

Effectiveness of liquid fertilizer Lovatsara, gauge of the development of Sustainable family agriculture in the face of climate change: case of the Sofia Region, Tsimihety Ethnicity

Efficacité de l'engrais liquide Lovatsara, gage du développement de l'agriculture familiale durable face au changement climatique : cas de la Région Sofia, Ethnie Tsimihety

EMILSON Fidèle¹, RASOANANDRASANA Emilienne², RASOLONJATOVO Martial Zozime³

¹ Ecole Doctorale Génie du Vivant et Modélisation, Université de Mahajanga

^{2 et 3} Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement, Université de Mahajanga

Résumé

L'agriculture familiale a son importance et sa place à travers le monde en tant que producteur des 70% des denrées alimentaires mondiales. Madagascar n'est pas en reste mais possède sa particularité comme le cas de la Région Sofia. L'agriculture familiale de ladite Région à majorité des chefs de ménage monoparentaux, dirigés par des femmes, disposant d'une superficie de terrain cultivée de 0,7 ou 1 are, arrive à satisfaire leur besoin minimum vital quotidien, depuis un certain temps. Leur ressource est destinée à l'autoconsommation et à la vente. Au fil des années, cela ne leur suffit plus à cause du changement climatique, de la diminution de la superficie de terre arable, de la baisse de fertilité du sol et du faible rendement de production.

L'intégration de l'engrais liquide *Lovatsara*, un résultat de recherche de ce travail de recherche, testé auprès de deux laboratoires à Antananarivo et à Mahajanga a montré que ledit engrais possède les caractéristiques physico chimiques d'un engrais classique en général. Les résultats des essais de culture effectués avec l'engrais *Lovatsara* sont probants tels que l'amélioration de la qualité du sol par le biais du changement de la granulométrie de texture sablo argilo limoneux du sol vers la texture sablo limono argileux. La pulvérisation deux fois par semaine de l'engrais liquide à la culture d'oignon est plus efficace au lieu d'une seule par semaine.

Une formule pour la production d'engrais liquide est établie avec le rendement de production obtenu par famille et par hectare de terrain utilisé.

Mots clés : Agriculture familiale, Région Sofia, engrais liquide *Lovatsara*, rendement de production par famille et par hectare.

Abstract

Family farming plays an important role worldwide, producing 70% of the world's food. Madagascar is no exception, but has its own particularities, as in the case of the Sofia region. Family farming in this region, where the majority of heads of single-parent households are women, with a cultivated area of 0.7 or 1 are, has for some time been able to satisfy their minimum daily needs. Their resources are intended for self-consumption and sale. Over the years, however, climate change, the shrinking arable land area, declining soil fertility and low production yields have made this no longer sufficient.

The integration of *Lovatsara* liquid fertilizer, a result of this research work, tested in two laboratories in Antananarivo and Mahajanga, showed that this fertilizer has the physico-chemical characteristics of a conventional fertilizer in general. The results of cultivation trials carried out with the *Lovatsara* fertilizer are convincing, such as the improvement in soil quality through a change in granulometry from sandy-clayey to sandy-loamy-clayey soil texture. Twice-weekly spraying of liquid fertilizer to onion crops is more effective than once-weekly spraying.

A formula for liquid fertilizer production is established with the production yield obtained per family and per hectare of land used.

Key words: Family farming, Sofia region, *Lovatsara* liquid fertilizer, production yield per family and per hectare.

Introduction

L'agriculture est l'activité principale dans les pays du nord et du sud car elle est chargée d'assurer la paix et l'alimentation. Les petites et moyennes exploitations familiales produisent les 70% de toutes les denrées alimentaires dans le monde [1].

A Madagascar, l'agriculture familiale est la forme la plus fréquente de l'agriculture avec plus de 13 millions d'agriculteurs concernés sur un total de presque 25 millions d'habitants [2]. Plus de 80% de la population vit en milieu rural et 89% des ménages pratiquent une activité agricole, ce qui fait de l'agriculture familiale le pilier de l'économie malgache. Les stratégies économiques adoptées assurent la continuité des activités agricoles, la subsistance et la cohésion sociale, mais elles apportent également de la modernité à travers l'investissement dans le capital humain.

En général, les agriculteurs familiaux sont les principaux producteurs de la nourriture consommée à l'échelon local et les gardiens de la sécurité alimentaire car elle assure 75% de la subsistance de la population malgache.

L'agriculture familiale dans la Région Sofia présente une spécificité particulière par rapport aux autres Régions. L'effectif des femmes dépasse celui des hommes. Les chefs de famille sont à majorité des femmes monoparentales. L'agriculture est peu mécanisée et l'équipement des exploitations familiales reste dominé par les outils traditionnels. Les rendements restent faibles (2,5t/ha pour le riz, 1t/ha pour le maïs, 0,9t/ha pour le haricot). La superficie exploitée par ménage est de 0,7 are ou 1 are. La récolte est destinée pour la vente et l'autoconsommation. Cette situation ne leur permet pas d'accéder à la finance. Ce modèle d'agriculture familiale de la Région Sofia satisfait le minimum vital quotidien des ménages.

A fil des années, ce modèle d'agriculture familiale n'arrive plus à satisfaire leur besoin minimum vital à cause du changement climatique, de la pression anthropique, de la réduction de la superficie de terre arable et la baisse du rendement de production.

Afin de faire face non seulement à ces problématiques sus énumérées mais aussi d'améliorer de façon durable les conditions de vie des ménages agricoles de ladite Région, des recherches sur la production d'engrais liquide à partir des bios déchets ont été effectués dans l'optique d'élaborer un modèle économique axé vers le développement de l'agriculture familiale et favorisant l'entreprenariat rural. Des questions se posent entre autres :

- L'engrais liquide fabriqué à partir des bios déchets dispose-t-il les caractéristiques physico chimiques d'un engrais classique ?
- Quelle est l'importance de l'engrais liquide obtenu sur la culture dans l'agriculture familiale de la Région Sofia ?
- Par rapport à l'agriculture familiale développée par la majorité des ménages dirigés par des femmes, l'utilisation de l'engrais liquide *Lovatsara* aura-t-elle un impact significatif sur l'amélioration de façon durable à leur condition de vie?

L'objectif de ce travail de recherche est de développer de façon durable l'agriculture familiale dans la Région Sofia dans l'optique de donner une condition de vie meilleure et durable à la population locale.

2. Zone d'études : Région Sofia

La Région de Sofia est la zone d'études de ce travail de recherches, car c'est la zone la plus touchée. Cette partie essaie d'informer ladite Région.

2.1. Localisation Géographique

La Région de Sofia se trouve dans la province de Mahajanga située sur la côte nord-ouest de Madagascar. S'étendant entre 14° et 17° latitude sud et 47° et 49° longitude Est. Elle constitue un vaste territoire couvrant une superficie de 52 503 km² soit environ 8,5 % de la Grande Ile et 33,4 % de la province. Le chef-lieu de la Région, Antsohihy se situe à près de 440 km environ de Mahajanga, sur la RN6 qui mène vers Antsiranana.

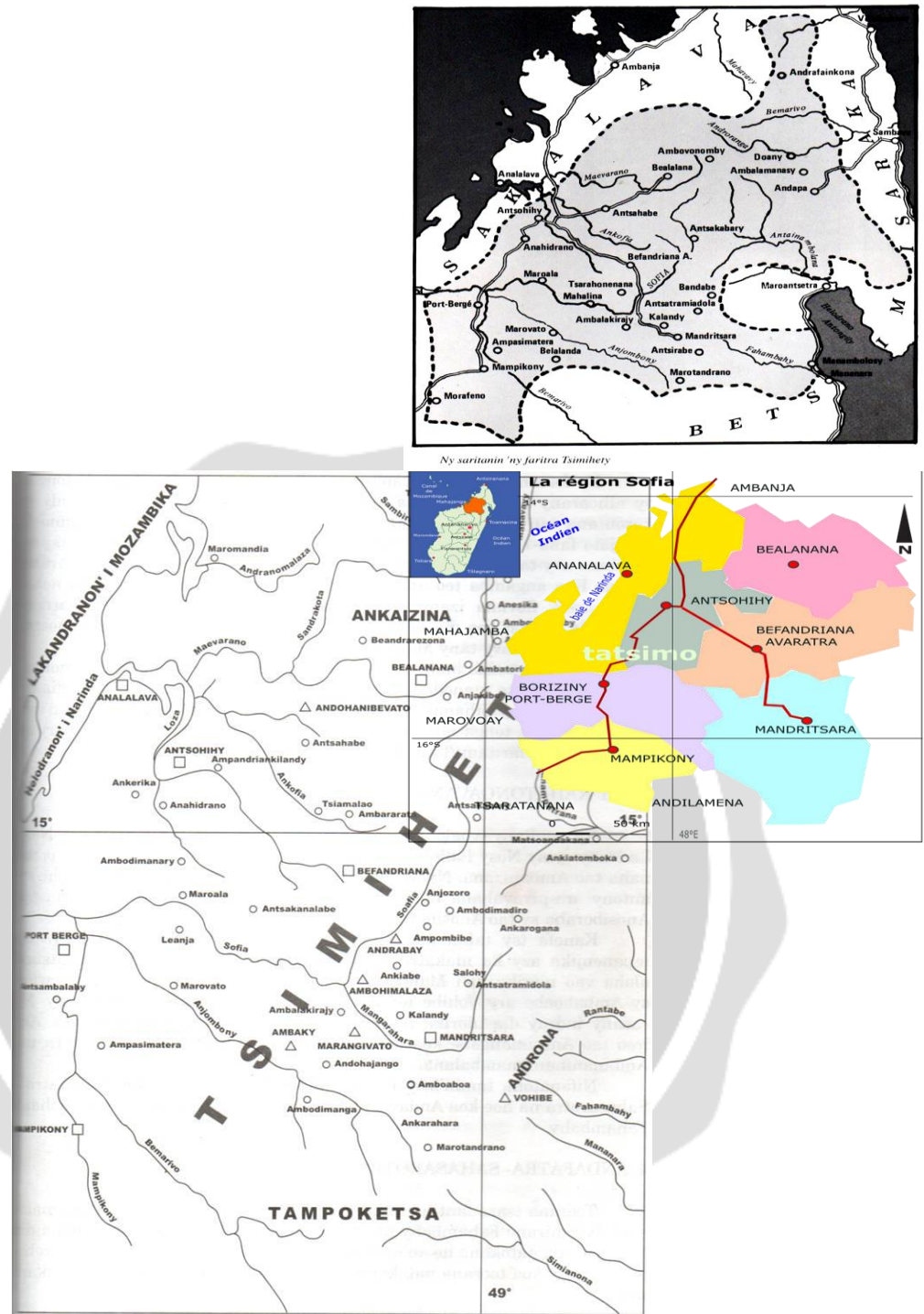


Figure 1 : Localisation géographique de la Région Sofia
Source : [3][6][7]

3. Matériels et méthodes

Les matériels et méthodes présentés touchent en particulier la production d’engrais liquide et les essais de culture d’oignon moyennant l’engrais liquide fabriqué.

3.1. Matériels pour la production d’engrais liquide Lovatsara

Les matériels utilisés dans le cadre de la production de bios déchets se présentent de deux manières différentes :

- en premier lieu, nous allons présenter les matériels pour la production de l’engrais liquide Lovatsara ;

- en second lieu, ce sont les matériels utilisés respectivement dans le laboratoire de l'Institut Universitaire de Technologie A Mahajanga (IUTAM) à Mahajanga et au Centre National sur l'Environnement (CNRE) sis à Fiadanana Tsimbazaza Antananarivo pour l'analyse des composants de *Lovatsara*.

Avant d'introduire les matériels utilisés pour la production de l'engrais liquide *Lovatsara*, nous essayons de présenter d'abord les différentes matières employées pour sa fabrication.

3.1.1. Les matières

a) Matières pour la production de *Lovatsara*

La production de « *Lovatsara* » nécessite la mise en disposition de ces matières suivantes :

3.1.1.1. Les bios déchets

Les bios déchets comprennent tous les déchets fermentescibles tels que :

- les déchets ménagers
- les sous-produits de fruits (mangue en grande majorité)
- résidus agricoles et les sous-produits agricoles



Photo 1 : Déchets de mangue Photo 2 : Déchets de pulpe de banane

3.1.1.2. Le sucre artisanale « *siramamy gasy* »

La canne à sucre est un des produits cultivés dans la Région. Entre 2000 et 2008, la production annuelle est de 187 050 tonnes de canne, pour une superficie de 7 065 ha. Ce qui fait un rendement de 30T/ha [4]. Ce qui est loin du rendement de la plantation de Namakia, une zone de l'ouest, ayant le même climat et pédologique avec Sofia, dans la Région de Boeny. Namakia ayant reçu des appuis et de l'assistance des techniciens de la SIRAMA, produit autour de 70T/ha.

Les surfaces de spéculation de Sofia, même si elles sont plus importantes en valeur (7 065 ha), sont très éparpillées, comparées à celles de Namakia (1 867 ha). Ces dernières années, faute de débouchés prometteurs et de perspectives d'avenir, conjugué à l'absence d'appui technique de la part du service de l'agriculture, l'exploitation est restée stable, avec une légère évolution. De ce fait, les paysans n'ont plus le courage pour développer la filière. En ce qui concerne l'organisation de la filière, malgré les besoins du marché national, la présence des sucreries et des distilleries de Namakia et ceux d'Ambilobe, la production de canne à sucre est restée stable. Un des débouchés de ces produits est la fabrication de « *toaka gasy* » ou rhum local produit à partir des distilleries artisanales.



Photo 3 : Sucre artisanal « *siramamy gasy* »

3.1.1.3. L'eau

L'eau utilisée est l'eau potable provenant de la borne fontaine de la société Jirama ou l'eau de source ou de puits disposant les caractéristiques physico chimiques conformes avec la norme de l'Etat Malagasy et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).



Photo 4 : Eau potable

b) Matières pour l'analyse des composants de bios déchets

Afin d'analyser les composants de bios déchets, les matières suivantes doivent être disponibles :

- Echantillon de *Lovatsara* (liquide et solide)

Photo 5 : Jus *Lovatsara*Photo 6 : *Lovatsara* solide

Photo 7 : Stocké en plastique

3.1.2. Matériels proprement dits

Pour transformer les bios déchets en engrais *Lovatsara* il faut passer au processus de fermentation anaérobie nécessitant l'utilisation des matériels suivants :

3.1.2.1. Balance électronique

Elle sert à peser les matières premières avant le chargement dans le récipient considéré comme le réacteur anaérobie où s'effectue la dégradation des bios déchets par méthanisation.



Photo 8 : Balance électronique

3.1.2.2. Cuvette ou bidon plastique

Elle sert à déposer, à mélanger et à fragmenter en petits morceaux les différents bios déchets avant de l'introduire dans un récipient bien fermé anaérobie.



Photo 9 : Cuvette/bidon plastique

3.1.2.3. Bidon jaune en plastique

Il sert à stocker l'engrais liquide obtenu après avoir subi les différentes transformations.



Photo 10 : Bidon plastique (rempli de bios déchets)

3.2. Matériels pour les essais de culture utilisant l'engrais liquide Lovatsara

3.2.1. Matériels de travail

Afin d'assurer le travail de la terre destinée pour la culture d'oignon, divers équipements/matériels ont été utilisés tels que : la bêche, l'arrosoir, la herse et la brouette. Ils sont récapitulés dans la photo 11.



Photo 11 : Récapitulatif matériels à employer : Bêche/pelle, arrosoir, herse et brouette

Il y a aussi des sacs en plastique qui ont été utilisés pour la collecte des intrants ou le transport de la récolte vers le village.

3.2.1.1. Les matières

La culture d'oignon a besoin de différentes matières premières pour développer cette culture entre autres : le terrain de culture, le bulbe d'oignon, la bouse de zébus et l'eau.

a) Terrain de culture

Deux types de terrain de plantation ont été les plus pratiqués par les ménages de l'agriculture familiale de la Région Sofia :

- Le premier : terrain d'une superficie de 0,7 are ;
- Le second : terrain d'une superficie de 1 are.



La photo 15 présente l'exposition des échantillons des bulbes d'oignon de la première production du projet pilote.



Photo



13 : bulbe d'oignon

c) Bouse de zébus

C'est l'intrant le plus utilisé depuis longtemps pour fertiliser le sol. C'est aussi la matière la plus facile à se procurer et la moins chère car la majorité des ménages possède au moins un zébu pour assurer le travail des champs. La bouse de zébu connaît au contraire de nombreuses opportunités de valorisation : elle participait déjà de longue date à l'enrichissement naturel des sols et se révèle aujourd'hui en tant qu'actrice de la transition énergétique et du développement durable.

d) L'eau

L'eau utilisée est dans la plupart de l'exploitation d'une telle culture est produite à partir de puits ou de rivière ou de ruisseau à proximité du champ de culture.

3.3. Méthodes

Les méthodes adoptées concernent respectivement le processus de production d'engrais liquide *Lovatsara* et l'approche adoptée pour la culture d'oignon moyennant ledit engrais liquide.

3.3.1. Méthodes adoptées pour la production d'engrais liquide *Lovatsara*

Avant l'obtention de l'engrais liquide *Lovatsara*, les bios déchets doivent passer par deux étapes différentes : la première étape : c'est le processus de biométhanisation ou fermentation anaérobie et la deuxième étape c'est la production de l'engrais liquide.

3.1.1. Première étape : Processus de biométhanisation

Cette première étape consiste à faire passer les bios déchets aux quatre phases du processus de bio méthanisation telles que :

- la phase d'hydrolyse : où le mélange de bios déchets sera additionné avec de l'eau ;
- la phase d'acidogénèse : c'est-à-dire les bios déchets hydrolysés sont dégradés en acide ;
- la phase d'acétogénèse : où les déchets issus de la phase acidogénèse se transforment en bios déchets acétones ;
- la phase méthanogénèse : où les déchets transformés en acétone seront tous valorisés sous forme de méthane. Deux types de produits y sont obtenus :
 - o **le premier produit** : un gaz qui est le méthane utilisé comme source d'énergie alternative au bois-énergie. C'est une source d'énergie nouvelle et renouvelable. Pour notre cas, l'objectif est d'obtenir de l'engrais liquide et non pas de gaz méthanique. Dans ce cadre, il faut donc se débarrasser de ces gaz en les évacuant chaque jour du réacteur afin d'éviter l'explosion du réacteur.
 - o **le second produit** : le **digestat** utilisé comme fertilisant agricole.

A chacune de ces trois phases sont associés [5] des microorganismes correspondants tels que le Flore acidogène, Flore Acétogène et Flore méthanogène.

L'obtention du méthane et le digestat dépendent de plusieurs conditions entre autres :

- Conditions de températures : mésophile (entre 15°C à 45°C) ;
- Le pH.

Le pH optimum de la digestion anaérobie se situe autour de la neutralité. Il est le résultat du pH optimum de chaque population bactérienne : celui des bactéries acidifiantes se situe entre 5,5 et 6, les acétogènes préfèrent un pH proche de la neutralité tandis que les méthanogènes ont une activité maximale dans une gamme de pH comprise entre 6 et 8. Toutefois, la méthanisation peut se produire dans des milieux légèrement acides ou alcalins.

- La température

L'activité du consortium méthanogène est étroitement liée à la température. Deux plages de températures optimales peuvent être définies : la zone mésophile (autour de 35°C) et la zone thermophile (entre 55-60°C) avec une décroissance de l'activité de part et d'autre de ces températures.

- Le potentiel d'oxydoréduction

Ce paramètre représente l'état de réduction du système, il affecte l'activité des bactéries Méthanogènes. Ces bactéries exigent en effet, outre l'absence d'oxygène, un potentiel d'oxydoréduction inférieur à 330 mV pour initier leur croissance.

- L'humidité

L'eau est indispensable pour toute activité biologique. Sa quantité dépend de la matière à fermenter. Les bactéries de méthane ne peuvent exister et se multiplier qu'à un taux d'humidité de 50 % au minimum. L'humidité au-dessus de 94 à 95 % implique un rendement plus bas de la production de méthane. Pour le cas des produits plus secs (litière de volaille par exemple), une humidification selon le besoin du produit doit être effectuée.

- L'absence d'air ou anaérobiose

Les deux premiers processus (hydrolyse et acidogénèse) peuvent se dérouler en milieu aérobie, c'est-à-dire en présence d'oxygène, par contre, l'acétogénèse et le méthanogénèse se développent strictement en milieu anaérobie. De plus, les bactéries méthanogènes n'agissent qu'à bas potentiel redox (-300 à -330 mV). D'où la nécessité de bien assurer l'étanchéité du digesteur contre la contamination d'oxydants.

3.3.1.2. Deuxième étape : la production de l'engrais liquide

Afin d'obtenir de l'engrais liquide, il faut se débarrasser chaque jour du gaz méthanique qui est source d'explosion. Il est impératif de déboucher chaque jour, pendant un (01) mois environ, le réacteur jusqu'à ce que le gaz stocké dans le réacteur disparaisse. Après, on peut laisser le réacteur fermé durant la période de trois (03) à cinq (05) mois selon la disponibilité.

La photo 14 récapitule les deux étapes de production d'engrais liquide depuis le processus de biométhanisation ou fermentation anaérobie des bios déchets jusqu'à la production et la mise en bouteille de l'engrais liquide *Lovatsara*.



Photo 14 : Etapes de production d'engrais liquide *Lovatsara*

3.3.1.3. Analyse au laboratoire des composants de l'engrais liquide « Lovatsara »

Afin d'utiliser l'engrais liquide *Lovatsara* à des fins agronomiques dans l'optique d'améliorer le rendement de production et la productivité, l'analyse des éléments minéraux permettant de déterminer les différents composants est utile pour la suite de la recherche. L'analyse a été effectuée à l'Institut Universitaire Technologique et Agronomique de Mahajanga ou IUTAM et le

Centre National de Recherches sur l'Environnement ou CNRE sis à Fiadanana Tsimbazaza Antananarivo.

3.3.2. Méthodes adoptées pour les essais de culture d'oignon en utilisant l'engrais liquide *Lovatsara*

3.3.2.1. Introduction

Le résultat d'analyse effectué au laboratoire de l'IUTAM et celui du CNRE à Antananarivo a permis de disposer les éléments minéraux constitutifs de l'engrais liquide *Lovatsara*. Il reste à déterminer la performance de cet engrais liquide en milieu réel, c'est-à-dire l'application avec des essais de culture.

3.3.2.2. Les essais de culture de l'engrais liquide *Lovatsara* en milieu réel

Des essais de culture de bulbe d'oignon ont été effectués depuis 25 février 2023 jusqu'au 17 Mars 2023 pour voir l'effet de l'engrais liquide *Lovatsara*.

Avant de réaliser cette expérimentation, notre approche consiste respectivement à :

- Faire un essai de culture sur deux types de sol : Sol 1 et Sol 2.
 - le sol S1 pris au GPS (X=14,879 ; Y=48,005)
 - le sol S2 pris au GPS (X=14,880 ; Y= 47,987)
- Analyser d'abord le sol qui va accueillir cette culture d'oignon. Le sol comprend :
 - un sol sans traitement qui va servir de témoin ;
 - un sol avec traitement où l'on applique le jus de *Lovatsara* à la culture d'oignon.
- Dresser les paramètres de suivi de la croissance de la culture d'oignon entre autres :
 - longueur de feuille la plus longue,
 - nombre de feuille,
 - pulvérisation de la culture d'oignon 1 fois par semaine par 4 capsules de bouteilles d'Eau vive remplie de l'engrais liquide *Lovatsara* et diluée avec 1 litre d'eau;
 - pulvérisation de la culture d'oignon 2 fois par semaine par 4 capsules de bouteilles d'Eau vive remplie de jus de l'engrais *Lovatsara* et diluée avec 1 litre d'eau.

a) Analyse de sols au laboratoire pédologique du Foibe Fikarohana Ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra (FOFIFA)

La réalisation des analyses de sols n'a pu être réalisée sans la collaboration avec le laboratoire pédologique du FOFIFA ou Foibe Fikarohana Ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra, sis à Fiadanana Tsimbazaza Antananarivo. Cette institution intervient dans plusieurs domaines entre autres : les cultures vivrières, les cultures d'exportation, la protection des cultures, les techniques culturales, la protection de l'environnement, l'élevage, l'agro-alimentaire et l'économie et sciences sociales.

b) Suivi de culture d'oignon par application avec le jus *Lovatsara*

Le suivi de cette culture durant douze jours à compter du 25 février 2023 jusqu'au 17 Mars 2023 a permis de disposer l'évolution de la croissance de la plante selon la photo 15.



Photo 15 : Evolution de la croissance de la culture d'oignon après 12 jours de plantation

Cette photo montre la différence de croissance de la culture d'oignon entre la culture témoin et celle ayant été pulvérisée par 2 ou par 4 capsules d'eau vive contenant de jus de *Lovatsara* dilué par 1 litre d'eau.



Après 19 jours du démarrage de la culture ou une semaine après la date du 07 Mars 2023, le développement de la culture d'oignon est illustré par la photo 16.



Photo 16 : Evolution de la croissance de la culture d'oignon après 19 jours de plantation

Les deux photos 15 et 16 montrent bien l'évolution des paramètres de suivi de la culture de l'oignon avec le jus *Lovatsara*.

4. Résultats

Les résultats présentés dans cette partie récapitulent les analyses des échantillons d'engrais liquide *Lovatsara* effectuées dans deux laboratoires sis à Mahajanga et à Antananarivo en particulier au Centre National sur l'Environnement (CNRE).

4.1. Résultats de l'analyse de l'engrais liquide *Lovatsara* effectué à l'IUTAM

Le tableau 1 informe le résultat de l'analyse de l'engrais liquide *Lovatsara* réalisé à l'IUTAM à Mahajanga.

Tableau 1 : Résultat de l'analyse de l'engrais liquide *Lovatsara* (cf Annexe 6)

	unité	témoin	Echant.1	Echant.2
Densité	Sans unité	1,05	1,04	1,04
% MS/jus initial		24	20	22
pH	Unité pH	3,7	3,5	3,6
Conductivité	s	2 556	3 565	3 814
Concentration en sels	ppm	1 264	1 809	1 887
Degrés Brix		13	8	6
Signification degré brix		12%	11%	11%
Saccharose	g/L	146	88	66
Nitrates	mg/L	10	10	10
Nitrites	mg/L	0,5	0,5	0,5
Degré GH		3		
Chlorure	mg/L	0,4	0,8	0,8

Le résultat d'analyse effectué auprès de l'IUTAM de Mahajanga a montré l'existence des différents composants identiques avec les composants classiques de l'engrais dont des éléments minéraux tels que le calcium, le Magnésium, les sels minéraux, les Nitrites, les Nitrates, le chlorures et enfin un caractère physico chimique comme la conductivité. L'existence de ces différents éléments prouve que l'échantillon analysé de l'engrais liquide *Lovatsara* possède la caractéristique commune que dispose l'engrais classique.

- Les Nitrites et nitrates : Leur concentration respective est de 0,5 mg/l et 10 mg/l pour les trois échantillons dont le témoin. Ces deux éléments sont des éléments présents à l'environnement et aussi dans l'aliment. Le Nitrite est un élément essentiel pour éviter la détérioration de l'aliment (salubrité). Sur le plan pratique, il peut être substitué par l'extrait de céleri ou par le Nitrite de Sodium.

- Les sels minéraux : avec une teneur croissante respective de 1264 ppm, 1809 ppm et 1887 ppm. Les sels minéraux sont des éléments contenus dans la terre, l'eau, les aliments ou les tissus organiques (calcium, sodium, potassium, phosphore

4.2. Résultats de l'analyse de l'engrais liquide *Lovatsara* effectué au CNRE

Le tableau 2 informe le résultat d'analyse de l'engrais liquide *Lovatsara*

Tableau 2 : Résultat d'analyse de l'engrais liquide *Lovatsara*

Paramètres	Unité	K-066
Azote	%	0,5
Cendre	%	0,51
Potassium	mg/100g	196,61
Phosphore	mg/100g	10,34
Calcium	mg/100g	12,79
Magnésium	mg/100g	12,66
Chlore résiduelle	mg/l	0
Fer	mg/l	1,58
Manganèse	mg/l	0,63
Cuivre	mg/l	0,065
Zinc	mg/l	0,14

Le résultat d'analyse au laboratoire du CNRE a montré l'existence des éléments majeurs, secondaires et oligo-éléments dans l'échantillon d'engrais liquide *Lovatsara*. Les éléments majeurs sont respectivement : l'Azote, le Phosphore et la Potasse. Les éléments secondaires sont : le calcium et le Magnésium. Les oligo-éléments sont le Fer, le Manganèse, le Cuivre et le Zinc. L'existence de ces différents éléments dans l'engrais liquide *Lovatsara* montre que ce nouveau produit dispose des caractéristiques communes avec l'engrais classique connu.

a) Pour les éléments majeurs

- **Azote** : l'échantillon analysé dispose une teneur en Azote de 0,5%. L'azote est le principal élément plastique servant à fabriquer les matériaux de construction des tissus végétaux. Il est indispensable à la plante à tous les stades de végétation (jeunesse, croissance, reproduction, mise en réserve.).
- **Phosphore** : En ce qui concerne le Phosphore, sa teneur dans l'échantillon de *Lovatsara* est de 10,34 mg/100g. Le phosphore est assimilé par les plantes sous la forme d'ortho phosphate ($H_2PO_4^-$) et de pyrophosphate (HPO_4^{2-}). Contrairement à l'azote, celui-ci n'est pas transformé dans la plante, soit il reste sous cette forme inorganique, soit il se lie à des substrats par phosphorylation ou encore il se lie à un autre phosphate pour donner une liaison riche en énergie (notamment l'ATP). Les tissus jeunes sont relativement riches en phosphore et lors de la floraison, celui-ci est redistribué vers les inflorescences.
- **Potasse** : sa teneur dans le *Lovatsara* est de 196,61 mg/100g. Elle est présente en forte concentration dans les tissus jeunes en pleine croissance et en moindre quantité dans les organes âgés. Elle favorise aussi le développement du système racinaire et la flexibilité des tissus ainsi que l'assimilation du CO_2 par la plante.

b) Pour les éléments secondaires

- **Calcium** : Sa teneur dans l'échantillon est de 12,79 mg/100g. Le calcium est un élément essentiel à la bonne croissance de la plante. Il améliore la maturation des fruits et des graines et maintient la structure des sols par la floculation des colloïdes permettant une bonne perméabilité à l'eau et à l'air ainsi que la stabilité du substrat contrairement aux ions monovalents (Na^+ , K^+ et H^+).
- **Magnésium** : Sa teneur dans l'échantillon analysé est de 12,66 mg/100g. Il intervient à la croissance des racines et à la taille ou grosseur des fruits.

c) Pour les Oligo-éléments

- **Fer** : Sa teneur dans l'échantillon analysé est de 1,58 mg/l. Le fer(Fe) intervient comme catalyseur dans le processus de formation de chlorophylle et participe à la constitution ou à l'activation d'un grand nombre d'enzymes d'oxydation.
- **Manganèse** : Sa teneur dans l'échantillon analysé est de 0,63mg/l. Le manganèse (Mn) qui est nécessaire à la scission des molécules d'eau lors de la photosynthèse aussi dans le processus d'oxydo-réduction et participe à la fixation bactérienne de l'azote atmosphérique.
- **Cuivre** : Sa teneur dans l'échantillon analysé est de 0,065 mg/l. Le cuivre (Cu) qui fait partie des divers enzymes d'oxydation et rentre dans la composition de chlorophylle aussi il catalyse la formation d'hormones de croissance (Auxine) et d'acides aminés (Tyrosine et l'acide glutamique).
- **Zinc** : Sa teneur dans l'échantillon analysé est de 0,14mg/l. Le zinc (Zn) qui participe à la synthèse d'Auxine et intervient dans le métabolisme de glucides

4.3. Résultats des essais de culture avec l'engrais liquide « Lovatsara »

Avant d'entreprendre les essais de culture d'oignon avec l'engrais liquide Lovatsara, une analyse des sols servant à accueillir ces cultures a été réalisée. Deux types de sol ont été destinés pour ces essais de culture, ce sont le sol S₁ et S₂. L'analyse de ces sols a été effectuée au laboratoire pédologie du FOFIFA ou Foibe Fikarohana Ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra sis à Fiadanana Tsimbazaza Antananarivo.

4.3.1. Résultats de l'analyse des sols S₁ et S₂ pour les essais de culture

a) Résultat de l'analyse de sol : S₁

Le tableau 3 récapitule le résultat d'analyse du sol S₁ avant le démarrage des essais de culture d'oignon avec l'engrais liquide Lovatsara.

Tableau 3 : Résultat d'analyse de sol : S₁ avant démarrage des essais de culture d'oignon

Sol (1)	Ph (eau)	C(%)	N (%)	C/N	P(Bray) (ppm)	Bases échangeables (méq/100g)				Granulométrie (%)			CEC (méq/100g)
						Ca	Mg	K	Na	Argile	Limon	Sable	
	6,68	1,16	0,105	11	1,67			0,41		6	4	90	7,4
Sans traitement	Neutre	Moyen	Moyen	Satisfaisant	Très riche			riche		Sable Argilo limoneux			Très faible

Ce tableau montre les éléments minéraux constituant le sol S₁ avant le démarrage des essais de culture. Il met en évidence respectivement les teneurs en :

- **Carbone (C)** : avec une teneur de 1,16% correspondant à une valeur moyenne dans un sol.
- **Azote (N)** : avec une teneur de 0,105% correspondant à une dose moyenne du sol.
- **C/N** : dispose une valeur de 11 ce qui classe ce sol à un sol facilement dégradable car compris entre 10 et 40.
- **Phosphore (P)** : avec une valeur de 1,67 ppm ; ce qui classe ce sol comme étant très riche.
- **Potasse (K)** : a un sol très riche en potasse par sa valeur de 0,41 méq/100 g
- **CEC (Capacité d'Echange Cationique)** : elle est inférieure à 10, c'est donc très faible, correspondant au sol kaolinite.
- **la granulométrie** : le sol est composé de 6% Argile, 4% de limon et 90% de sable, ce qui classe ce sol en sol sablo argilo limoneux. Pour ce type de sol, la CEC est inférieure à 10, ce qui correspond à un sol kaolinique.

b) Résultat de l'analyse de sol : S₂

Le tableau 4 récapitule le résultat d'analyse du sol S₂ avant le démarrage des essais de culture d'oignon avec l'engrais liquide Lovatsara.

Tableau 4 : Résultat d'analyse de sol : S₂ avant démarrage des essais de culture d'oignon

Ph (eau)	C (%)	N (%)	C/N	P (Bray) (ppm)	Bases échangeables (méq/100g)	Granulométrie (%)	CEC (méq/100g)

						Ca	Mg	K	Na	Argile	Limon	Sable	
Sol sans traitement	7,36	2,12	0,182	11,6	83,16			7,07		8	10	82	7,9
	légèrement alcalin	Moyen	Moyen	Satisfaisant	Très riche			Très riche		Sablo limono Argileux			Très faible

Ce tableau montre les éléments minéraux constituant le sol S₂ avant le démarrage des essais de culture. Il met en évidence respectivement les teneurs en :

- **Carbone (C)** : avec une teneur de 2,12% correspondant à une valeur moyenne dans un sol.
- **Azote (N)** : avec une teneur de 0,182% correspondant à une dose moyenne du sol
- **C/N** : dispose une valeur de 11,6 ce qui classe ce sol à un sol facilement dégradable car compris entre 10 et 40.
- **Phosphore (P)** : avec une valeur de 83,16 ppm ; ce qui classe ce sol comme étant très riche.
- **Potasse (K)** : a un sol très riche en potasse par sa valeur de 7,07 méq/100 g.
- **CEC** (Capacité d'Echange Cationique) : elle est inférieure à 10, c'est donc très faible, correspondant au sol kaolinite.
- **Granulométrie** : le sol est composé de 8% Argile, 10% de limon et 82% de sable, ce qui classe ce sol en sol sablo limono argileux. Pour ce type de sol, la CEC est inférieure à 10, ce qui correspond à un sol kaolinique.

a) Résultat d'analyse de sol S₁ après traitement avec jus de Lovatsara

Le tableau 5 informe l'évolution des caractères physico chimiques du sol S₁ une fois qu'on a pulvérisé avec du jus Lovatsara.

Tableau 5 : Evolution des caractères physico chimiques du sol S₁ après pulvérisation avec du jus Lovatsara.

Sol (1)	Ph (eau)	C (%)	N (%)	C/N	P (Bray (ppm))	Bases échangeables (méq/100g)				Granulométrie (%)			CEC (méq/100g)
						Ca	Mg	K	Na	Argile	Limon	Sable	
	7,06	1,64	0,14	11,7	2,41			1,06		10	9	81	9,5
Avec traitement	Neutre	Moyen	Moyen	Satisfaisant	Très riche			Très riche		Sablo- Argilo limoneux			Très faible

Ce tableau montre les éléments minéraux constituant le sol S₁ après traitement du sol avec le jus Lovatsara. Il met en évidence respectivement l'évolution de la teneur respective en :

- **Carbone (C)** : Avant traitement, la teneur en carbone est de 1,16%. Après traitement, cette teneur en C est devenue 1,64% : une valeur moyenne dans un sol.
- **Azote (N)** : Avant traitement, la teneur est de 0,05% : dose moyenne. Après traitement, la teneur est de 0,14% : dose moyenne.
- **C/N** : Avant traitement, la teneur est de 11 (satisfaisant). Après traitement, la teneur est de 11,7 (satisfaisant). Ce qui classe ce sol à un sol facilement dégradable car compris entre 10 et 40
- **Phosphore (P)** : Avant traitement, la teneur est de 1,67 ppm : sol très riche. Après traitement, la teneur est de 2,41 ppm : sol très moyenne.
- **Potasse (K)** : a un sol très riche en potasse par sa valeur de 7,07 méq/100 g.
- **CEC** (Capacité d'Echange Cationique) : Avant traitement, la teneur est de 7,4 méq/100g (sol très faible : Sol Sablo Argilolimoneux). Après traitement, la teneur est de 9,5 méq/100g (sol très faible : Sol Sablo Argilolimoneux). Pour ce cas, la CEC est inférieure à 10, c'est donc très faible, correspondant au sol kaolinite.

- **Granulométrie** : Avant traitement : sol Sablo Argilo limoneux (6% argile, 4% limon, 90% Sable). Après traitement : sol Sablo Argilo limoneux (10% Argile, 9% limon et 81% sable).

Constat : augmentation de la teneur en Argile du sol et de limon mais diminution de la teneur en sable de 9% par rapport à sa teneur antérieure (avant démarrage de la culture).

b) Résultat d'analyse de sol S₂ après traitement avec jus de Lovatsara

Le tableau 6 informe l'évolution des caractères physico chimiques du sol S₂ une fois qu'on a pulvérisé avec du jus Lovatsara.

Tableau 6 : Evolution des caractères physico chimiques du sol S₂ après pulvérisation avec du jus Lovatsara.

	Ph (eau)	C (%)	N (%)	C/N	P(Bray (ppm))	Bases échangeables (méq/100g)				Granulométrie (%)			CEC (méq/100g)
						Ca	Mg	K	Na	Argile	Limon	Sable	
	7,37	2,88	0,244	12,9	1,30			8,15		8	12	80	8,7
Avec traitement	légèrement alcalin	Riche	Riche	Satisfaisant	Très riche			Très riche		Sable limono Argileux			Très faible

Ce tableau montre l'évolution des caractères physico chimiques du sol S₂ après pulvérisation du sol avec le jus Lovatsara. Il met en évidence respectivement l'évolution de la teneur respective en :

- **Carbone (C)** : Avant traitement, la teneur en carbone est de 2,12% : sol moyenne. Après traitement, cette teneur en C est devenue 2,88% : une valeur riche un sol. L'accroissement de la teneur en carbone du sol après avoir reçu un traitement avec l'engrais liquide Lovatsara. Sa teneur en carbone s'est accrue.
- **Azote (N)** : Avant traitement, la teneur est de 0,182% : sol moyen. Après traitement, la teneur est de 0,24% : Sol riche. D'après cette valeur, le sol avec une teneur en Azote avant démarrage de la culture devient un sol riche en Azote avec une teneur de 0,24%.
- **C/N** : Avant traitement, la teneur est de 11,6 : satisfaisant. Après traitement, la teneur est de 12,9 : satisfaisant. La teneur de 12,9 du rapport C/N classe encore ce sol parmi le sol facilement dégradable car la valeur de C/N est comprise entre 10 et 40.
- **Phosphore (P)** : Avant traitement, la teneur est de 83,16 ppm : sol très riche. Après traitement, la teneur est de 130 ppm : sol très riche. La teneur en Phosphore s'est accrue de 46,84 ppm soit un accroissement de 56,32%.
- **Potasse (K)** : Avant traitement, la teneur est de 7,07 méq/100 g (sol très riche). Après traitement, la teneur est de 8,15 méq/100 g (sol très riche). Le comportement du sol n'a pas changé mais c'est encore un sol très riche en Potasse. Cette richesse en Potasse a augmenté de 15,2%.
- **CEC (Capacité d'Echange Cationique)** : Avant traitement, la teneur est de 7,9 méq/100g : sol très faible : Sol Sablo Argilo limoneux. Après traitement, la teneur est de 8,7 méq/100g : sol très faible : Sol Sablo limono Argileux. Pour ce cas, la CEC est inférieure à 10, c'est donc très faible, correspondant au sol kaolinite mais sa granulométrie a changé au lieu de sablo argilo limoneux, elle devient sablo limono argileux.
- **Granulométrie** : Avant traitement : sol Sablo limono Argileux (8% Argile, 10% de limon et 82% de sable). Après traitement : sol Sablo Argilo limoneux (8% argile, 12% limon, 80% Sable)

Constat : La teneur en Argile du sol est constante mais la teneur en limon a augmenté de 2% et la teneur en sable a diminuée de 2% par rapport à sa teneur antérieure (avant démarrage de la culture).

4.3.2. Résultats des essais de culture selon les paramètres de suivi

Dans le cadre de ce travail de recherches, quatre paramètres de suivi de croissance de la culture d'oignon ont été développés entre autres :

- La longueur de feuille la plus longue,
- Le nombre de feuille,
- Pulvérisation de la culture d'oignon 1 fois par semaine par 4 capsules de bouteilles d'Eau vive remplie de l'engrais liquide *Lovatsara* et diluée avec 1 litre d'eau;
- Pulvérisation de la culture d'oignon 2 fois par semaine par 4 capsules de bouteilles d'Eau vive remplie de jus de l'engrais *Lovatsara* et diluée avec 1 litre d'eau.

a) Evolution de la croissance de l'oignon avec le sol sans et avec traitement mais pulvérisé 1 fois ou deux fois par semaine

Le tableau 7 informe le résultat des essais de culture montrant l'évolution du nombre de feuille, de la longueur de feuille la plus longue.

Tableau 7 : Evolution du nombre de feuille, de la longueur de feuille la plus longue avec le sol sans et avec traitement mais pulvérisé 1 fois ou deux fois par semaine

Sol témoin sans traitement		Sol avec traitement : pulvérisation 1 fois /semaine		Sol avec traitement : pulvérisation 2 fois /semaine	
Longueur de deux feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille	Longueur de deux feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille	Longueur de deux feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille
0	0	1	1	1	1
0	0	1	2	2	3
1	1	3	5	5	6
1	1	3	5	11	12
1	3	5	5	14	12
2	3	6	6	17	13
3	4	8	7	20	13
6	4	12	11	23	14
7	5	16	12	29	14
7,5	5	17	12	30	15
8	5	19	12	32	17
9	5	23	13	33	20

Ce tableau illustre l'évolution de la croissance en même temps des essais de culture d'oignon dans le sol témoin sans traitement et ceux avec traitement qui ont été pulvérisés 1 fois ou 2 fois par semaine avec de l'engrais liquide *Lovatsara*. Il montre aussi l'importance de l'utilisation de l'engrais liquide *Lovatsara* pulvérisé 2 fois par semaine par rapport à l'utilisation 1 fois par semaine car il y a une grande différence enregistrée que ce soit du point de vue nombre de feuille généré et la longueur des feuilles les plus longues. Le nombre de feuille qui pousse pour la pulvérisation 1 fois par semaine avec le sol traité est de 13 au maximum tandis que pour la pulvérisation 2 fois par semaine, le nombre de feuille est de 20, soit une différence de 7 feuilles de plus correspondant à 53,84% d'accroissement en nombre de feuille.

En ce qui concerne la longueur des feuilles les plus longues, le sol pulvérisé 2 fois par semaine dispose d'une longueur de 10 cm de plus par rapport au sol pulvérisé 1 fois par semaine.

La figure 2 montre le graphe d'évolution de la croissance de la culture d'oignon pulvérisée une fois et deux fois par semaine avec 4 capsules remplies de jus de *Lovatsara* dilué avec 1 litre d'eau en fonction de la longueur des feuilles les plus longues et le nombre de feuilles

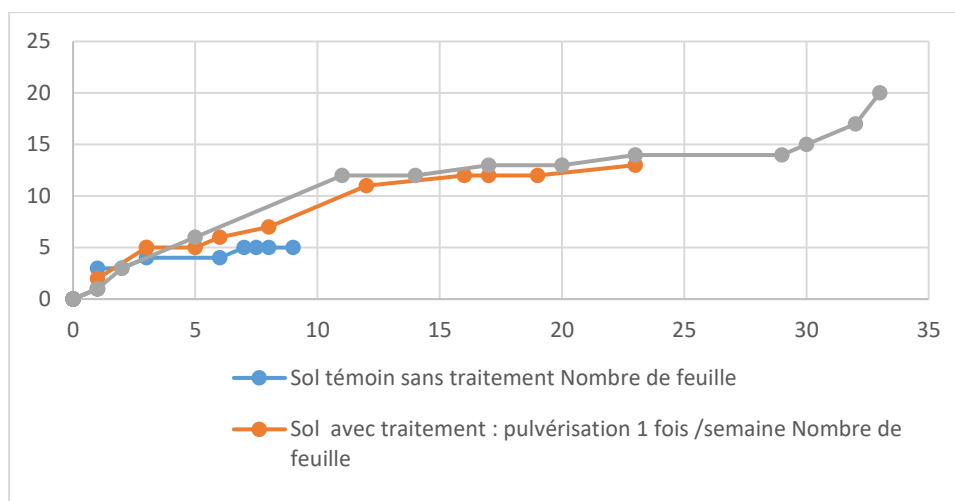


Figure 2 : graphe d'évolution de la croissance de la culture d'oignon pulvérisée une fois et deux fois par semaine avec 4 capsules remplies de jus de Lovatsara.

b) Evolution de la croissance de la culture d'oignon : étude comparative du sol sans traitement avec le sol avec traitement pulvérisé : 2 fois par an.

Le tableau 8 informe l'étude comparative du sol sans traitement avec le sol avec traitement pulvérisé : 2 fois par an

Tableau 8 : Etude comparative du sol sans traitement avec le sol avec traitement pulvérisé : 2 fois par an en fonction de la longueur de feuilles les plus longues et le nombre de feuille

Sol témoin sans traitement		Sol avec traitement : pulvérisation 2 fois /semaine	
Longueur de feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille	Longueur de feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille
0	0	1	1
0	0	2	3
1	1	5	6
1	1	11	12
1	3	14	12
2	3	17	13
3	4	20	13
6	4	23	14
7	5	29	14
7,5	5	30	15
8	5	32	17
9	5	33	20

Ce tableau montre une grande différence entre la culture d'oignon sans traitement et avec traitement utilisant la pulvérisation 2 fois par semaine avec de l'engrais liquide *Lovatsara* au sol traité. Que ce soit du point de vue longueur des feuilles les plus longues ou du point de vue effectif des feuilles qui poussent. Pour la longueur des feuilles les plus longues, la différence est de l'ordre de 24 cm correspondant à la différence entre 33 cm pour une pulvérisation 2 fois par semaine et 9 cm pour un sol sans traitement.

La figure 3 montre le graphe illustrant la comparaison de la longueur des feuilles les plus longues et le nombre de feuilles qui pousse dans le sol témoin et le sol pulvérisé 2 fois par semaine avec l'engrais liquide *Lovatsara* lors des essais de culture d'oignon

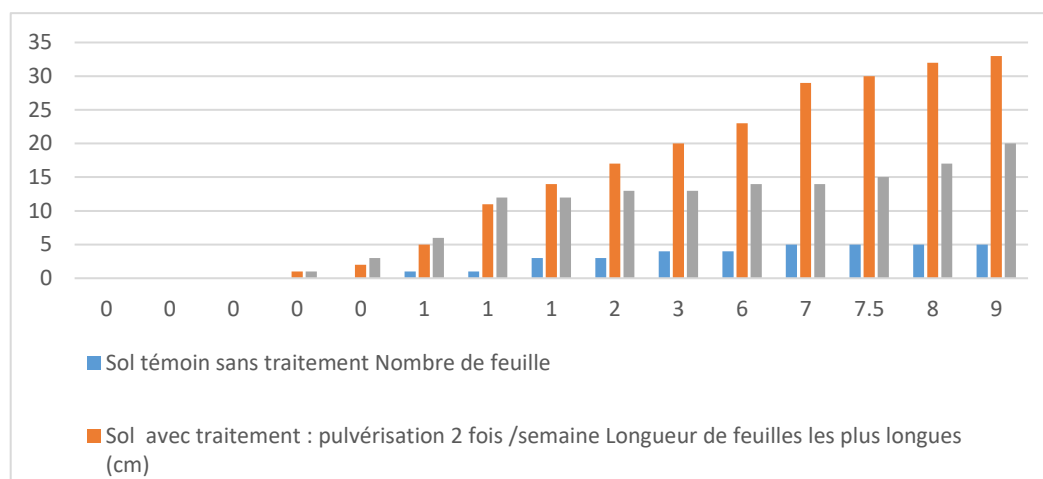


Figure 3 : Graphe comparant la longueur des feuilles les plus longues et le nombre de feuilles qui pousse dans le sol témoin et le sol pulvérisé 2 fois par semaine avec l'engrais liquide Lovatsara lors des essais de culture d'oignon

c) Evolution de la croissance de la culture d'oignon : étude comparative du sol sans traitement avec le sol avec traitement pulvérisé : 1 fois par an.

Le tableau 9 informe l'étude comparative du sol sans traitement avec le sol avec traitement pulvérisé : 1 fois par an en fonction de la longueur de feuilles les plus longues et le nombre de feuille.

Tableau 9 : Etude comparative du sol sans traitement avec le sol avec traitement pulvérisé : 1 fois par semaine en fonction de la longueur de feuilles les plus longues et le nombre de feuille

Sol témoin sans traitement		Sol avec traitement : pulvérisation 1 fois /semaine	
Longueur des feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille	Longueur des feuilles les plus longues (cm)	Nombre de feuille
0	0	1	1
0	0	1	2
1	1	3	5
1	1	3	5
1	3	5	5
2	3	6	6
3	4	8	7
6	4	12	11
7	5	16	12
7,5	5	17	12
8	5	19	12
9	5	23	13

Ce tableau montre une grande différence entre la culture d'oignon sans traitement et avec traitement utilisant la pulvérisation 1 fois par semaine avec de l'engrais liquide Lovatsara au sol traité. Que ce soit du point de vue longueur des feuilles les plus longues ou du point de vue effectif des feuilles qui poussent. Pour la longueur des feuilles les plus longues, la différence est de l'ordre de 14 cm correspondant à la différence entre 23 cm pour une pulvérisation 1 fois par semaine et 9 cm pour un sol sans traitement. En ce qui concerne le nombre de feuille qui pousse, la différence est de 8 feuilles de plus correspondant à la différence entre 13 feuilles pour la pulvérisation 1 fois par semaine et 5 feuilles pour le sol sans traitement.

La figure 4 montre le graphe illustrant la comparaison de la longueur des feuilles les plus longues et le nombre de feuilles qui pousse dans le sol témoin et le sol pulvérisé 1 fois par semaine avec l'engrais liquide Lovatsara lors des essais de culture d'oignon

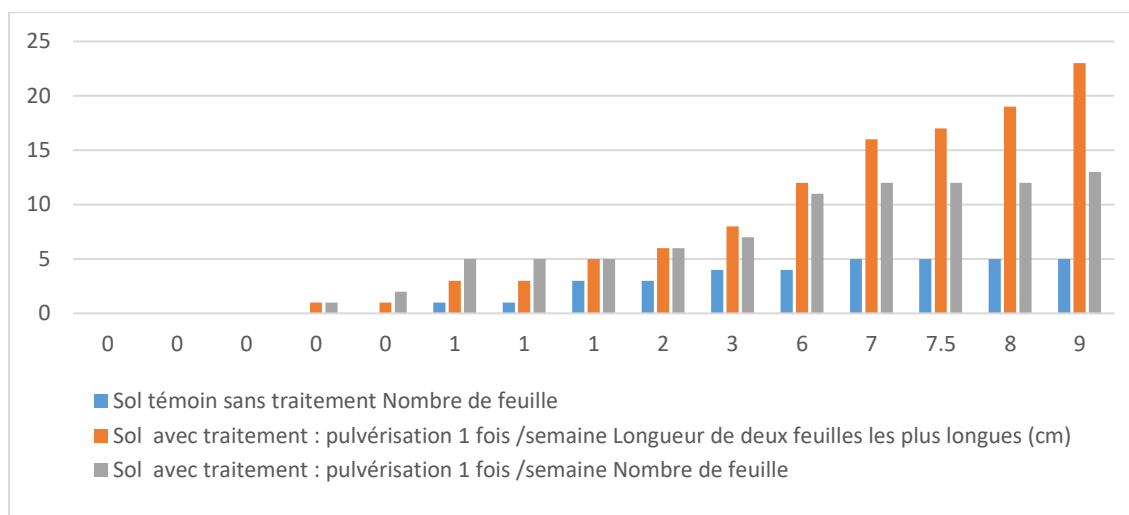


Figure 4 : graphe illustrant la comparaison de la longueur des feuilles les plus longues et le nombre de feuilles qui pousse dans le sol témoin et le sol pulvérisé 1 fois par semaine avec l'engrais liquide Lovatsara

4.4. Formule validée pour l'engrais Lovatsara

La formule définitive pour la production d'engrais Lovatsara est basée sur la composition de bios déchets, du sucre roux et de l'eau. Ainsi, en posant :

- L_f : la masse (en g) de déchet organique ou bio déchet (Fruits et/ou Légumes);
- S : la masse (en g) du sucre roux, cassonade (Jus de canne à sucre) ou miel
- E : la masse (en g) de l'eau

L'obtention de l'engrais Lovatsara est basée par l'application de la formule suivante :

Si : L_f : est la masse (en g) déchet organique ou bio déchet ; la masse du sucre roux sera :

$$S = (1/3)*L_f \text{ et la masse (en g) de l'eau sera de : } E : 2*L_f$$

C'est-à-dire :

- Si L_f est la masse de déchet organique (Fruits et/ou légumes), alors :
- Masse du sucre roux : $S = (1/3)*L_f$
- Masse de l'eau : $E = 2*L_f$

Le tableau 10 récapitule la composition du sucre roux et de l'eau selon la masse de déchet organique ou bio déchet utilisé.

Tableau 10 : Composition de matière première (engrais Lovatsara)

Matière première	Poids / Quantité			
Bio déchet/Matière organique (g)	750	1 500	3000	30 000
Sucre roux (g)	250	500	1000	10 000
Eau (l)	1,5	3	6	100

Source : investigation personnelle

4.5. Rendement de production pour l'engrais liquide Lovatsara

Le tableau 11 récapitule le résultat de l'utilisation de l'engrais liquide Lovatsara par les familles utilisant 20 Plates-bandes (où une plate-bande a une superficie de 22 m²) d'oignon pour trois années successives d'utilisation.

Tableau 11 : Rendement de production d'oignon par famille et par hectare

Année	Rendement de production			
	AN ₀	AN ₁	AN ₂	AN ₃
Suivi par PB (kg)	15 à 20 kg/PB	30 ≤ Rdt ≤ 45 kg	40 ≤ Rdt ≤ 50 kg	50 ≤ Rdt

Par famille	300 kg à 500 kg	600 kg à 700 kg	600 kg à 1000 kg	Plus de 1000 kg
*Par hectare (tonne)	10 t ≤ Rdt ≤ 12 t	15 t ≤ Rdt ≤ 20 t	25 t ≤ Rdt	Plus de 30 tonnes

(*) : *par interpolation*

Ce tableau montre l'accroissement du rendement de production par famille et par hectare pour trois années successives d'application de l'engrais liquide à la culture. Chaque famille aura un rendement de culture allant de 300 kg de production dès le début de la pulvérisation jusqu'à plus de 1000 kg à la fin de la troisième année. De plus, le rendement de production croît de 10t à l'hectare dès la première année jusqu'à plus de 30 t à la fin de la troisième année. Chaque famille ayant appliqué *Lovatsara* à sa culture a obtenu dès la première année 300 kg de produits et plus de 1000 kg à la fin de la troisième année d'utilisation.

Conclusion

Ce travail de recherche a permis de mettre en évidence la fabrication d'engrais liquide dénommée *Lovatsara* et son avantage sur l'amélioration des sources de revenu des ménages ayant appliqué ledit engrais la culture. Par rapport à la superficie de terrain agricole exploitée, le rendement s'est accru de 10t/ha à la sur l'amélioration du rendement de production de la culture d'oignon et de maïs. Il met aussi en exergue le rendement de production obtenu par l'application de *Lovatsara* à la culture.

Références Biblio/webo

- [1] Jean Michel Sourisseau, 2014. l'agriculture familiale. Cirad, UMR. Art-Dev
- [2] https://www.researchgate.net/publication/281775986_Les_agricultures_familiales_a_Madagascar_un_atout_pour_le_developpement_durable
- [3] <http://www.cirad.mg/aiafmada>, consulté le 05/10/23
- [4] <https://www.rapport-gratuit.com/historique-de-la-pratique-artisanale-de-transformation-du-sucre>, consulté le 30/09/23
- [5] https://draaf.normandie.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/20220131Vademecum_methanisation_v9.pdf, consulté le 30/09/23
- [6] TONGASOLO Patrice, Fombandrazana Tsimihety, Institut de Théologie – Ambatoroka, Oniversiten'i Antananarivo, 1997
- [7] RANDRIAMAMONJY Frederic, Tantaran'i Madagasikara isam-paritra, Trano Printy Fiangonana Loterana Malagasy, 2006