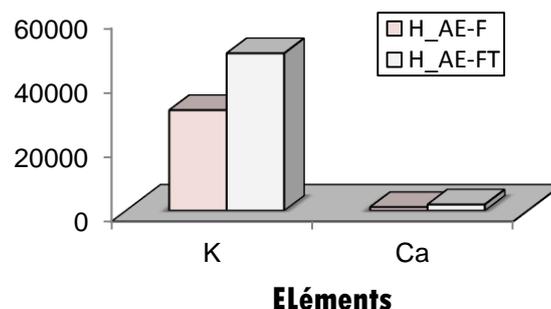


Figure 9 : Variation des éléments majeurs dans l'Acridocarpus Excelsus

Cet histogramme illustre l'existence de l'élément potassium et calcium dans la feuille et dans la tige mais de concentration très différente. Ensuite, le calcium existe presque uniquement sur la feuille avec une concentration 1089,6971 ppb.

3-1-3-2. Eléments de concentration intermédiaire

Quatre éléments détectés ont de concentration intermédiaire, tels que le fer, le cuivre, le zinc et le rubidium.

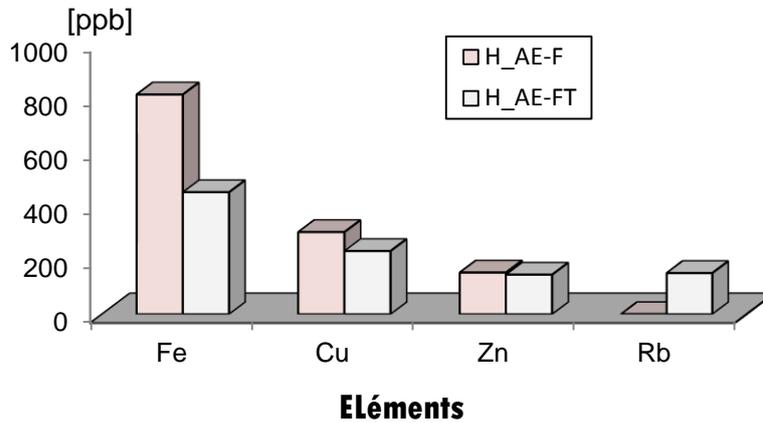


Figure10 : Variation des éléments intermédiaires dans l'Acridocarpus Excelsus

D'après cet histogramme, la tige ne contient ni le fer, ni le cuivre, ni le zinc. L'absence de ces éléments dans la feuille+tige pourrait d'être aux réactions chimiques entre les éléments sur la feuille et sur la tige.

3-1-3-3. Eléments de faible concentration

Elle contient trois éléments en trace tels que : le brome, strontium et plomb. Ce sont des éléments de faible concentration.

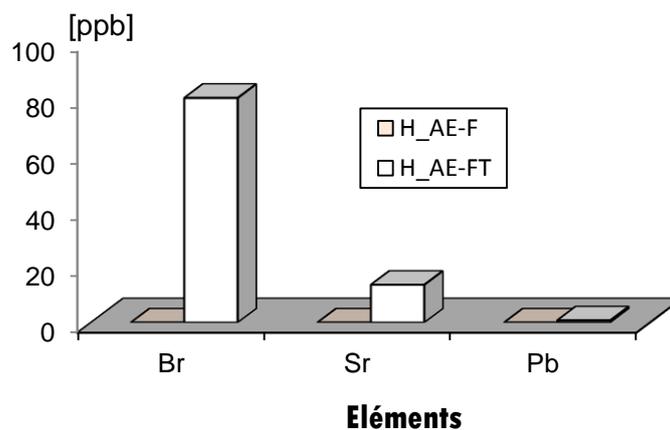


Figure 11 : Variation des éléments mineurs dans l'Acridocarpus Excelsus

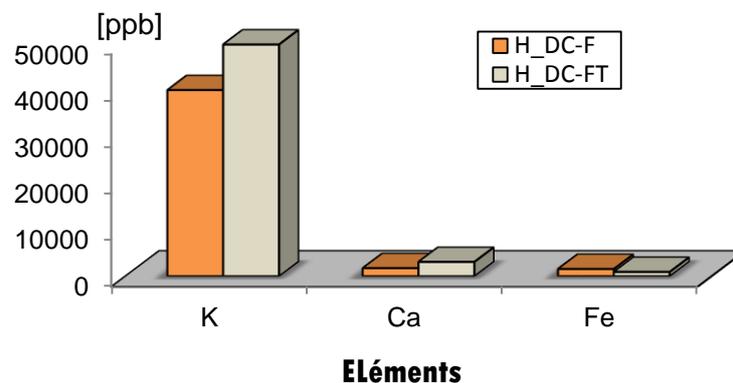
On constate que sa feuille ne contient ni brome, ni strontium, ni plomb mais sa tige contient à la fois ces trois éléments dont la concentration est respectivement : 80,000281 ppb ; 13,477646 ppb et 0,7710132 ppb.

### 3-1-4. *Desmodium Canum*

Le *Desmodium Canum* est une plante médicinale connue sous le nom « Tsilavondrivotra » en malgache. Elle exige le terrain humide. Le résultat nous montre qu'elle contient 11 éléments minéraux tels que : le potassium, Calcium, Fer, Magnésium, Cuivre, Zinc, Brome, Nickel, Rubidium, Strontium et le Titane.

#### 3-1-4-1. Éléments de concentration élevée

Trois éléments ont de concentration élevée tels que : potassium qui favorise le développement et la régulation de l'économie en eau de la plante, Calcium joue un rôle de métabolique et fer indispensable à la synthèse de la chlorophylle.

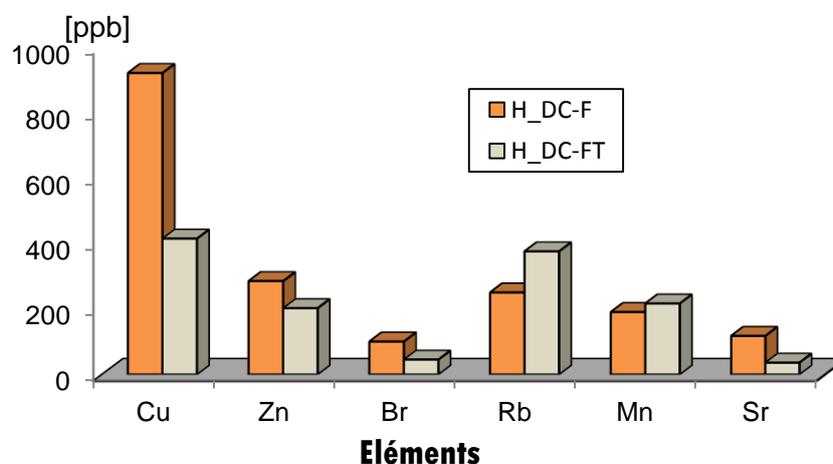


**Figure 12 :** Variation des éléments majeurs dans le *Desmodium Canum*

On voit que le potassium a une concentration très élevée que le calcium et le fer. En plus, le *Desmodium Canum* contient beaucoup plus en élément sur la feuille que celle sur la tige.

#### 3-1-4-2. Éléments de concentration intermédiaire

Six éléments détectés ont de concentration intermédiaire, tels que le magnésium, rubidium, cuivre, le zinc, brome et strontium.

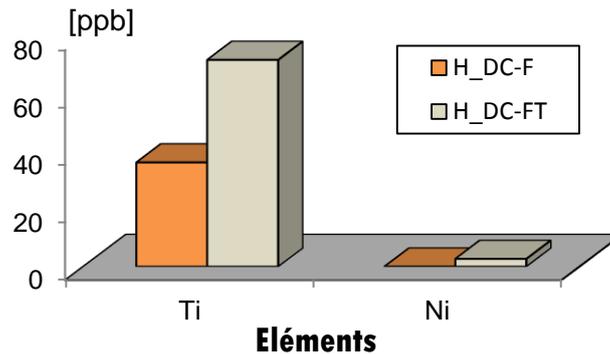


**Figure 13 :** Variation des éléments intermédiaires dans le *Desmodium Canum*

Dans les quatre plantes analysées, le Desmodium Canum est le plus nombreux élément en moyenne concentration. On remarque qu'il y en a une diminution de la teneur en élément Cu, Zn, Br et Sr dans la feuille+tige par rapport à celle dans la feuille. Cette diminution pourrait expliquer l'absence de ces éléments dans la tige. Par contre le Rb, Mn existent à la fois dans la feuille et la tige.

### 3-1-4-3. Eléments de faible concentration

Cette plante contient deux éléments en trace tels que : le nickel et le titane. Ce sont des éléments en faible concentration parmi ces éléments détectés.



**Figure 14 :** Variation des éléments mineurs dans le Desmodium Canum

Cet histogramme nous montre que le Desmodium Canum contient le nickel uniquement dans la tige mais le titane contient la même quantité sur la feuille et sur la tige.

### 3-2. Interprétations des résultats du mélange de ces quatre plantes médicinales

Dix éléments minéraux et un élément lourd tels que : le Potassium (K), le Calcium (Ca), Magnésium (Mn), le Fer (Fe), le Nickel (Ni), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Brome (Br), le Rubidium (Rb), le Strontium (Sr) et le Plomb (Pb) ont été détectés après l'analyse du mélange des feuilles puis le mélange des feuilles+tiges de ces quatre plantes médicinales dont chaque élément possède sa concentration. Le potassium a une teneur énormément importante par rapport aux autres éléments. Les résultats obtenus sont regroupés dans les **Tableaux** ci-dessous :

- Leurs concentrations sont en ppb (partie par billion) : une ppb correspond à microgramme par litre [ $\mu\text{g/L}$ ];

Voici la signification des lettres sur le code des échantillons :

- H : 1<sup>ère</sup> lettre du prénom Harvel pour éviter la confusion aux échantillons ;
- MF : Mélange des feuilles de ces quatre plantes médicinales analysées ;
- MFT : Mélange des feuilles+tiges de ces quatre plantes médicinales analysées.

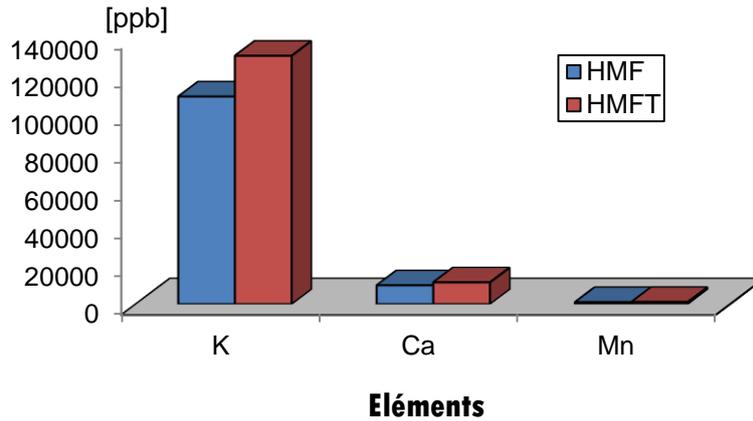
**Tableau 2 : Résultats aux analyses du mélange de ces quatre plantes**

ELEMENTS	ECHANTILLONS	
	H_MF	H_MFT
K	109403,9894	130840,2032
Ca	9934,859874	11495,34603
Ti	0	0
Mn	1057,384848	1130,99434
Fe	942,0021987	1952,678484
Ni	0	302,7912164
Cu	268,9327092	912,046743
Zn	197,605597	304,2738397
Br	139,3138472	128,2459416
Rb	322,8148456	348,596147
Sr	96,0236639	76,56685534
Pb	20,11359199	0

D'après ce **Tableau**, on constate que ces plantes contiennent presque de même éléments mais de concentration différente. En plus, chaque plante contient une concentration très élevée en éléments potassium de l'ordre de 109403,9894 ppb suivi de l'élément calcium 9934,859874 ppb. Par contre, à cause de la faible concentration en l'élément titane pour chaque plante, il n'apparaît dans le mélange. Le résultat regroupe trois catégories de concentration en élément tels : des éléments possédant une concentration élevée l'ordre de 1000 ppb puis de moyenne concentration l'ordre de 100 ppb et enfin de faible concentration.

### **3-2-1. Eléments de concentration élevée**

Parmi les éléments détectés au cours de l'analyse de mélange des feuilles de l'*Urena lobata*, *Desmodium Canum*, l'*Erythroxylum Sp*, l'*Acridocarpus Excelsus*, trois éléments ont une concentration élevée : le potassium, le calcium et le magnésium.

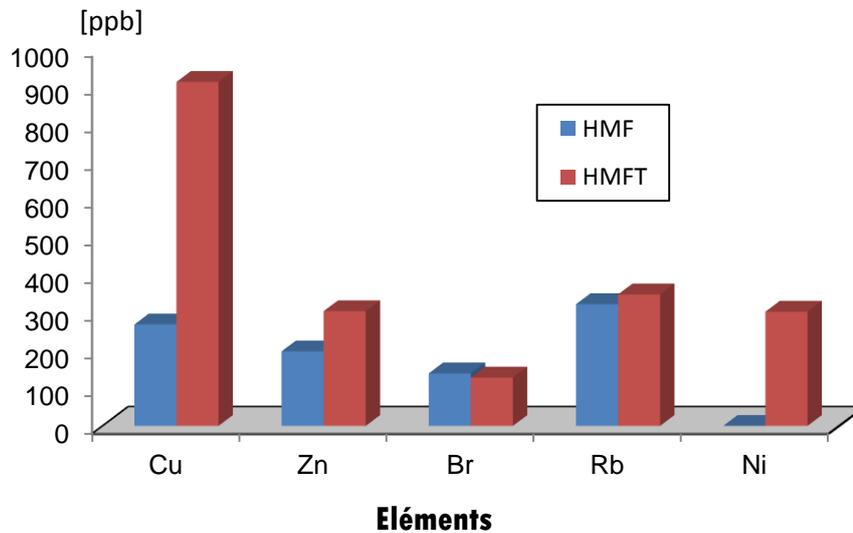


**Figure 15 :** *Variation des éléments majeurs dans les mélanges*

Cet histogramme nous montre que ces quatre plantes sont riches en élément potassium, calcium et le magnésium mais se trouvent principalement dans les feuilles.

**3-2-2. Eléments de concentration intermédiaire**

Cinq éléments détectés ont de concentration intermédiaire, tels que le cuivre, le zinc, le brome, le rubidium et nickel ont détecté dans les deux mélanges.

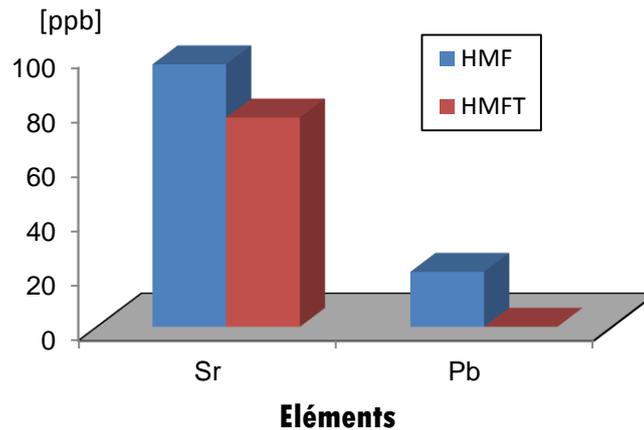


**Figure 16 :** *Variation des éléments intermédiaires dans les mélanges*

On remarque que qu'il y a une augmentation de concentration en élément cuivre, nickel quand on mélange ces plantes. En plus, le brome et le rubidium ont des concentrations presque uniquement dans les mélanges de leurs feuilles.

**3-2-3. Eléments de faible concentration**

Deux éléments ont de faible concentration tels que : le strontium et le plomb.



**Figure 17 :** Variation des éléments mineurs dans les mélanges

On remarque que ces mélanges sont pauvres en élément plomb surtout sur leurs tiges. Cela nous explique la faible concentration en plomb. En faisant un résumé, d'après l'analyse de ces quatre plantes médicinales, on constate qu'il y en a des éléments dans les tiges n'existe pas dans les feuilles comme le cas de magnésium et le rubidium dans l'*Acridocarpus Excelsus*. En plus, la teneur en élément dans la feuille est presque remarquable par rapport celle dans la tige. Cette différence pourrait expliquer l'inégalité de taux de transfert des éléments dans la tige et dans la feuille. On constate que ces quatre plantes contiennent une forte teneur en élément potassium qui favorise le développement et la régulation de l'économie en eau de la plante. Ensuite, on constate que l'*Urena Lobata* possède une concentration en fer très élevée 2977,4216 ppb que les autres plantes. Elle est la plus verte à la fois la tige et sa feuille parmi ces quatre plantes analysées. Cette différence nous explique le rôle de fer dans une plante. Il est indispensable à la synthèse de la chlorophylle favorisant la couleur verte dans une plante.

#### 4. Conclusion

La méthode d'analyse par fluorescence X à réflexion totale est très efficace pour la détermination des éléments minéraux et en trace dans les plantes comme le de l'*Urena Lobata*, *Desmodium Canum*, l'*Erythroxylum Sp*, l'*Acridocarpus Excelsus* et leur mélange. Cette méthode ne demande qu'une faible quantité d'échantillon mais elle est rapide, fiable et multi-élémentaire c'est -à - dire qu'elle est capable de déterminer la teneur de tous les éléments allant du phosphore ( $Z = 15$ ) à l'uranium ( $Z = 92$ ) présents dans les échantillons même à l'état trace. Au cours de l'analyse de ces plantes, on a détecté onze éléments minéraux et un élément lourd tels que : le Potassium (K), le Calcium (Ca), le Titane (Ti), Magnésium (Mn), le Fer (Fe), le Nickel (Ni), le Cuivre (Cu), le Zinc (Zn), le Brome (Br), le Rubidium (Rb), le Strontium (Sr) et le Plomb (Pb) dont chaque plante possède sa propre concentration mais on a vu que celle du potassium et du calcium sont toujours élevées par rapport aux autres éléments. L'élément potassium occupe presque la totalité des éléments dans ces plantes dont le pourcentage varie de 60 % dans l'*Erythroxylum Sp* à 94 % dans l'*Urena Lobata*.

## Références

- [1] - FIEVERA PASCAL MANOELA, « Etude de la correction entre la concentration du potassium dans l'extrait d'Aferontany et effet biologique sur un cœur isolé » Thèse de doctorat de 3<sup>è</sup> Cycle, Faculté des Sciences à l'Université d'Antananarivo (2005).
- [2] - M. RASOLOFONIRINA, « La détermination de la qualité élémentale des eaux de consommation de la ville d'Antananarivo et d'autres villes de Madagascar et des eaux embouteillées par la méthode d'analyse par fluorescence-X à réflexion totale », Thèse de doctorat de 3<sup>è</sup> Cycle, Faculté des Sciences à l'Université d'Antananarivo (2000).
- [3] - FIEVERA P. MANOELA, « Etude de la teneur en éléments de quelques plantes médicinales Malagasy par la technique de la fluorescence-X à réflexion totale », Mémoire de DEA, Faculté des Sciences d'Antananarivo (2000).
- [4] - <https://www.fichier-pdf.fr/2014/09/24/larousse-encyclopedie-deplantes-medicinales/larousse-encyclopedie-des-plantes-medicinales.pdf>
- [5] - JULIE MARIE-JOSEPHE DUTERTRE, « Enquête prospective au sein de la population consultant dans les cabinets de médecine générale sur l'île de la Réunion : à propos des plantes médicinales, utilisation, effets, innocuité et lien avec le médecin généraliste » Thèse pour l'obtention du DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE, Université Bordeaux 2 -Victor Segalen U.F.R des Sciences Médicales (2011).
- [6] - FATMA ZOHRA CHAKOU, KENZA MEDJOUJJA, « Etude bibliographique sur la phytochimie de la famille *Zygophyllaceae* pour aider à la détermination des principaux métabolites secondaires isolés des espèces les plus étudiées du genre *Nitraria* dont le but de la valorisation et l'identification des principes actifs de ce genre », Licence, Université kasdi merbah, ouargla Faculté des Sciences de la Nature et de la vie Département des Sciences Biologiques (2014).
- [7] - HAFSA YAICHE ACHOUR, MUSTAPHA KHALI, « Composition physicochimique des miels algériens. Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques », article *Afrique SCIENCE 10(2) (2014) 127 - 136*.