

## **Caractérisation physico-chimique des produits volcaniques de Madagascar pour son utilisation agricole**

**Andriamanjato RAJAOARISOA<sup>1\*</sup>, Bruno RAZANAMPARANY<sup>1</sup>, Louissette RASOLONIAINA<sup>2</sup>, Seta RANDRIAMAMPIONONA<sup>2</sup> et Emmanuel RAKOTONANAHARY<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Laboratoire de Chimie Minérale, Faculté des Sciences, BP 906, Université d'Antananarivo, Madagascar*

<sup>2</sup>*CNIRIT (Centre National de Recherche Industrielle et Technique), BP 6294 Antananarivo, Madagascar*

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

### **Résumé**

Les zones volcaniques sont réputées d'être fertiles et ont une grande potentialité agricole. De ce fait, beaucoup de gens utilisent les sols volcaniques comme fertilisants. Or, jusqu'à maintenant à Madagascar, il y a très peu d'études scientifiques qui ont été faites sur les formations volcaniques et de leurs bienfaits sur l'agriculture. Ce qui nous amène à étudier sur la possibilité de fabrication de fertilisant à partir des produits volcaniques. Ces derniers représentent une superficie importante de notre île.

Nous avons effectué deux missions de reconnaissance géologique et de prélèvement d'échantillons dans deux secteurs, l'une dans la zone volcanique d'Itasy et l'autre dans la zone volcanique d'Ankaratra, suivies de différentes analyses et de tests de culture. Notre but est d'effectuer des études plus scientifiques sur les produits volcaniques et leurs effets sur les cultures afin d'aboutir à l'obtention d'un fertilisant.

Sur le terrain, nos observations ont porté sur la répartition des différentes formations et leurs relations mutuelles. Au laboratoire, nous avons effectué différentes analyses : analyse chimique, analyse minéralogique par deux méthodes : la fluorescence X et la diffraction X, une analyse granulométrique et des tests de culture sur le haricot et le maïs. Les observations sur le terrain ont montré que les principales formations sont des scories et des laves scoriacées avec un sous-bassement de basalte. Les résultats de l'analyse chimique ont montré une valeur fertilisante des échantillons. L'analyse minéralogique a montré la richesse en minéraux et oligoéléments des différents échantillons. Les tests de culture ont montré une action positive des produits volcaniques par rapport à un témoin.

**Mots-clés :** *zones volcaniques de Madagascar, minéraux, fertilisant.*

### **Abstract**

**Characterization chemical physico of the volcanic products of Madagascar for its agricultural use**

The volcanic zones are reputed to be fertile and have a big agricultural potentiality. Of this fact, a lot of people use the volcanic soils as fertilizing. However, until now to Madagascar have very few scientific studies that have been made on the volcanic formations of their kindness on agriculture. What brings us to study on the possibility of manufacture of fertilizing from the volcanic products representing a surface relatively important of our island.

We did two missions of geological recognition and withdrawal of samples in two sectors, one in the volcanic zone of Itasy and the other in the volcanic zone of consistent Vakinankaratra of different analyses and tests of culture. Our goal is to do more scientific studies on the layers and their effects on the cultivating in order to succeed to the obtaining of a fertilizing.

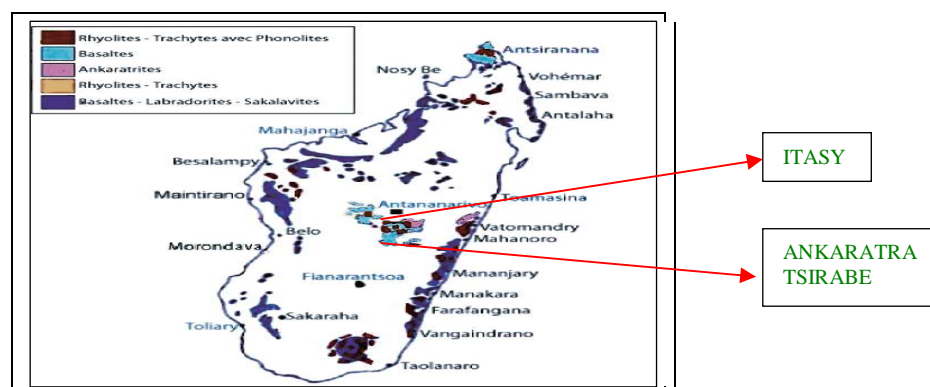
On the land, our observations were about the distribution of the different formations and their mutual relations. To the laboratory, we did different analyses : chemical analysis, mineralogical analysis by two methods: the X fluorescence and the X diffraction, an analysis granulocytic and of the tests of culture on the bean and the corn. The observations on the land showed that the main formations are abjectly the slugs and lavas scoriae with one coins of basalt. The results of the chemical analysis showed a fertilizing value of the samples. The mineralogical analysis showed wealth in minerals and trace elements of the different samples. The tests of culture showed an action positive of the volcanic products in relation to a witness.

**Keywords :** *volcanic zones of Madagascar, mineral, fertilizing.*

## 1. Introduction

Madagascar est un pays à vocation agricole. Toutefois, nos sols généralement acides et pauvres en éléments fertilisants sont à faible productivité et sujets à la dégradation. Leur amendement ou l'apport d'engrais est donc indispensable pour avoir un taux de rendement satisfaisant. Le problème d'engrais subsiste dans notre île .Les engrais chimiques s'avèrent chers et les engrais biologiques sont insuffisants. Une des solutions que nous avançons est l'utilisation des produits volcaniques. Ils sont abondants à Madagascar et contiennent beaucoup de minéraux représentant une source non négligeable d'éléments minéraux et d'oligoéléments nécessaires à l'amendement des sols et par la suite au bon développement des cultures Les principaux minéraux rencontrés sont tels le quartz : $(SiO_2)$  diopside  $(Ca (Mg,Al) (Si, Al)_2O_6)$ , apatite,  $(Ca_5 (PO_4)_3F; Cl)$ , olivine  $(Mg_{1,39}Fe_{0,61}(SiO_4))$ , anorthite  $((Ca, Na) (Si, Al)O_8)$  etc. D'après *Von Liebig* [1] Les minéraux servent de nourriture à tous les végétaux et qu'ils sont tous aussi indispensables à leur constitution. Comme ces produits volcaniques sont des ressources naturelles, d'après *Berner* [2] ils pourraient donc être utilisés comme des amendements fertilisants performants dans les itinéraires culturaux. Leur étude s'avère intéressante pour l'agriculture afin de valoriser d'une part les produits locaux et naturels et d'autre part de diversifier les intrants agricoles.

## 2. Répartition des zones volcaniques a Madagascar



**Figure 1 :** *Extraite de la carte géologique de Besairie Echelle :1 /6.000.000[ 11]*

Elles sont réparties sur les côtes et au centre. Les principales formations sont constituées par des basaltes, des trachytes ou des rhyolites (*Figure 1*).

### 3. Matériel et méthodes

#### 3-1. Site d'étude

Nous avons choisi l'étude de trois secteurs, un dans la zone volcanique d'Itasy et les deux dans la zone volcanique d'Ankaratra.

Dans la zone volcanique de l' Itasy\_situé à 120km à l'ouest d'Antananarivo :

-*Secteur d'Ambatomidramijay* couvrant une superficie d'environ 15 km<sup>2</sup> dont les coordonnées géographiques sont les suivants :

EST: 49 ° 29' 28 " 42

SUD: 18 ° 57' 28" 23

Dans la zone volcanique d'Ankaratra situé à 170 km sud d'Antananarivo Madagascar [2]

-*Secteur de Betafo* couvrant une superficie de 20km<sup>2</sup> dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

EST : 46° 53' 16 " 22

SUD: 19° 51' 12" 97

-*Secteur près du lac de Tritriva district d'Antsirabe* couvrant une superficie de 10 km<sup>2</sup> dont les coordonnées géographiques sont les suivantes

EST : 46° 55' 48" 65

SUD : 19° 55' 22" 70

Les coordonnées géographiques sont fournies par le service géologique d'Ampanzianomby Antananarivo Madagascar.

#### 3-2. Echantillonnage

Nous avons réalisé un profil du sol sur une tranchée verticale. Nous avons pris nos échantillons pendant la saison sèche (mois de mai-septembre) à l'aide d'une pelle, à chaque fois que la couche change de couleur, sur une même tranchée.

#### 3-3. Analyse physico-chimique

##### 3-3-1. Analyse chimique

On a réalisé les analyses chimiques des différents échantillons prélevés au laboratoire Radio-Isotopique (LRI) d'Ampanzianomby Antananarivo Madagascar dont les méthodes sont les suivantes :

- La recherche de phosphore assimilable (P Olsen) par la méthode Olsen ou méthode au bleu. Le réactif d'extraction est le bicarbonate de Sodium NaHCO<sub>3</sub>. Le réactif de dosage est le Molybdate d'ammonium (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O

- Recherche de phosphore total (Ptot) par la méthode au jaune de vanadomolybdate. Le réactif d'extraction : perchlorique concentré HClO<sub>4</sub>.

Le réactif de dosage : mélange de molybdate et métavanadate d'ammonium.

- Recherche d'azote total (N) par la méthode Kjeldal

- Potassium total (Ktotal) : avec la méthode au cobaltihexamine

### **3-3-2. Analyse physique**

Nous avons fait trois sortes d'analyses physiques sur les échantillons.

- Analyse par spectrométrie de fluorescence X au laboratoire de la société de fabrication de ciment HOLCIM Madagascar.
- Analyse granulométrique au laboratoire de pédologie FOFIFA Antananarivo.
- Analyse par spectrométrie de diffraction RX, au laboratoire ITODYS : Bâtiment LAVOISIER 15 Rue Jean de Baïf 75205 PARIS CEDEX.

### **3-4. Traitements des échantillons**

On a broyé les différents échantillons prélevés sur une tranchée dans chaque secteur suivi de tamisage avec trois types de granulométrie 200 $\mu$ ; 500 $\mu$  et 2000 $\mu$ .

Des essais de culture sur le haricot dans des récipients de 0,7 dm<sup>3</sup> ont été effectués sur ces trois types de granulométrie de produits volcaniques avec trois répétitions.

### **3-5. Essais de culture**

Plusieurs tests d'observation avec 3 répétitions ont été effectués sur les produits volcaniques de chaque secteur étudié.

*- Essais sur les produits volcaniques du secteur d'Ambatondramijay dans la région volcanique de l'ITASY*

- **Test de germination sur haricot**

Protocole expérimental :

Date de semis : Novembre 2004

Température maximale : 28°C

Température minimale : 20°C

Dose 100g par pot :

On a placé une à une les semences d'haricots dans des pots de 1L en plastique munis de trous au fond. Le terreau est préparé à partir d'un mélange de sol ferrallitique, et de produit volcanique broyé à 200 $\mu$  avec un témoin Chaque pot est arrosé tous les 2 jours

*- Essais sur les produits volcaniques des secteurs de TRITRIVA et de BETAFO dans la région volcanique de VAKINANKARATRA*

- **Test de culture sur le maïs**

Protocole expérimental :

Date de semis : 9 mars 2007

Température maximale moyenne : 24°C

Température minimale moyenne : 16°C

On a cultivé des semences dans des pots de 15L en plastique munis de trous au fond. Le terreau est préparé à partir d'un mélange de sol ferrallitique, et de produits volcaniques broyés à 200 $\mu$  selon l'indication du **Tableau 1**. Chaque pot est arrosé tous les 2 jours. Les pots sont repartis en 2 lots. Chaque lot comporte 20 pots.

Lot N°1 : Témoin : sol ferrallitique.

Lot N°2 : Sol ferrallitique + produit volcanique broyé à 200 $\mu$ .

**Tableau 1 : Composition des terreaux**

	N° du lot	1	2
<b>Composition (en Kg)</b>			
Sol ferrallitique		7,3	6,5
Produit volcanique broyé à 200µ		-	1,6

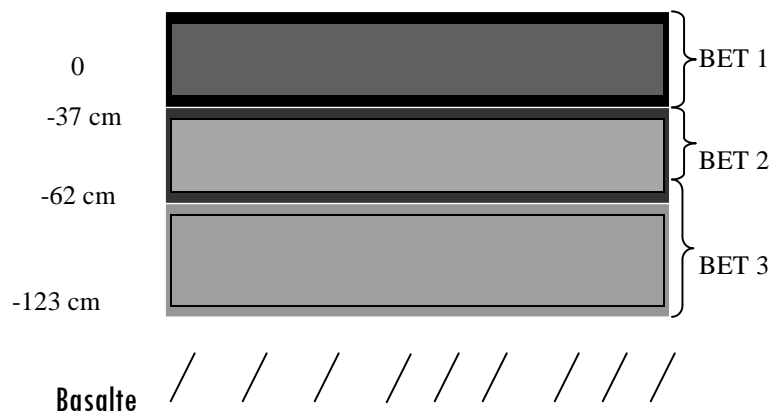
## 4. Résultats et discussion

### 4-1. Site d'étude

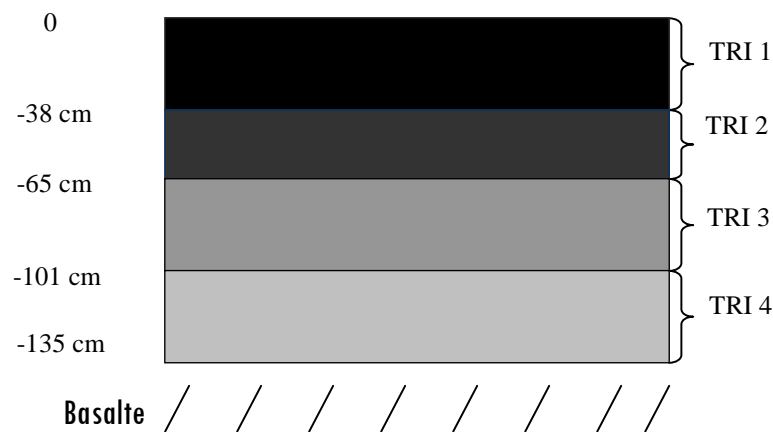
Les deux zones d'étude sont situées dans les hautes terres centrales de l'île. Elles forment des dômes. Elles présentent un climat de type tropical avec une alternance de 2 saisons : saison chaude et pluvieuse et saison froide et sèche.

L'agriculture et la pêche sont les principales sources de revenus de leur population. Elles sont accessibles par route toute l'année

### 4-2. Échantillonnage

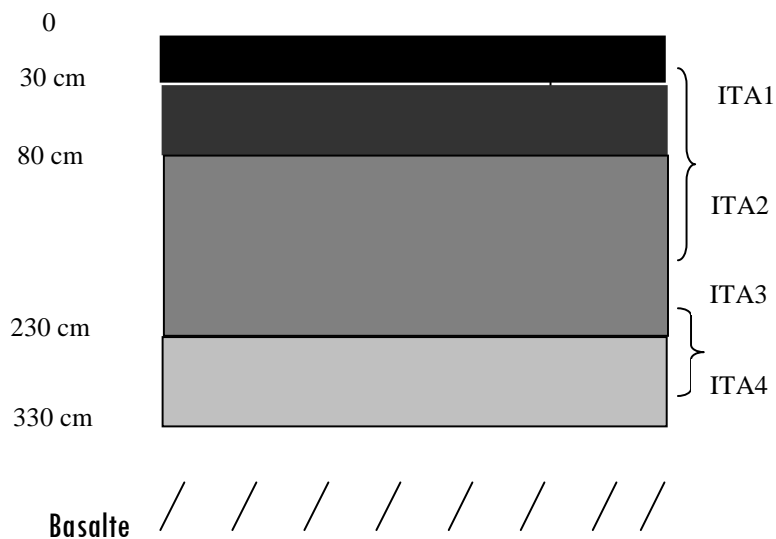


**Figure 2 : Profil pédologique de Betafo**



**Figure 3 : Profil pédologique de Tritriva**

Ces différentes couches sont formées de scories avec un soubassement de basalte.



**Figure 4 : Profil pédologique d'Itasy**

Ces différentes couches sont formées par la prédominance de scories avec un soubassement de basalte. Elles sont sombres, tantôt grises, tantôt noires, dues à la prédominance des éléments ferromagnésiens utiles au développement des cultures. Ces terrains sont meubles ne nécessitant pas de gros engins (*Figures 2, 3 et 4*).

### 4-3. Analyses physico-chimiques

#### 4-3-1. Analyse Chimique

**Tableau 2 : Analyse chimique des échantillons prélevés dans le secteur d'Ambatondramijay, zone volcanique d'Itasy**

Échantillon	N%	K(me/100g)	P(Olsen) en ppm
ITA1	0.014	1.67	154.92
ITA2	0.007	1.23	232.10
ITA3	0.014	2.49	8.40
ITA4	0.021	0.77	321.20
Sol(Ankazobe)	0.14	0.06	2.79

*ITA : Échantillons prélevés à Itasy*

Ces échantillons sont très riches en phosphore et en potassium par rapport au sol de référence d'Ankazobe mais pauvres en azote. On peut dire qu'ils ont donc une valeur fertilisante car le P et K sont parmi les éléments fertilisants majeurs. L'azote pourrait être amélioré par des méthodes de cultures ou apporté par les précipitations car il est très faible pour une utilisation agricole (*Tableau 2*).

**Tableau 3 :** *Analyse chimique des échantillons prélevés dans les secteurs de Tritriva et Betafo, zone volcanique de Vakinankaratra*

Échantillon	N ‰	Ktot ‰	P(olsen) en ppm
BET 1	5.46	0.09	8.86
BET 2	5.60	0.08	9.95
BET 3	0.19	0.91	7.07
TRI 1	6.49	0.09	8.02
TRI 2	1.87	0.10	8.13
TRI 3	0.43	0.12	9.28
TRI 4	0.09	0.17	10.89

*BET : échantillon prélevé à Betafo TRI : échantillon prélevé à Tritriva*

Ces échantillons sont moins riches en P et en K que ceux d'Ambamiranjaj de l'Itasy mais plus riches en N. Les caractères minéralogiques et géochimiques des produits volcaniques sont différents d'une zone à l'autre suivant le magma originel (**Tableau 3**).

**Tableau 4 :** *Résultat d'analyse par spectrométrie de fluorescence X de produit volcanique d'Itasy*

Élément	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% en masse	13.066	39.348	10.524	4.417		0.219	15.158
Élément	PdO	K <sub>2</sub> O	SeO <sub>3</sub>	SrO <sub>2</sub>	SrO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BaO
% en masse		1.724	0.098			1.028	

Ces échantillons contiennent des éléments mineurs tels le Ca et le Mg et beaucoup d'oligo-éléments se présentant sous forme d'oxyde indispensables au développement des cultures ; soit sous forme de spectre.

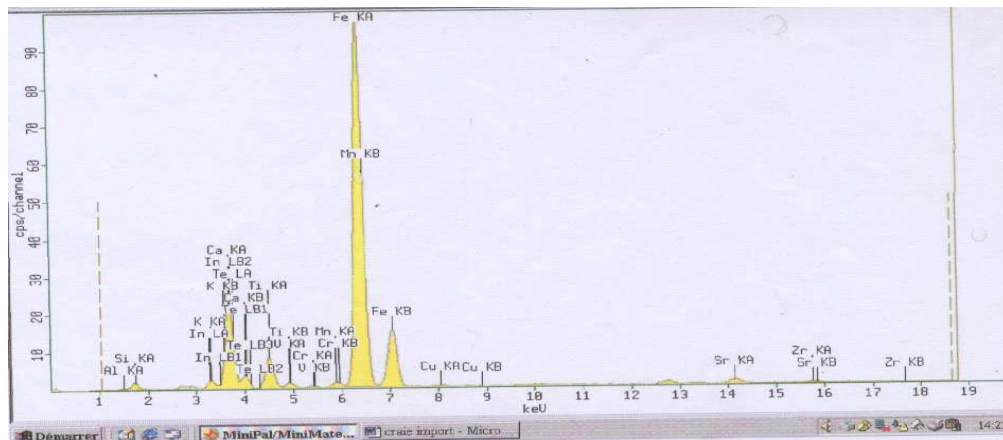
### **4-3-2. Analyse physique**

#### **4-3-2-1. Analyse par spectromètre de fluorescence X**

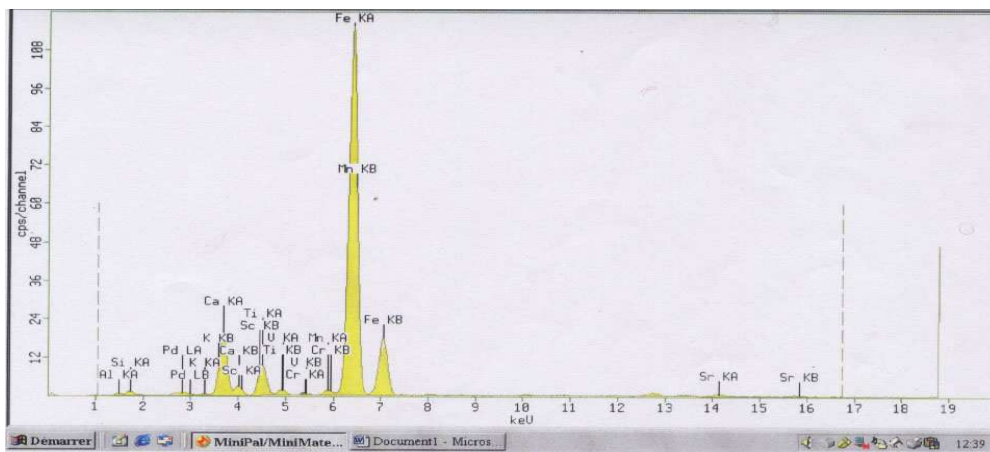
Les résultats sont donnés soit sous forme de spectre (**Figures 5 et 6**).

La spectrométrie de fluorescence X est une méthode d'analyse élémentaire, donc permet de déterminer les concentrations en éléments purs. Cependant, les éléments sont souvent présents sous forme de composé (molécules, cristaux, polyatomiques) dans le matériau initial. Il peut donc être souhaitable de présenter des pourcentages de composés plutôt que d'éléments. On exprime par exemple souvent des concentrations en oxyde. La concentration en composé est calculée, en général par le logiciel d'analyse, à partir des concentrations en élément et des formules chimiques. Si l'élément n'est pas présent sous la forme indiquée, alors l'expression en composé est fautive bien que l'analyse soit juste. Par exemple, le fer peut être présente sous la forme de fer pur Fe, ou d'oxyde de fer : wustite FeO [5].

Les spectres de fluorescence X des produits volcaniques de Tritriva et de Betafo présente beaucoup de similitude. Le pic à raie très intense à 6.5 keV correspond à l'élément fer pour la raie  $K\alpha$  et à 7 keV pour la raie  $K\beta$ .



**Figure 5 :** Spectre de fluorescence X du produit volcanique BET 2 de BETAFO



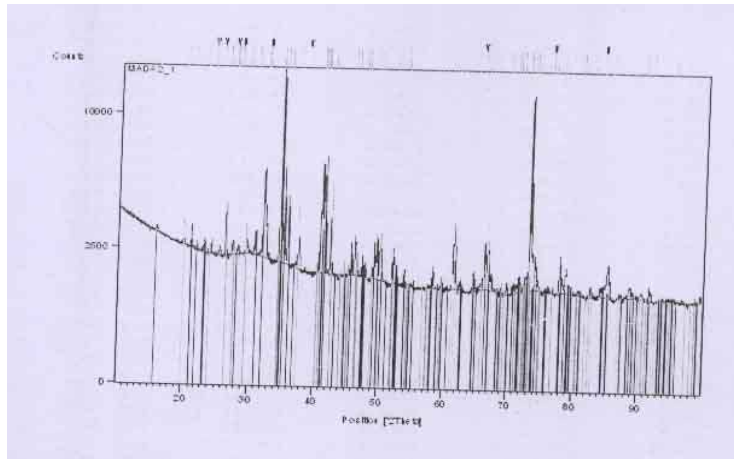
**Figure 6 :** Spectre de fluorescence X du produit volcanique TRI 3 de TRITRIVA

Les produits volcaniques contiennent aussi du Calcium Ca à raie d'intensité moyenne d'énergie 3.8 keV, le Potassium K à 3.2 keV. Pour le Manganèse Mn, on a la raie intense  $K\beta$  à 6.7 keV et la raie  $K\alpha$  de faible intensité à 6 keV environ. L'échantillon contient aussi du Silicium (raie à faible intensité à 1.8 keV). Les résultats complets sont regroupés dans les **Tableau 3 et 4**.

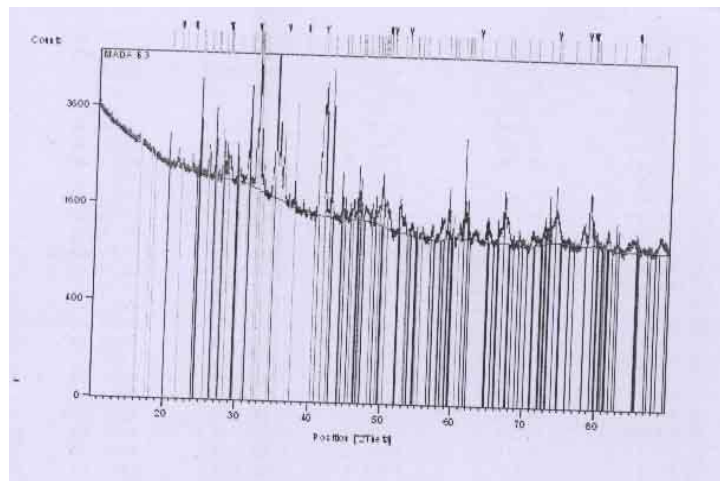
#### 4-3-2-2. Analyse par spectrométrie diffraction RX

Les résultats sont donnés soit sous forme de spectre (**Figures 7 et 8**) ou soit sous forme de tableaux (**Tableaux 5 et 6**).





**Figure 7 :** *Spectre de diffraction RX du produit volcanique BET2*



**Figure 8 :** *Spectre de diffraction RX du produit volcanique TR13*

**Tableau 5 :** *Résultat d'analyse par fluorescence X de BET 2*

Constituants	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CrO <sub>3</sub>
% en masse	29	28	12,2	4,4	0,2	0,1
Constituants	SrO	K <sub>2</sub> O	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PdO
% en masse	0,083	0,31	0,1	0,1	22,9	2,6

**Tableau 6 :** *Résultat d'analyse par spectromètre de fluorescence X de produit volcanique de TRITRIVA*

Constituant	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% en masse	24.0	35.0	11,9	3,70	0,10	0,28	20,8
Constituant	PdO	K <sub>2</sub> O	SeO <sub>3</sub>	SrO <sub>2</sub>	SrO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	BaO
% en masse	2,5	0,48	0,10	0,05	0,09	0,60	0,10

Nous avons comparé les résultats du spectre de diffraction RX des minéraux du JCPDS (International Centre for Diffraction Data USA) avec celui des produits volcaniques de BETAFO et TRITRIVA. Par exemple, la raie de diffraction RX à distance réticulaire  $d = 2,55 \text{ \AA}$  du  $\text{Fe}_5\text{TiO}_8$  (Iron. Titanium oxyde/Ulvospinel, ferian syn.) [2] correspond à  $d = 2,54066 \text{ \AA}$  avec le rapport d'intensité  $I/I_0 = 57,30 \%$  du produit volcanique BET1 de BETAFO. La raie de diffraction RX de distance réticulaire  $d = 3,40 \text{ \AA}$  du Magnétique syn. ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 56F correspond à  $d = 2,54073 \text{ \AA}$  avec le rapport d'intensité  $I/I_0 = 93,82 \%$  du produit volcanique TRI1 de TRITRIVA. La formule du titanomagnétite  $\text{Fe}_{2,75}\text{Ti}_{0,25}\text{O}_4$  du produit volcanique de BETAFO est proche de la formule de l'Iron Titanium Oxide, Ulvospinel, ferian syn  $\text{Fe}_5\text{TiO}_8$  [3].

**Tableau 7 :** Résultat d'analyse par diffraction RX des produits du JCPDS et des produits volcaniques de BETAFO

Produit JCPDS		Echantillon de BETAFO			
		BET 2			
Minéraux	D	Minéraux	d	$2\theta$	$I/I_0$ (%)
Iron Titanium	2,55		2,54066	41,2599	57,3
Oxyde	2,98	Titanomagnétite	2,99069	34,8327	63,07
Ulvospinel, ferion syn	1,5	$\text{Fe}_{2,75}\text{Ti}_{0,25}\text{O}_4$	1,49054	73,7583	10,89
$\text{Fe}_5\text{TiO}_8$					
Iron Oxyde	2,7	Hématite	2,78203	37,5391	7,63
Hemathite	2,52	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,5225	41,5707	8,49
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,7		1,72158	62,6086	3,2
Silicone	3,34	Quartz	3,34122	31,0802	100
Oxyde Quartz low	4,26	$\text{SiO}_2$	4,36194	23,6847	9,29
$(\text{SiO}_2)_9\text{H}$	1,82		1,83649	58,2967	1,87

**Tableau 8 :** Résultats d'analyse par diffraction RX des du produits JCPDS et des produits volcaniques de TRITRIVA

Échantillon de JCPDS		Échantillon de TRITRIVA			
		TRI 3			
Minéraux	d	Minéraux	d	$2\theta$	$I/I_0$ %
Quartz	3,4	Quartz	3,34546	31,0397	75,15
$\text{SiO}_2$	4,34	$\text{SiO}_2$	4,36709	23,6563	12,24
	1,84		1,81823	58,9867	15,24
Magnétite	2,53	Magnétite	2,54073	41,2587	93,82
Syn	1,49	Syn	1,48814	73,9581	25,39
$(\text{Fe}_3\text{O}_4)56\text{F}$	2,97	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	2,9651	35,1431	41,32
Magnésium	2,54	Olivine, group	2,54073	41,2587	93,82

La formule du Diopside  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$  du produit volcanique de BETAFO est identique à celle du calcium magnésium Silicate  $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ . On a substitution partielle entre Mg et Al et entre Si et Al.

La formule de l'Olivine  $(\text{Mg}_{0,672}\text{Fe}_{0,323})_2\text{SiO}_4$  du produit volcanique de BETAFO est proche de la formule du Magnésium Iron Silicate  $(\text{Mg}_{0,6}\text{Fe}_{0,4})_2\text{SiO}_4$ .

La formule de l'Olivine groupe  $(\text{Mg}_{0,902}\text{Fe}_{0,098})(\text{Mg}_{0,858}\text{Fe}_{0,142})\text{SiO}_4$  du produit volcanique de BETAFO est proche de celle du Magnésium Iron Silicate  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$  (**Tableaux 7 et 8**).

Ces échantillons prélevés contiennent des minéraux constitués d'éléments mineurs utiles aux cultures tels le Ca, Mg et des oligo-éléments Si, Fe. Ce qui confirme les résultats de l'étude de fluorescence X.

Aussi on peut dire que c'est une éruption volcanique issue d'un magma basique car les échantillons prélevés sont riches en éléments ferromagnésiens [4].

La formule de l'Olivine  $\text{Mg}_{1,626}\text{Fe}_{0,378}(\text{SiO}_4)$  du produit TRI 2 de TRITRIVA est proche de la formule du Magnésium Iron Silicate  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$  [3].

Le produit volcanique de TRITRIVA contient aussi de l'Albite low Na  $(\text{Al Si}_3\text{O}_8)$  et de l'albite désordonné  $\text{Na Al Si}_3\text{O}_8$ .

La formule de l'Anorthite sodian  $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8$  des produits volcaniques TRI 4 de TRITRIVA est proche de la formule de l'anorthite low  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ . Il y a donc substitution partielle entre Ca et Na et entre Si et Al.

Les minéraux riches en Silicium comme le quartz  $\text{SiO}_2$  se forment sur la couche supérieure.

Les minéraux riches en Ca, Mg et Fer se trouvent en profondeur. Donc les produits volcaniques de TRITRIVA sont issus du magma basique. La coulée de lave forme une roche de couleur sombre : c'est le basalte

#### 4-3-2-3. Analyse granulométrique.

**Tableau 9 : Résultat d'analyse granulométrique des échantillons de Betafo**

Échantillon	BET 1	BET2	BET3
Texture	Limon sableuse	Sable limoneuse	Sableuse

**Tableau10 : Résultat d'analyse granulométrique des échantillons de Tritriva**

Échantillon	TRI1	TRI2	TRI3	TRI4
Texture	Limon Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse

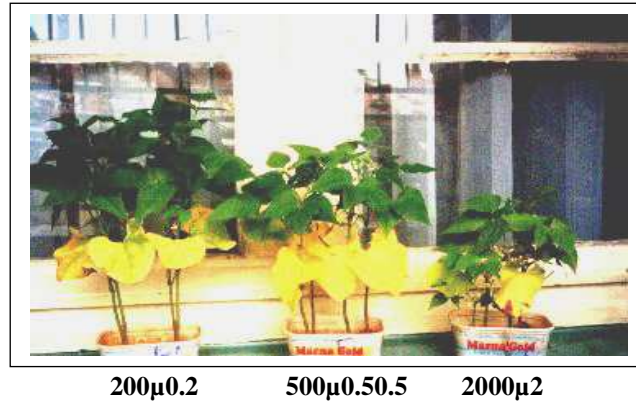
**Tableau11 : Résultat d'analyse granulométrique des échantillons d'ITASY**

Échantillon	ITA1	ITA2	ITA3	ITA4
Texture	Limon Sableuse	Sableuse	Sableuse	Sableuse

Ces échantillons ont en général une texture sableuse avec l'abondance de la silice. Cette texture favorise l'aération des sols lourds. D'après Madame THUN [3], chercheuse Allemande, la silice est utile pour renforcer les tissus végétaux et augmente la résistance naturelle aux maladies et aux attaques parasitaires.

### -Traitement des échantillons

Le mélange des échantillons prélevés sur une tranchée a été effectué car les couches sont formées principalement par des scories. C'est la granulométrie la plus petite  $0,2\mu$  des produits volcaniques qui a donné le meilleur résultat dans les différents tests.



**Photo 1 :** De gauche à droite: variation croissante de la granulométrie

**La photo 1** illustre l'étude de la granulométrie des produits volcaniques d'Itasy utilisés pour les tests d'observations après 10 Jours.

La granulométrie a une influence sur le développement de la plante. Plus la granulométrie augmente plus la croissance de la plante diminue. La granulométrie inférieure ou égale à  $200\mu$  est la plus intéressante. Le jaunissement des feuilles peut être dû à une carence en azote des produits volcaniques.

#### 4-4. Les différents essais de cultures

##### 4-4-1. Essai de culture au laboratoire

L'expérience a été réalisée sur une population de 10 pots. On y a cultivé des semences d'haricot sur un sol ferrallitique servant de témoin et sur un sol ferrallitique mélangé avec des produits volcaniques (**Photo 2**).



**Photo 2 :** A gauche : Témoin (sol ferrallitique) A droite : Sol (ferrallitique) + produits volcaniques

Après dix jours on a mesuré les largeurs et les longueurs des feuilles ainsi que la longueur de la tige et on a pris les valeurs moyennes présentées au **Tableau 12**.

Les produits volcaniques d'ITASY ont une action positive par rapport au témoin. La plantule à droite est bien développée.

**Tableau 12 :** *Évolution du développement de la plante après 10 jours avec les produits volcanique d'Itasy*

N	Longueur de la tige (cm)	Longueur de la feuille (cm)	Largeur de la feuille (cm)
1 (témoin)	15	8	7
2 (sol + produit volcanique)	20	8	7.5

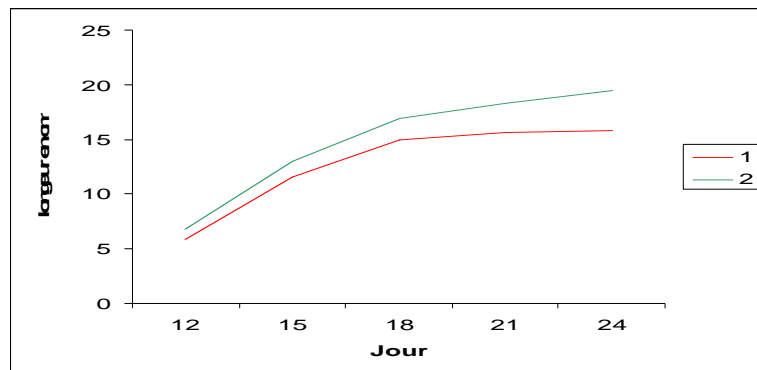
Ce tableau montre l'évolution du développement de la plante quand on y ajoute des produits volcaniques. La différence des valeurs peut être interprétée que les produits volcaniques libèrent des éléments fertilisants assimilables par la plante favorisant une meilleure croissance (**Photo 3**).



**Photo 3 :** *Test d'observation sur le maïs avec les produits volcaniques de Betafo*

**Tableau 13 :** *Longueur de la 3<sup>e</sup> feuille en fonction du temps*

Temps (jour)	Longueur des feuilles en cm				
	1	2	3	4	5
12	5,84	6,84	3,4	7,24	6,5
15	11,6	13	8,875	13,5	11,5
18	14,95	16,95	18	17,5	14,5
21	15,65	18,25	22,5	21	15,5
24	15,8	19,5	25	22	16



**Figure 9 :** *Courbe de croissance des plantes de maïs*

*1-Courbe de croissance pour le lot N°1*

*2- Courbe de croissance pour le lot N°2*

**La Figure 9** montre la croissance du maïs en fonction du temps. Les produits volcaniques d'Ankaratra ont une action sur le maïs, malgré les teneurs des éléments fertilisants de leurs échantillons qui sont relativement faibles par rapport à ceux de Itasy, aussi il y a un peu de retard du calendrier de cultures car à Madagascar on cultive le maïs au début de mois de novembre jusqu'à avril alors que notre semence était vers la fin du mois de mars. Par analogie au test sur le haricot au dessus les produits volcaniques d'Ankaratra libèrent des éléments fertilisants que le maïs assimile aisément. d` ou cette nette augmentation de la pente de la courbe (2).

#### **4-4-2. Essai de culture sur une grande surface**

a- Nous avons réalisé des semis directs de haricot (respectivement de gauche à droite sur les **Photos 4 et 5** sur le sol ferrallitique seul, sur le sol ferrallitique avec du produit volcanique broyé à 200 $\mu$  et du produit volcanique combiné avec le fumier et le compost.



**Photo 4 :** *Culture de haricot, semence*

A chaque trou de sémis, nous avons mis 150g de produit volcanique broyé à 200 $\mu$ .



**Photo 5 :** *Culture de haricot, 15 jours*

### **Rendement**

Le rendement est de 0.6 tonne à l'hectare pour le sol ferrallitique témoin, 1.2 tonnes à l'hectare pour le produit volcanique mélangé avec du fumier et 1 tonne à l'hectare pour le produit volcanique seul.

L'action du produit volcanique broyé combiné avec du fumier (au centre sur les photos) ou du compost est plus meilleure que le produit volcanique seul (extrême gauche).

b- Nous avons aussi cultivé du maïs sur le sol ferrallitique (témoin) et sur le sol ferrallitique avec le produit volcanique broyé (**Photos 6 et 7**).



**Photo 6 :** *Culture de maïs sur SOL TEMOIN : sol ferrallitique*



**Photo 7 :** *Culture de maïs sur SOL ferrallitique + produit volcanique broyé*

(A chaque pied de maïs nous avons mis 150g de produit volcanique broyé à 200 $\mu$ ).

### **Rendement :**

Nous avons pesé les grains secs

Le rendement en hectare est de 2 tonnes pour le sol ferrallitique et 3,1 tonnes pour le sol amendé par les produits volcaniques.

Le rendement en hectare est amélioré en utilisant le produit volcanique broyé sur le maïs.

## **5. Conclusion**

Les études que nous avons effectuées sur les produits volcaniques montrent d'ores et déjà des résultats intéressants et incitant les agriculteurs à utiliser les ressources naturelles et locales. Ils jouent un rôle important dans l'agriculture indépendamment de leur localisation. Les échantillons ont une valeur fertilisante. Ils contiennent beaucoup d'éléments importants (minéraux et oligoéléments). Ils ont une action positive sur les cultures et les sols malgaches. Les échantillons de grand tonnage sont des matériaux meubles ne nécessitant pas de gros engins pour l'exploitation. Ils apportent des impacts positifs, économique et social à Madagascar tels l'assurance de l'autosubsistance alimentaire, l'amélioration des surfaces cultivables.

Cependant il est nécessaire d'améliorer l'efficacité agronomique de ces produits volcaniques pour qu'ils soient intéressants économiquement. Les méthodes biologiques sont envisageables.

### **Remerciements**

*Les auteurs remercient vivement les centres de recherche et les différents laboratoires pour la réalisation de ces travaux pour leur assistance technique.*

### **Références**

- [1] - Jean GUIGUES, Études des feuilles Antsirabe Ambatolampy [1952].
- [2] - LACROIX, Les volcans du centre de Madagascar [1913].
- [3] - JCPDS: International Centre for Diffraction Data: Alphabetical index inorganic compounds [1978].
- [4] - LACROIX, Constituant minéralogique et chimique des laves volcan du centre de Madagascar [1913].
- [5] - L. Paliwal RIPUSUDAN, Le maïs en zones tropicales, amélioration et production [2002].
- [6] - Schwartz CHRISTIAN, Jean Charles MULER, et Decroux JACQUES, Guide de la fertilisation raisonnée [Sept 2005].
- [7] - [www.2.ville.montreal.qc.ca/jardin/info](http://www.2.ville.montreal.qc.ca/jardin/info)
- [8] - <http://www.iav.ma/agro/dss/ferti>.
- [9] - René COSTE, Le maïs [1984].
- [10] - <http://wwwwoxyfertil.com> : mode d'action d'un amendement
- [11] - H. BESAIRIE, Gîtes minéraux de Madagascar [1966].
- [12] - A. LACROIX. Minéralogie de Madagascar, Paris [1921].
- [13] - CERIGHELLIR, Cultures tropicales, Plantes Vivrières, Mémento de l'agronome, Quatrième édition, Collection Techniques rurales en Afrique, Paris [1956].



- [14] - OC. BOCKMAN, Agriculture et Fertilisation, Technique et Documentation, Paris [1990].
- [15] - DABIN, Appréciation des besoins en phosphore dans les sols tropicaux [1963].
- [16] - P. MILLEVILLE, Recherches sur les pratiques des agriculteurs [1987].
- [17] - R. CHAMINADE, Recherches sur la fertilité et la fertilisation, Agronomie tropical [1972].
- [18] - RITTMANN, Les volcans et leur activité [1965].
- [19] - Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable (Archives de documents de la FAO)
- [20] - Le phosphate de roche AGRO-BIO -310-05].
- [21] - Le sol encyclopédie Microsoft encarta 2004 [2004].
- [22] - Brenda FRICK, Des inquiétudes au sujet des carences en phosphore, Ph.D, P.ag
- [23] - Les engrais minéraux, Transfert de technologie en agriculture, Bulletin ma