

Valorisation de crottes *Borocera madagascariensis* issu de la forêt *Uapaca bojeri* B. par la production d'engrais biologique, dans la Commune Rurale de Sahatsiho Ambohimanjaka, Madagascar

Mananjanahary Aimée Andriamifidy, Doctorante

Onjamalala Dimby Tojoalinjanahary, Doctorante

Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux,

Université de Toliara, Madagascar

Tichia Andriatsiresiniainasoa, Master 2

Jens Randriampenohaja, Docteur

Université d'Amoron'i Mania, Madagascar

Myria Flore Hortencia Rasoavololonjanahary, Docteur

Lily Arison Rene De Roland, Professeur Titulaire

Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux,

Université de Toliara, Madagascar

Approved: 13 October 2026

Posted: 15 October 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Andriamifidy, M.A., Tojoalinjanahary, O.D., Andriatsiresiniainasoa, T., Randriampenohaja, J., Rasoavololonjanahary, M.F.H., & Rene De Roland, L.A. (2026). *Valorisation de crottes Borocera madagascariensis issu de la forêt Uapaca bojeri B. par la production d'engrais biologique, dans la Commune Rurale de Sahatsiho Ambohimanjaka, Madagascar*. ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.10.2026.p372>

Résumé

Cette étude a pour but de valoriser la crotte de *Landibe* ou *Brocera madagascariensis* en engrais biologiques afin de conserver la forêt *Uapaca bojeri*. Cette dernière est le principal habitat et nourricière de *Landibe*, produisant 1,45 g de crottes/jour. Une analyse au laboratoire et une étude expérimentale sur ces crottes ont été effectuées. L'expérimentation étant menée sur la culture de chou chinois, sur une douze parcelles sablonneux de 12 m², avec quatre traitements en trois répétitions suivant le dispositif en bloc de Fisher. La crotte a été comparée avec le lombricompost et le fumier de bovin. Le résultat d'analyse en laboratoire indiquait qu'elle est riche en azote (0,99%), pauvre en phosphore (0,05%) et moyennement riche en

potassium (0,57%). Les résultats ont rapporté que le lombricompost tient la première place, puis le fumier de bovin, après la crotte de *Landibe*: dont la longueur de feuille est respectivement 13 cm, 12,2 cm, 6,41 cm, de largeur de 7 cm contre 5,48 cm et 3,4 cm et de nombre de feuilles de 15,8 contre 12,54 et 8,23. Par contre, le fumier de bovin permet d'obtenir une taille de 15,86 cm contre 15,20 cm pour le lombricompost et 8,67 cm pour la crotte de *Landibe*, et un poids par pieds de 153,82 g contre 149,8 g pour le lombricompost et 36,4 g pour la crotte de *Landibe*. Ces crottes présentent un effet positif sur la production du chou bien que son efficacité productive reste inférieure à celle des autres types d'engrais.

Mots-clés : Valoriser, crottes *Borocera madagascariensis*, effet, conservation de *Tapia*, Madagascar

Valorization of *Borocera madagascariensis* frass from *Uapaca bojeri* Forests Through Organic Fertilizer Production in the Rural Municipality of Sahatsiho Ambohimanjaka, Madagascar

Mananjanahary Aimée Andriamifidy, Doctorante

Onjamalala Dimby Tojoalinjanahary, Doctorante

Doctoral School on Biodiversity and Tropical Environments,
University of Toliara, Madagascar

Tichia Andriatsiresiniainasoa, Master 2

Jens Randriampenohaja, Docteur

University of Amoron'i Mania, Madagascar

Myria Flore Hortencia Rasoavololonjanahary, Docteur

Lily Arison Rene De Roland, Professeur Titulaire

Doctoral School on Biodiversity and Tropical Environments,
University of Toliara, Madagascar

Abstract

This study aims to assess the the potential of *Borecera madagascariensis* frassas as a biological fertilizer in order to preserve *Uapaca bojeri* forests. This latter is the habitat and food resource for *Landibe* which provides approximatively 1,45 g of frass per day. Laboratory analyses and an experimental study were conducted on this frass to determine its composition. The experiment was carried out on 12m² sandy plots using four treatments with these replications, in a randomized complete block (Fisher) design. *Landibe* frass was tested on chinese cabbage

culture and compared with vermicompost and cattle manure. Laboratory analyses showed that *B. madagascariensis* frass is rich in nitrogen (0,99%), low in phosphorus (0,05%) and contains 0,57% potassium. The results indicated the vermicompost ranked first, followed by cattle manure and then *Landibe* frass, with respective leaf lengths of 13 cm, 12.2 cm and 6.41 cm, leaf widths of 7cm, 5.48cm and 3.4cm, and number of leaves of 15.8, 12.54 and 8.23. By contrast, cattle manure produced a plant height of 15,86 cm, versus 15,20cm for vermicompost and 8,67 cm for fresh *Landibe* frass. The weight was 153,82 g for cattle manure, 149,8 g for vermicompost and 36,4 g for *Landibe* frass. The droppings of *Landibe* had a positive effect on cabbage production, although its effectiveness remained lower than of the other two fertilizers.

Keywords: Value, *Borocera madagascariensis* droppings, effect, conservation of *Tapia*, Madagascar

Introduction

Les forêts naturelles sont rares sur les Hautes Terres malgaches. Elles ne couvrent plus que 16 à 17% du territoire malgache alors qu'elle y était encore de 24 à 28% en 1950 (Rakotondrasoa, et al., 2012). Aussi, entre 1999 et 2019, la superficie totale de la forêt de *Tapia* de Madagascar est passée de 131 900 à 131 000 hectares (Rondroarisoa, 2017). La Région Amoron'i Mania abrite la plus grande étendue de forêts du *Tapia* à Madagascar (Raharimanjakaniaina, 2021). Cette forêt naturelle héberge une diversité biologique très riche en l'occurrence *Borocera Madagascariensis* vernaculairement appelé *Landibe*, c'est également une espèce endémique de Madagascar (Razafimanantsoa, 2013) et (Brower, Kull, & Poor, 1990). *Landibe* a une fonction importante dans l'économie malagasy grâce à la récolte de cocon pour créer des tissus appelés *lamba landy* (Randriamboavonjy, 2000). Malheureusement, depuis les dix dernières années, les forêts du *Tapia* se sont dégradées très rapidement à cause des diverses pressions anthropiques (TanyMeva, 2019) et (Tojoalinajanahary et al., 2024).

Dans la Commune Rurale de Sahatsiho Ambohimanjaka, les bois du *Tapia* ne sont pas directement concernés par l'exploitation forestières, la dégradation est souvent causée par les feux de brousse (Rakotoarivelo., 2018) d'où la diminution du nombre *Landibe* dans la forêt. Cependant, l'ONG Ny Tanintsika a élevé des *Landibe* dans le centre de grainage d'Ambohimanjaka par la méthode d'élevage semi naturel. Les cocons sont utilisés pour la fabrication de tissus de soie endémique, la chrysalide est valorisée dans l'alimentation humaine mais les crottes de *Landibe* sont inutilisées (Fitahianjanahary, 2024). Or les crottes de *Landibe* sont comme

tous les déjections des autres animaux tels que les crottes de lapins, de chauve-souris, fumier de ferme, qui peuvent être exploitées en engrais biologiques au même titre que ceux issus du compostage. La présente étude a été donc menée pour connaître la performance de cette crotte inexplorée sur la culture des légumes à feuilles précisément le chou chinois afin de contribuer à la conservation de la forêt naturelle *de Tapia*. Il est de mise de pouvoir analyser si les crottes de *Landibe* peuvent apporter un rendement appréciable vis-à-vis de la culture de chou chinois? Ainsi, des expérimentations ont été effectuées au sein de ladite Commune. L'hypothèse de cette recherche est que la crotte de *Landibe* peut être valorisée comme engrais biologique utilisable dans la culture de choux chinois.

Matériels et Méthode

- *Milieu d'étude*

La Commune Rurale de Sahatsiho Ambohimanjaka est située dans la Région Amoron'i Mania (Figure 1), dans le District d'Ambositra. Elle fait partie des Hautes Terres Centrales. Elle est située environ 39 km au sud d'Antsirabe et 53 km au Nord de la ville d'Ambositra dans le col du *Tapia*, à l'entrée du pays Betsileo (MonographiedelaRégionAmoron'iMania, 2003). Elle constitue la première Commune située au nord de la Région Amoron'i Mania, le long de la Route Numéro 7 (RN7) (Andriamialy, 2015). Les coordonnées géographiques sont S20°12'0", E47°4'60"(Rakotomanana, 2014). Les Communes limitrophes d'Ambohimanjaka sont les suivantes : à l'est la Commune Rurale Tsarazaza, au nord la Commune rurale Sahanivotry, à l'ouest la Commune Rurale d'Alatsinainy Ibity et Ambatomifanongoa, au sud la Commune Rurale d'Ilaka centre (RandriamifidisonRindramampionona, 2015).

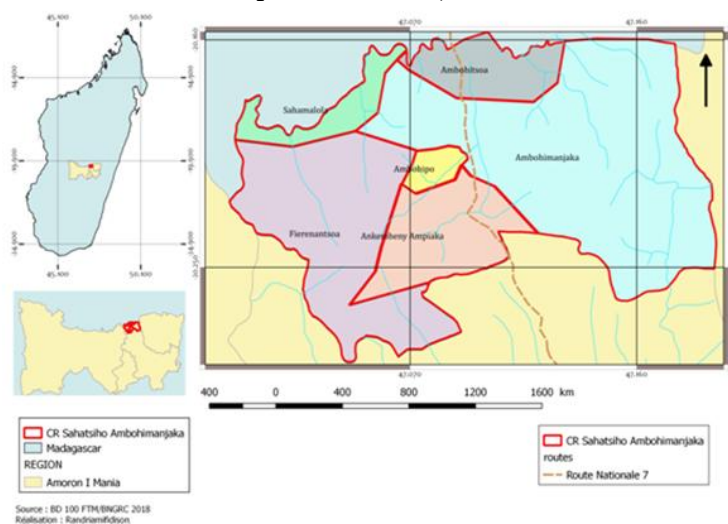


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

Méthodes

Analyse de crotte de *Landibe*

Afin de savoir plus sur les quelques éléments nutritifs (Azote, Phosphore et Potassium ou NPK) et le pH de crottes de *Landibe*, deux échantillon sont été analysés au laboratoire des radioisotopes d'Antananarivo. Le premier échantillon (n°2159-24) regroupe les crottes des larves au stade Larvaire1(L1) et Larvaire 2 (L2) et le deuxième échantillon (n°2160-24) rassemble les crottes de *Landibe* Larvaire 3 (L3), Larvaire 4 (L4) et Larvaire 5 (L5). Les crottes de *Landibe* en stade de L3, L4 et L5 sont les seuls utilisées lors de l'expérimentation, car ce sont les plus riches en élément nutritifs que le L1 et L2.

Dispositif expérimental

Le dispositif en bloc de Fisher a été choisi (figure 2), parce que l'étude se concentre sur un seul facteur étudié (engrais). Le facteur à étudier dans cette étude est la nature d'engrais comparé avec le témoin. L'identification de chaque traitement est présentée comme suit : T0 : témoin c'est-à-dire sans engrais, T1: crotte de *Landibe*, T2: lombricompost, T3: fumier de bovin. Ce sont des engrais disponibles dans la localité ce qui implique qu'ils sont les plus utilisés par la population d'Ambohimanjaka. Le nombre de répétition opté pour cette expérimentation est fixé à trois constituant ainsi trois blocs. Quatre traitements avec trois répétitions ont été donc fixés donnant au total douze parcelles d'expérimentation sablonneuses (figure 2). Chaque parcelle mesure 1m², soit une superficie totale de 12 m² dans l'ensemble.

Figure 2: Dispositif expérimental



(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Chaque parcelle est séparée par une allée de 40 cm et contient neuf poquets. Ces derniers mesurent chacun 15 cm de diamètre et de 30 cm de profondeur. L'interligne et entre pied sont similaires avec respectivement 20 cm. La quantité d'engrais apportée par parcelle est de 2 kg soit 24 kg au total. Cette quantité d'engrais est répartie en quantité égale pour les 9 poquets de parcelle. La crotte de *Landibe* a été administrée telle quelle (sous

forme granuleuse), le lombricompost sous forme de poudre et le fumier de bovin sous forme de grumeaux. Ils ont été mélangés avec le sol pour chaque trou avant de faire le semis. Dans cette expérimentation, les grains de chou chinois sont semés directement au sol sans passer en pépinière. Chaque semence de chou chinois est plantée à 1cm de profondeur dans le sol. Deux grains sont semés par poquet donnant 18 grains équivalant à 5 g par parcelle soit 60 g pour 12 parcelles.

Trois mensurations (le 21 août, le 05 et 09 septembre 2024) ont été effectuées et se font tous les 15 jours jusqu'au jour de la récolte en utilisant le mètre ruban. Les paramètres à mesurer sont la longueur, la largeur, la hauteur et le nombre de feuille ainsi que le poids du chou chinois par une balance électronique. Notons que, la longueur de feuille a été mesurée à partir du dessus de la partie blanche de la plante jusqu'au point de la feuille. Tandis que, la hauteur a été prise en compte du niveau du sol à la pointe de la feuille.

Les logiciels Excel et Minitab ont été utilisés pour faire l'analyse des données en utilisant le test d'ANOVA (<https://slideplayer.fr/tableANOVA>, 2024) ainsi que la comparaison multiple de Fisher et la méthode de régression linéaire. Les résultats sont obtenus, avec un intervalle de confiance de 95%. Ainsi, la différence est non significative si $p \geq \alpha$ (0,05) ; la différence est significative si $p < \alpha$ (0,05) ; elle est hautement significative si $p = 0,000$.

Résultats

Les analyses effectuées au sein du laboratoire des radioisotopes d'Antananarivo donnent les quantités des éléments suivants selon le stade larvaire du *Landibe* (tableau 1):

Tableau 1 : Résultat d'analyse de la crotte de *Landibe*

N°Echantillon	N°Labo	pH eau	Azote (N) Total en %	Phosphore (P) Total en %	Potassium (K) Total en %
L1L2	2159-24	6	0,84	0,03	0,26
L3L4L5	2160-24	6,5	0,99	0,05	0,57

(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Le résultat d'analyse de la crotte de *Landibe* en laboratoire montre qu'elle est riche en azote ayant un taux de 0,99% contre 0,05% en phosphore. Elle est moyennement riche en potassium avec un rapport de 0,57%.

La figure 3 présente le *Landibe* ou ver à soie sauvage, appelé aussi *Borocera madagascariensis*, tandis que la figure 4 montre les déjections ou crottes du *Landibe* utilisés lors de l'expérimentation.

Figure 3: *Borocera madagascariensis***Figure 4:** Crottes de *Landibe*

(Andriamifidy, 2024)

- *Longueur de feuilles*

La longueur de feuilles est parmi les paramètres de croissances étudiés lors de cette expérimentation. L'évolution de la moyenne, l'écart type des longueurs de feuilles ainsi que la probabilité de chaque traitement par rapport à la date de mensuration (tableau 2).

Tableau 2: Evolution de la longueur de feuille suivant la date de mensuration de chaque traitement

Date	Témoin	Crotte de <i>Landibe</i>	Lombricompost	Fumier de bovin
21/08/2024	0,11±0,32	0,07±0,02 (0,003)	0,15±0,06 (0,014)	0,1±0,07 (0,471)
05/09/2024	2,91±1,345	3,011±1,448 (0,900)	9,316±3,720 (0,000)	5,892±2,293 (0,001)
22/09/2024	4,188±1,725	6,412±2,545 (0,024)	12,972±3,880 (0,000)	12,18±3,49 (0,000)

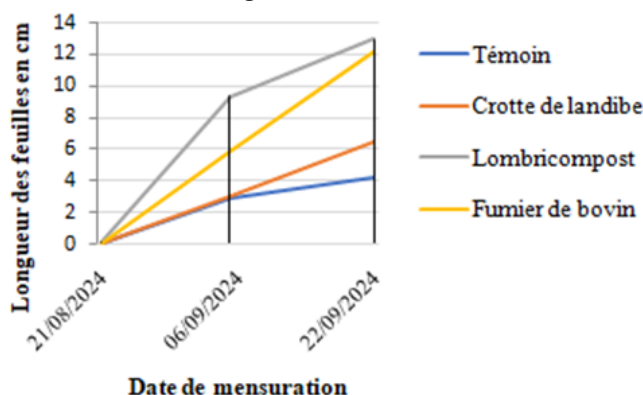
(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Pour la première mensuration datant du 21/08/2024, le lombricompost détient la longueur de feuilles moyenne la plus élevée parmi tous les traitements. Elle vaut 0,15±0,06 cm. Le test est valide ($p=0,014$). Le traitement au fumier de bovin suit le lombricompost avec une longueur moyenne de 0,1±0,07 cm. Le test n'est pas valide ($p=0,471>0,005$). Avec la crotte de *Landibe*, la longueur moyenne de feuilles avec ce traitement est inférieure au témoin (0,07±0,02cm contre 0,11±0,32cm). Le test est significatif ($p=0,003$).

Pour la deuxième date de mensuration, le lombricompost est toujours en tête avec une longueur moyenne de 9,32±3,72cm ($p=0,000$). Le fumier de bovin le suit également (5,89±2,29cm, $p=0,001$). La longueur de feuille de chou chinois pour le témoin est attrapée par celle utilisant la crotte de *Landibe* lors de cette deuxième mensuration (2,91±1,34cm contre 3,01±1,45cm). Le test n'est pas significatif ($p=0,900$) donc il n'y a pas de différence significative entre les deux traitements.

Pour la troisième et dernière mensuration, la moyenne de longueur de feuilles de lombricompost est rattrapée par celle du fumier de bovin avec les valeurs respectives de $12,97 \pm 3,88 \text{ cm}$ et de $12,18 \pm 3,49 \text{ cm}$. Les tests de probabilité sont validés pour ces deux traitements. La longueur de feuilles moyenne du traitement utilisant la crotte de *Landibe* a largement dépassé celle du témoin ($6,41 \pm 2,54 \text{ cm}$ contre $4,19 \pm 1,72 \text{ cm}$). Mais cette valeur reste en dessous de celles obtenues avec les autres traitements (figure 5).

Figure 5 : Evolution de la longueur des feuilles en fonction des traitements



(Andriamifidy, 2024)

Cette figure montre que toutes les longueurs de feuilles des différents traitements augmentent au fur et à mesure du temps. Pour le lombricompost, une accélération de croissance est observée lors de première mensuration jusqu'au deuxième, mais elle s'est ralentie après. La longueur de feuille de fumier de bovin conserve la même allure jusqu'au niveau atteint par le lombricompost à la dernière mensuration. Pour la crotte de *Landibe*, la croissance de feuilles évolue également de façon constante mais avec une pente inférieure aux deux autres. Les feuilles de choux chinois croissent doucement et dépassent celle du témoin à la deuxième mensuration.

Les équations de régression des paramètres relevés seront basées uniquement sur la troisième mensuration pour savoir les valeurs définitives du développement du chou chinois selon les traitements.

L'équation suivante détaillera l'effet de ces facteurs sur la longueur des feuilles.

$$\text{Longueur de feuilles (cm)} = 4,188 + 0,0 T_0 + 2,22 T_1 + 8,785 T_2 + 7,99 T_3$$

T_0 témoin sans engrais, T_1 Crotte de *Landibe*: $p=0,024$;

T_2 Lombricompost : $p=0,000$; T_3 Fumier de bovin: $p=0,000$

La valeur constante 4,19 cm indique la moyenne générale pour l'ensemble des traitements de cette régression. La crotte de *Landibe* ou T_1

ajoute une longueur de 2,22 cm par rapport à la moyenne générale soit une longueur totale de 6,41 cm. Mais cette augmentation est significative d'après le test de probabilité ($p=0,024 < \alpha=0,05$). Le T2 et le T3 apportent chacune une augmentation de longueur de 8,8 cm et 8 cm, soient des longueurs totales de 13 cm et 12,2 cm respectivement. Les tests de probabilités du T2 et T3 sont très significatifs car la valeur $p=0,000$.

- *Largeur de feuilles*

La largeur de feuille de chou chinois est l'étendue de ce dernier d'un de ses côtés à l'autre, par opposition à la longueur. Le tableau suivant indique la moyenne et l'écart types de largeur de feuilles de chaque traitement avec leur probabilité.

Tableau 3: Moyennes de largeur de feuilles par traitements en fonction des dates de mensuration

Date	Témoin	Crotte de <i>Landibe</i>	Lombricompost	Fumier de bovin
21/08/2024	0,11±0,02	0,08±0,02 (0,006)	0,14±0,04 (0,001)	0,1±0,05 (0,812)
05/09/2024	1,473±0,645	1,578±0,691 (0,793)	5,26±1,894 (0,000)	3,275±1,510 (0,000)
22/09/2024	2,387±1,482	3,706±1,480 (0,038)	7,003±2,218 (0,000)	7,864±2,767 (0,000)

(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

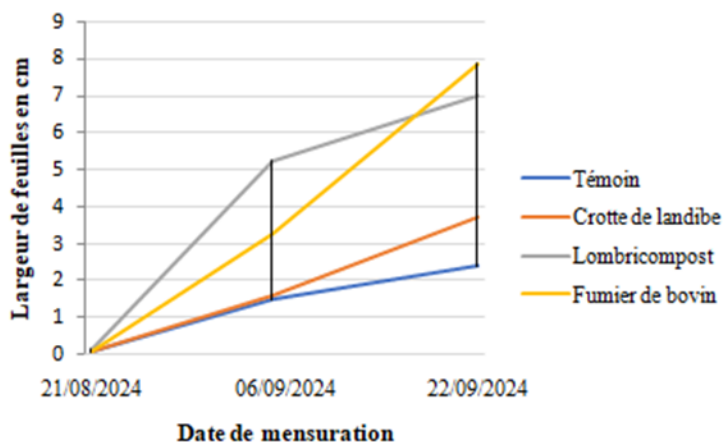
Les valeurs de p pour l'ensemble de résultats sont significatives sauf pour le fumier de bovin à la première mensuration et la crotte de *Landibe* à la deuxième mensuration. Les résultats sont donc presque fiables.

Lors de la première mensuration, le lombricompost a permis d'obtenir une largeur de feuille élevée de 0,14±0,04cm. La largeur de feuille moyenne avec le fumier de bovin est de 0,1±0,05cm. Elle est semblable à celle du témoin (0,11±0,02cm). La valeur obtenue avec la crotte de *Landibe* se trouve au dernier rang et inférieure au témoin (0,08±0,02cm).

Pour la deuxième mensuration, la moyenne de largeur de feuilles de crotte de (1,58±0,69cm) et de fumier de bovin (3,28±1,51cm) dépasse celle de témoin (1,47±0,65cm). Le lombricompost est à la tête de classement, avec la largeur élevée et test de probabilité validé (5,26±1,89cm).

Pour la troisième mensuration, le fumier de bovin a permis d'atteindre une largeur de feuilles de 7,86±2,77cm et surpasse légèrement celle traitée avec le lombricompost (7,00±2,21cm). La largeur de feuilles moyenne de crotte de *Landibe* (3,71±1,48cm) s'éloigne de celle du témoin (2,39±1,48cm).

La figure 6 ci-après montre l'évolution de la croissance de largeurs de feuilles moyennes pour chaque traitement en fonction des dates de mensuration.

Figure 6: Evolution de largeur de feuille pour chaque traitement

(Andriamifidy, 2024)

D'après ce graphique, la largeur de feuille avec l'utilisation du fumier de bovin ne cesse de croître et dépasse celle de lombricompost à la dernière mensuration. Comme pour la longueur de feuille, la croissance de sa largeur s'active très tôt et se ralentit après avec l'utilisation de lombricompost. L'évolution de la largeur de feuille avec la crotte de *Landibe* est identique au témoin jusqu'à la deuxième mensuration. Mais elle se démarque de celle-ci à la dernière mensuration.

La régression linéaire sur la largeur des feuilles du chou chinois sera présentée dans l'équation suivante.

$$\text{Largeur feuilles (cm)} = 2,388 + 0,0 T_0 + 1,318 T_1 + 4,616 T_2 + 5,476 T_3$$

T1 p=0,038 ; T2 p=0,000 ; T3 p=0,000

Le coefficient constant de largeurs de feuille avec les 4 traitements est 2,39 cm. Le T0 n'augmente pas la largeur de feuille de chou chinois car son coefficient de régression est nul. Les autres traitements contribuent à la croissance de largeur de feuille. La largeur moyenne a augmentée de 1,31 cm soit 3,4 cm au total pour le T1, de 1,31 cm soit 7 cm pour T2 et de 5,48 cm soit 7,85 cm pour le T3. Ce dernier est le plus meilleur de tous ces traitements. Notons que le test de probabilité du T1 ($p = 0,038 < \alpha 0,05$) est significatif et hautement significatifs pour T2 et T3 ($p=0,000$).

- **Hauteur des plants**

Dans cette division, le paramètre de croissance étant la hauteur de plante. C'est la mesure de chou chinois de sa base à son sommet. Elle est analysée en fonction des dates de mensuration. Le tableau suivant montre

les moyennes et écart types de la hauteur de plante pour chaque traitement suivant les dates de mensuration.

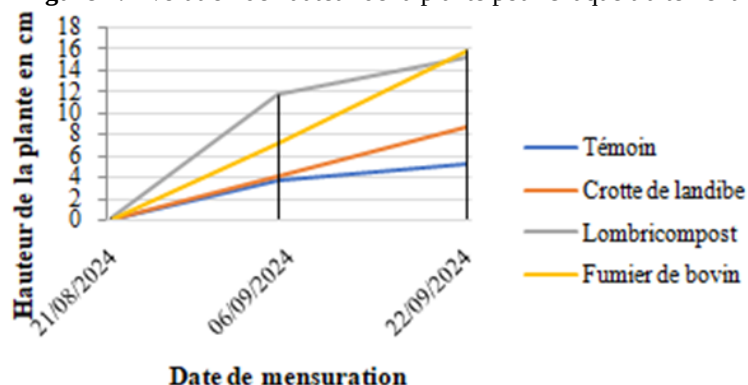
Tableau 4: Croissance de la hauteur suivant les dates de mensuration pour chaque traitement

Date	Témoin	Crotte de <i>Landibe</i>	Lombricompost	Fumier de bovin
21/08/2024	0,1±0,08	0,07±0,02 (0,198)	0,17±0,11 (0,008)	0,09±0,05 (0,651)
05/09/2024	3,777±1,688	4,061±1,86 (0,76)	11,728±4,43 (0,000)	7,283±2,80 (0,001)
22/09/2024	5,196±2,26	8,676±3,29 (0,004)	15,19±4,35 (0,000)	15,86±4,58 (0,000)

(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

D'après ce tableau, l'évolution de la hauteur de chou chinois pour le témoin est nettement en dessous des trois autres traitements (0,1±0,08cm à 5,2±2,26cm). La crotte de *Landibe* montre un effet identique au témoin pour les deux premières mensurations d'où leur probabilité supérieure au seuil. Par contre à la troisième mensuration, elle se distingue du témoin avec une hauteur de 8,68±3,29cm contre 5,2±2,26cm. Pour le lombricompost, la hauteur monte jusqu'à 0,17±0,11cm à 11,73±4,43cm entre la première et la deuxième mensuration pour atteindre finalement 15,19±4,35cm. Contrairement au lombricompost, le fumier de bovin ne se démarque pas du témoin et de crotte de *Landibe* à la première mensuration ($p=0,651$). Mais il les dépasse à la deuxième mensuration (7,28±2,80cm) jusqu'à parvenir à atteindre le niveau du lombricompost à la troisième mensuration (15,86±4,58cm). La figure ci-après montre la courbe de croissance de la hauteur de chou chinois pour chaque traitement suivant les dates de mensuration.

Figure 7: Evolution de hauteur de la plante pour chaque traitement



(Andriamifidy, 2024)

L'allure des courbes de la hauteur de plante avec le lombricompost et le témoin se ressemble car à la deuxième mensuration leur croissance se ralentit. La hauteur moyenne de plante pour les traitements avec la crotte de *Landibe* et le fumier de bovin conservent la même allure jusqu'à la dernière mensuration. La hauteur du chou chinois traité avec le fumier de bovin dépasse légèrement celle utilisant le lombricompost à la fin du cycle.

L'analyse de régression a permis d'établir une relation entre la hauteur des feuilles du chou chinois et les différents traitements utilisés. L'équation suivante permet de caractériser la taille foliaire selon les traitements effectués.

$$\text{Hauteur plante (cm)} = 5,196 + 0,0 T_0 + 3,48 T_1 + 9,99 T_2 + 10,67 T_3$$

T1 p=0,004 ; T2 p=0,000 ; T3 p=0,000

La hauteur moyenne du chou chinois est 5,20 cm. Le T3 présente une meilleure taille de tous les quatre traitements. Il donne la taille la plus élevée en contribuant 10,67 cm soit une hauteur totale de 15,86 cm. Le T2 ou lombricompost contribue 9,99 cm de hauteur soit 15,2 cm au totale. La hauteur de plante est augmentée de 3,48 cm en appliquant la crotte de *Landibe* ou le T1 dont sa hauteur moyenne est 8,67 cm. Il existe de différence significative entre ces quatre traitements.

- **Nombre de feuilles**

Le nombre de feuille est le dernier paramètre de croissance à étudier pendant l'expérimentation de chou chinois. Les moyennes et écart types de nombres de feuilles avec la valeur de *p* vont être représentés ci-dessous (tableau5).

Tableau 5: Croissance des moyennes de nombre de feuille suivant la date de mensuration pour les traitements

Date	Témoin	Crotte de <i>Landibe</i>	Lombricompost	Fumier de bovin
21/08/2024	2±0,000	2±0,000 (1,000)	2,84±0,800 (0,000)	2,35±0,49 (0,025)
05/09/2024	5,5±1,175	6,222±0,943 (0,133)	9,04±2,131 (0,000)	7,333±1,557 (0,001)
22/09/2024	6,125±1,424	8,353±2,737 (0,080)	15,79±5,42 (0,000)	12,55±4,70 (0,000)

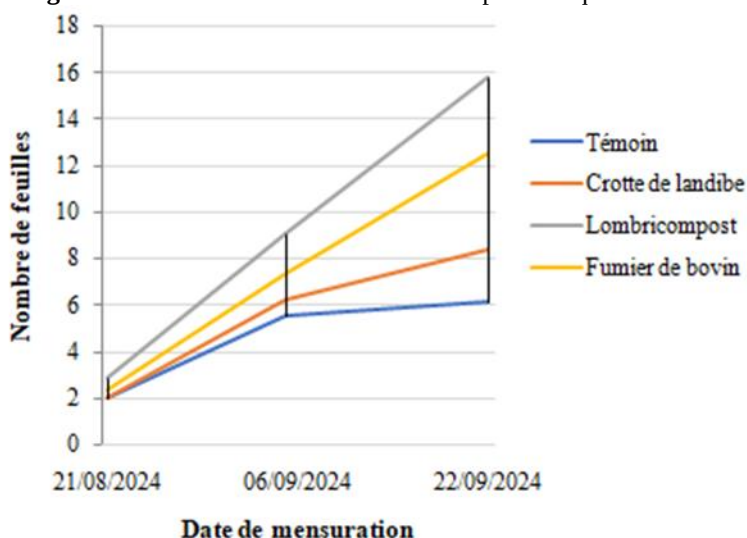
(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Pour l'ensemble des résultats du tableau ci-dessus, seuls les tests de probabilité de la crotte de *Landibe* ne sont pas validés pour les trois dates de mensurations (1,000 ; 0,133 ; 0,080). Pour la première mensuration, le nombre de feuille de lombricompost est à la tête du rang avec la valeur 2,84. Celle du fumier de bovin le suit après en donnant 2,35 feuilles. L'effet de crotte de *Landibe* et le témoin est semblable pour donner nombre de 2.

Pour la deuxième mensuration, le nombre de feuille de crotte de *Landibe* augmente et atteint celle du témoin (6,22 contre 5,5). La valeur de nombre de feuille de lombricompost est le plus élevé vaut 9,040. Celle de fumier de bovin est à la deuxième place étant 7,333.

Lors de la troisième mensuration, le lombricompost ne cède pas sa première place avec le nombre de feuille le plus élevé des trois autres traitements (15,79). Il est suivi par le fumier de bovin (12,55 nombres de feuilles). Le nombre de feuille de crotte de *Landibe* (8,353) est largement supérieur à celle de témoin (6,125) même s'ils ont ressemblé lors de la première et deuxième mensuration. La crotte de *Landibe* donne de bon effet de plus en plus en fonction de la date de mensuration. Ces résultats sont représentés clairement dans la figure ci-après :

Figure 8: Evolution de nombre de feuilles pour chaque traitement



(Andriamifidy, 2024)

Le départ de croissance de tous les quatre traitements est la même à la date 21/08/2024. Ils sont partis de même valeur mais se diffèrent à la deuxième mensuration. Les traitements lombricompost et fumier de bovin ne cessent d'augmenter le nombre de feuilles de chou chinois. La courbe de lombricompost est au-dessus de tout suivi par le fumier de bovin. Le nombre de feuilles de crotte de *Landibe* augmente rapidement dès la première mensuration jusqu'à la deuxième mais il se ralentit à la troisième mensuration. Le nombre de feuille de témoin est le plus faible et sa croissance se ralentit aussi à la troisième mensuration.

La régression linéaire met en évidence la relation entre le nombre des feuilles du chou chinois selon les traitements appliqués. Elle est présentée par l'équation suivante.

$$\text{Nombre feuille} = 6,125 + 0,0 T0 + 2,23 T1 + 9,67 T2 + 6,42 T3$$

$$T1 \text{ p}=0,080 ; T2 \text{ p}=0,000 ; T3 \text{ p}=0,000$$

Le nombre de feuilles moyen obtenu est 6,13. Le T1 augmente ce nombre de 2,23 lors de dernière mensuration et arrive au nombre de 8,36 au total. Le T2 contribue le plus à la formation de feuilles de chou chinois (9,67) en donnant au final le nombre de feuille moyen de 15,80. Le T3 augmente 6,42, soit le nombre moyen de feuille 12,55 au total. Le T2 est le plus performant de tous les traitements au terme de nombre de feuille du chou chinois. Les traitements de lombricompost et le fumier de bovin ont des tests très significatifs ($p=0,000$). Mais le test est non significatif pour la crotte de *Landibe* ($p=0,08 > \alpha=0,05$).

- Poids

Le tableau qui suit présente l'analyse de variance sur le poids du chou chinois selon les traitements.

Tableau 6: Analyse des variances des moyennes des poids de produits par les traitements

Source	DL	Somme Carré ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Traitement	3	295345	98448	11,01	0,000
Erreur	69	616768	8939		
Total	72	912113			

(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Le tableau 2 présente une valeur de p (0,000) largement inférieure à celle du seuil de signification de $\alpha=0,05$; donc il existe une différence très significative entre les quatre traitements sur les poids de la plante du chou chinois. Le tableau de comparaison multiple de Fisher (tableau 7) montre les détails de la différenciation entre les traitements avec le paramètre de rendement. Ce résultat représente les informations de groupement avec la méthode de la plus petite différence significative de Fisher à un niveau de confiance de 95 %.

Tableau 7 : Comparaison multiple de Fisher des traitements par les poids de produits

Traitement	N	Moyenne	Groupement	
Fumier de bovin	12	153,8	a	
Lombricompost	27	149,9	a	
Crotte de <i>Landibe</i>	17	36,41		b
Témoin	17	12,82		b

(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Ce tableau informe que la crotte de *Landibe* ait le même effet que le témoin au seuil de 95% bien que leurs moyennes respectives soient visiblement différentes ($36,41 \pm 26,18g$ et $12,82 \pm 11,03g$). D'un autre côté le fumier de bovin et le lombricompost affichent des moyennes de poids très

élevés (4fois plus élevées) par rapport à la crotte de *Landibe*. Leurs moyennes sont statistiquement identiques au seuil de 95% ($153,8 \pm 143,2$ g et $149,9 \pm 120,6$ g respectivement). Aussi, l'analyse statistique montre que chaque traitement présente de lettre différente (b) pour le T0 et T1 et (a) pour le T2 et T3. Ces différentes lettres indiquent qu'il y a une différence significative sur le poids du chou chinois entre les traitements. Le T2 et T3 tiennent à une augmentation de 12 fois plus de T0 et 4 fois plus de T1.

L'équation suivante montre la régression linéaire du poids du chou chinois selon les traitements effectués.

$$\text{Poids (g)} = 12,8 + 0,0 \text{ T0} + 23,6 \text{ T1} + 137,0 \text{ T2} + 141,0 \text{ T3}$$

D'après cette équation, la moyenne générale du poids de chou chinois pour tout traitement confondu est de 12,8g. Le T0 ne contribue à aucune augmentation de poids par rapport à cette moyenne générale car son coefficient de régression est nul. Or les trois traitements T1, T2 et T3 contribuent à l'augmentation de poids du chou chinois car ils ont les valeurs respectivement 23,6 g ; 137 g et 141 g. D'après ce résultat, le T3 a le poids de chou chinois le plus élevé soit 153,8 g ensuite le T2 donne 149,8 g. Bien que T1 ait apporté une augmentation de poids de 23,6 g par rapport à la moyenne générale, cette contribution n'est pas significative par rapport aux deux traitements précédents.

La figure ci-après montre le chou chinois sous traitement des crottes de *Landibe*.

Figure 9: Chou chinois



(Andriatsiresiniainasoa, 2024)

Cette figure présente le chou chinois sous l'effet de la crotte de *Landibe* lors de l'expérimentation.

Discussion

Une différence significative est notée sur la croissance foliaire du chou chinois selon le traitement lors de l'expérimentation et c'est avec T1 qui présente constamment la plus faible en valeur. Elle pourrait être due à la libération lente des nutriments de crotte de *Landibe* favorisée par sa forme granuleux. Plus les engrais est fin, plus sa minéralisation sera rapide (Andriamihaja, 2014) et (Charles, 2020). Les formes farineuses minéralisent plus vite que les granulées (Randriamanantsoa, 2014) et (Chabelier, 2020). Le lombricompost a un effet rapidement constaté sur la plante car il a une capacité d'accélérer la décomposition de la matière organique (Randrianantenaina, 2023). Aussi, le test est significatif pour le poids du chou chinois car il existe une différence entre les quatre traitements. Ce qui signifie que l'effet de crotte de *Landibe* (36,4 g) est inférieur aux autres traitements et le lombricompost (149,8 g) est similaire à celle de fumier de bovin (153,8 g). En 2017, Abdullah a obtenu 108 g par pied de Pe-Tsai avec le fumier de bovin, un poids inférieur de notre expérimentation. Tandisque, la variété Tabaxoca de l'essai variétale de chou chinois a un poids supérieur à celle de la présente expérimentation avec la valeur de 298 g (Randrianandrasana, 2021). Le poids total de chou chinois traité par le lombricompost est de 149 g. Lhousi en 2022 a obtenu 147,10 g, cette valeur est similaire au résultat de la présente étude. Les crottes de *Landibe* ont donné un poids total de 36,4 g, soit quatre fois inférieur au résultat de fumier de bovin. La reprise du poids de la plante avec ce traitement a été tardive à cause du durcissement de la surface externe de la crotte de *Landibe* empêchant ainsi la libération de ses éléments nutritifs (Fitahinajanahary, 2024). L'engrais granulé se décompose lentement sur une période de plusieurs mois à chaque arrosage (Nursery, 2023). Ces résultats peuvent être dus aussi par le faible taux du phosphore de la crotte de *Landibe* qui contribue au développement des organes végétatifs de la plante (Willagri, 2021).

Le taux de sable dans un type du sol a un effet sur la croissance et la santé des plantes cultivées selon Mansouri en 2020. Or le sol lors de l'expérimentation est caractérisé par une prédominance du sol sablonneux. Ce dernier a un effet direct sur le développement de chou chinois. L'effet de cette texture est très visible sur les parcelles traitées par les crottes de *Landibe*, car ces derniers sont surmontés à la surface de sol lors des arrosages. Le sol est très perméable et ne les ont pas fixés. Les crottes de *Landibe* n'ont pas pu donner un bon développement ainsi que un bon rendement par rapport aux autres engrais de chou chinois à cause de cette situation empêchant l'apport des nutriments. En 2024, Fitahianjanahary affirme que les crottes de *Landibe* ne présentent pas des effets significatives en termes de croissance des feuilles des haricots blancs si elles sont à l'état

granuleux. Le «guide pédagogique de bonnes pratiques agricoles en cultures maraîchère à Madagascar» publiée par CEFFEL défend que les sols riches en sables soient des sols légers. Dans un sol sableux, la pénétration des racines est facile mais l'eau et les éléments fertilisants ne sont pas retenus (CEFFEL, 2011) par rapport à l'argile et le limon. Une perspective ouvre une question de recherche pour savoir quels seront les résultats des crottes de *Landibe* sur un autre type du sol, la structure d'engrais (poudre, compost à base de crottes de *Landibe*), un autre type de culture lors d'une expérimentation future.

Conclusion

Cette étude met en évidence l'efficacité de différents engrais biologiques pour améliorer le développement des feuilles du chou chinois avec les paramètres longueur, largeur, hauteur et poids. Il a été constaté que le lombricompost a donné le meilleur résultat en terme de croissance de la plante tandis que le fumier de bovin qui donne un bon rendement. Quant à la crotte de *Landibe*, elle participe aussi un effet positif sur le développement et sur le poids du chou chinois même si son efficacité reste moins élevée par rapport aux deux autres engrais. Par contre ce genre d'engrais peut être utilisé comme engrais biologique même si son effet reste plus limité sur la croissance de la plante (Hypothèse vérifiée).

Remerciements

Cette recherche a été collaborée avec l'ONG Ny Tanintsika et avec le membre du VOI de la Commune Rurale d'Ambohimanjaka district d'Ambositra, Madagascar et l'Université d'Amoron'i Mania, sous la Direction de l'école Supérieure des Sciences Agronomiques et Environnementales.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Cette recherche a été financée par l'ONG Ny Tanintsika Madagascar.

References:

1. Abdullah, A. (2017). *Evaluation of the use of vermicompost on the crop production of two variety of Pakchoi on the soil structure in surcrame.*
2. Andriamialy, L. (2015). *Commune Rurale Sahatsiho Ambohimanjaka Mdia misotro-Rano voadio . Ambohimanjaka.*

3. Andriamihaja, L. (2014). *Etude comparative de l'utilisation du compost de deux mois du débris végétaux et du fumier de vache sur le rendement de la culture de choux pommé dans le fonkotany d'Amongy Ambositra*. Ambositra Madagascar.
4. Brower, F., Kull, A., & Poor, M. (1990). *Inventaire de biomasse des forêts tropicales*.
5. CEEFFEL. (2011). *guide pédagogiques des bonnes pratiques agricoles sur les cultures maraîchères à Madagascar*.
6. Chabelier, V. (2020). *Fiches matières organiques: Fumier de bovin extrait du guide de la fertilisation organique*. la Réunion.
7. Charles. (2020). *détermination des cinétiques de minéralisation d'engrais organiques*.
8. Fitahianjanahary, M. (2024). *Etude de l'efficacité des engrais de vers à soie sauvage selon son stade sur la culture de haricot blanc (Phaseolus vulgaris)*. District d'Ambositra.
9. <https://slideplayer.fr/tableANOVA>. (2024). *table Anova consulter le 30.09.24*.
10. MonographiedelarégionAmoron'iMania. (2003). *Commune Rurale de Sahatsiho Ambohimanjaka*. District Ambositra.
11. Nursery, T. (2023). *Engrais: granulaires ou liquides*.
12. Raharimanjakaniaina, V. (2021). *Mise en place de stratégie de conservation d'une espèce endémique locale Dypsis*.
13. Rakotoarivelo, M. (2018). *Evaluation du progrès vers la gestion durable des ressources forestières à Ambohimanjaka et Vohidahy dans le Betsileo Nord*. 7-8.
14. Rakotomanana, H. (2014). *Elaboration d'outil d'aide de la gestion de la forêt du Tapia dans la Commune Rurale de Sahtsiho Ambohimanjaka*. Ambositra.
15. Rakotondrasoa, O., Malaisse, F., Rajoelison, G., Razafimanantsoa, T., Rabearisoa, M., & Verheggen, F., et al. (2012). *La forêt du Tapia, écosystème endémique de Madagascar écologie fonctions, causes de dégradation et de transformation (synthèse bibliographique)- BASE Biotechnologies, Agronomie, Société et environnement*.
16. Randriamanantsoa, N. (2014). *contribution aux essais d'amélioration de lombricompostage cas de l'ONG Ferronnerie d'Art Mandrozeza*. Antananarivo.
17. Randriamboavonjy, G. (2000). *La dynamique de la forêt du Tapia pour le développement de la sériciculture dans la région d'Ambohimanjaka*. Mémoire de fin d'études Université . Antananarivo, Madagascar.

18. Randriamifidison Rindramampionona, R. (2015). *Enjeux sociaux des problématiques de conservation de la biodiversité dans la région Amoron'i Mania*. Thèse de Doctorat. Université de Toliara.
19. Randrianandrasana, M. (2021). *Etude comparative des effets de différents types de fertilisations sur la croissance de Pe-Tsai en culture hors sol*. Ambositra, Madagascar.
20. Randrianantenaina, N. (2023). *effets de doses de croissance de fumier sur la culture de PE-Tsai (Brassicarapapekinensis) dans la Région Vakinankaratra*. Antsirabe, Madagascar.
21. Razafimanantsoa, T. (2013). *bioécologie des vers à soie lasiocampidae gonometinae de la forêt de Tapia d'Arivonimamoet comportement de Borocera cajanivinson1863 (landibe)*. Antananarivo, Madagascar.
22. Rondroarisoa, A. (2017). *caractérisation écologique du peuplement du Tapia (structures, régénération, dynamique et statut de conservation de (Uapaca bojeri Commune Rurale d'Arivonimamoii-région Itasy. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master, université*. Antananarivo, Madagascar.
23. TanyMeva. (2019). *Rapport annuel, fondation ouvrant pour le développement durable*.
24. Tojoalinjanahary, D. O., Rasoavololonjanahary, F. M., Andriamifidy, M. A., Randriamifidison, R. F., & René de Roland, L. A. (2024, juin 19-24). Impacts de la variabilité de la précipitation sur la régénération naturelle de Tapia (Uapaca bojeri), dans la Commune d'Ambatofinadrahana ,Madagascar. 37eme colloque annuel del'association internationale du climatologie , pp. 22-23.
25. Willagri. (2021). *Le principales fonctions du phosphore dans les plantes*.