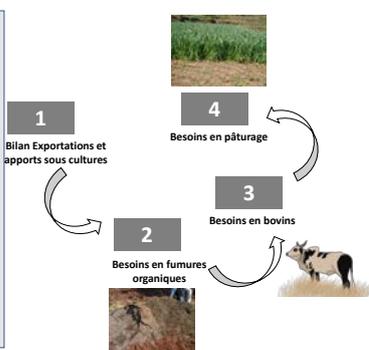
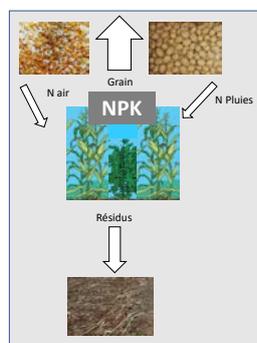


ProSol - Protection et Réhabilitation des sols pour améliorer la sécurité alimentaire

Prestation de consultance : Appui conseil sur les aspects de fertilisation des sols pour le projet ProSol et la culture de soja,

4, 17 mars 2023



Les avis et opinions exprimés dans ce document sont celles des auteurs, et ne reflètent pas forcément les vues du ProSol/GIZ.

Mandaté par :

Projet « Protection et Réhabilitation des sols pour améliorer la sécurité alimentaire » (ProSol)

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Villa Ryan

La Corniche

MAHAJANGA 401

République de Madagascar

C : fabrice.lheriteau@eco-consult.com

Auteur : Patrice Aufray, Centre International de Recherches Agronomiques pour le Développement,

Montpellier-France – 20/06/2023

Version 01

1 Table des matières

1.	Introduction.....	8
1.1	Projet PROSOL.....	8
1.2	Termes de Référence de la consultance	9
1.3	Calendrier de travail et synthèse.....	9
2	Recommandations sur les documents de formation du projet liés à la fertilisation	13
2.1	Démarche générale de formation auprès des agriculteurs avec les partenaires	13
2.2	Thématique besoins des plantes.....	14
2.3	Thématique compost solide (poster)	15
2.4	Thématique compost liquide (poster et flyer)	16
2.5	Lombricompostage (flyer et vidéos).....	17
3.	Soja	18
3.1	Fertilité du sol et fixation atmosphérique de l’N de l’air	18
3.2	Inoculation.....	21
3.3	Génétique et critères.....	22
3.4	Approche économique et chaîne de Valeur.....	25
3.5	Structuration des études dans le cadre d’une thèse sur le soja	26
4.	Approche bilan : déterminer les surfaces en pâturages nécessaires à l’alimentation du bétail comme source de fumier pour équilibrer les exportations des cultures.....	27
4.1	Approche globale : les différentes étapes.....	27
4.2	Bilan des exportations et des apports sous cultures.....	28
4.3	Besoins en fumures organiques	29
4.4	Besoins en pâturage	29
4.5	Estimations des surfaces en pâturage.....	30
5	Conclusion	31
5.1	Les nombreux acquis capitalisés depuis l’extérieur sur la gestion de la fertilité des sols	31
5.2	Capitalisation en interne	31
5.3	Données économiques de référence	34
5.4	Opportunités autres techniques à tester	34
5.5	Fertilité des sols sur <i>baiboho</i>	34
5.6	Approche pragmatique de l’agroécologie.....	34
6	Bibliographie.....	35
7	ANNEXES.....	36
7.1	<i>Hyptis suaveolens</i> ou <i>bemaimbo</i>	36

7.2	Fertilité des sols.....	37
7.3	TDR de la mission	38
Figure 1.	Carte des différentes activités financées par BMZ dans le monde	8
Figure 2.	Zones d'intervention du projet ProSol.	9
Figure 3.	Schéma synthétisant la démarche générale (réalisé avec Tahiry RARIVONANDRASANA). ...	13
Figure 4.	Poster de formation pour les besoins des plantes.....	14
Figure 5.	Poster de formation sur le compost solide.	15
Figure 6.	Supports de formation pour le compost liquide	16
Figure 7.	Supports de formation pour le lombricompostage.....	17
Figure 8.	Relation entre variables d'analyses de sol effectuées sur tanety : le pH est bien corrélé avec les teneurs en C et en P du sol (d'après Gret, 2020).....	19
Figure 9.	Relation entre richesse en N du sol et fixation atmosphérique de l'air chez une légumineuse	20
Figure 10.	Stabilité de rendement théorique pour 2 variétés chez 30 paysans testant 4 à 5 variétés : axe X, représente la fertilité du milieu par le rendement moyen de chaque variété ; axe Y, le rendement de chaque variété pour chaque paysan	22
Figure 11.	<i>Notation des stades du soja suivant en haut la norme BBCH européenne et en bas selon celle des Etats-Unis.....</i>	23
Figure 12.	Les variétés 1 et 2 ont le même rendement mais des Harvest Index différents : la variété 2 produit plus de feuilles et de biomasse à rendement égal de grain que la variété 1	24
Figure 13.	Informations recueillies auprès de paysans producteurs de niébé black eyes dans une analyse économique au sein d'une approche chaîne de valeur.	25
Figure 14.	Coûts des prestations des différentes opérations culturales sur la culture contractuelle de niébé black eyes (données originales issues d'entretiens collectifs).	25
Figure 15.	Bilan pour NPK : les 4 étapes : exportations des cultures, besoins en fumures, besoins en bovins et besoins en pâturage.	27
Figure 16.	Première partie du bilan cultures : rendements en grain, gousses tubercules et des tiges, feuilles ; données sur des estimations réalistes de production pour la zone (données originales, P.Autfray).....	28
Figure 17.	Concentrations du grain, gousses tubercules et des tiges, feuilles pour NPK (N et P données originales, P.Autfray ; estimations pour K).....	28
Figure 18.	Bilan final d'une association soja-maïs entre apports et exportations pour N, P et K à l'échelle d'une année, exprimé en kg/ha.	28
Figure 19.	Concentrations de trois types de fumure organique potentiellement disponibles (à partir de données originales, P.Autfray).	29
Figure 20.	Quantité de fumier de parc de nuit nécessaire pour compenser les exportations d'une association soja-maïs pour N, P et K.	29
Figure 21.	Quantités de bovins (exprimée en UBT) et quantité de fourrage (exprimée en t de MS) nécessaires en vue de production de fumure organique pour N, P et K.	30
Figure 22.	Estimations des surfaces en pâturages nécessaires selon trois scénarios de production et pour N,P et K.	30
Figure 23.	Bilan pour l'N représenté pour une association théorique soja-maïs (co-produit avec F.Lheriteau)..	31

Figure 24. Schéma de la figure 3 (diffusion des innovations agroécologiques) repris avec rajout de lien direct (double flèche en rouge) symbolisant l'approche farm-to-farm.	31
Figure 25. Schéma représentant une exploitation agricole avec les transferts de fertilité, fumier et résidus de récolte (d'après C.Ben Naamane et P.Aufroy, 2020).	32
Figure 26. Exemple d'association de savoirs de paysans (texture) et d'indicateurs scientifiques à capitaliser pour la promotion des légumineuses à graines.	33
Figure 27. Utilisation de « bemaïmbo » pour la production de compost liquide : le fait que cette plante soit reconnue internationalement insectifuge permet de renforcer les savoirs paysans localement.	34

Illustration 1. Exemple de la diversité des espèces de vers de terre épigés utilisés dans le lombricompost ; d'après Andrianisaina, 2017 et Desbois, 2020).	18
Illustration 2. Association maïs-soja : les deux cultures se mélangent souvent car elles ont les mêmes exigences en termes de fertilité des sols ; sur sol volcanique de tanety ; à gauche, sans engrais ; à droite, avec engrais.	18
Illustration 3. Fragilité des sols en surface sur tanety.	19
Illustration 4. Diagnostic foliaire du soja ; d'après Grundon, 1987.	20
Illustration 5. Effet de l'inoculation à droite par rapport à du soja non inoculé à gauche.	21
Illustration 6. Sur racines de soja : à gauche nodosités ; à droite galle.	21

Tableau 1. Ressources humaines du champ d'action 1 PROSOL Madagascar ayant contribué à la mission.	8
Tableau 2. Activités réalisées sur les 11 journées de présence dans la région du Boeny.	10
Tableau 3. Indicateurs principaux et variables à mesurer et évaluer.	22
Tableau 4. Synthèse d'informations sur les variétés de soja (sources d'entretiens).	24
Tableau 5. Potentialités de la culture de soja sur les baibohos de la région de Boeny : chapitres de thèse possibles.	26
Tableau 6. Un exemple de mise en relation nécessaire par commune entre le type local de sol et le mode d'occupation des cultures, effectuée à dire d'acteurs.	33

Liste des acronymes

AFDI	Agriculteur Français et Développement International
AIM	Action Intercoopération Madagascar
AMADESE	Association Malagasy pour le Développement Economique, Social et Environnemental
AP	Aire protégée
CEFFEL	Centre d'expérimentation et de formation en fruit et légume
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CTAS	Centre Technique Agroécologique du Sud
DRAEP	Direction Régionale de l'Élevage de l'Agriculture et de la Pêche
FAO	Food Agriculture Organization
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GRET	Groupe de Recherche et d'Échange Technologique
FOFIFA	Centre National de Recherche Agronomique
g	gramme
GSDM	Professionnels de l'agroécologie
ha	hectare
IRAT	Institut de Recherche Agronomique Tropicale
kg	kilogramme
ONG	Organisation non gouvernementale
OP	Organisations Paysannes
K	Potassium
LFL	Livestock Food Limited
MS	Matière Sèche
N	Azote
P	Phosphore
pH	Potentiel hydrogène du sol
PRADA	Projet d'Adaptation des Chaines de Valeur au Changement Climatique
ProPFR	Projet de Promotion d'une Politique Foncière Responsable
ProSol	Projet de Protection et de Réhabilitation des Sols pour améliorer la sécurité alimentaire
RMME	Rizières à mauvaise maîtrise d'eau
SIG	Système d'Information Géographique
SQD	Système de Semences de Qualité Déclarée
UBT	Unité Bétail Tropical
t	tonne

1. Introduction

1.1 Projet PROSOL

Le projet ProSol vise la protection et réhabilitation des sols dégradés à travers une approche paysage – avec des liens étroits avec d'autres projets de coopération pour le développement. La composante Madagascar fait partie du programme mondial «Protection et restauration des sols» et contribue à la réalisation des objectifs de l'Initiative spéciale du BMZ «UN SEUL MONDE sans faim» visant à éliminer l'extrême pauvreté et la faim.

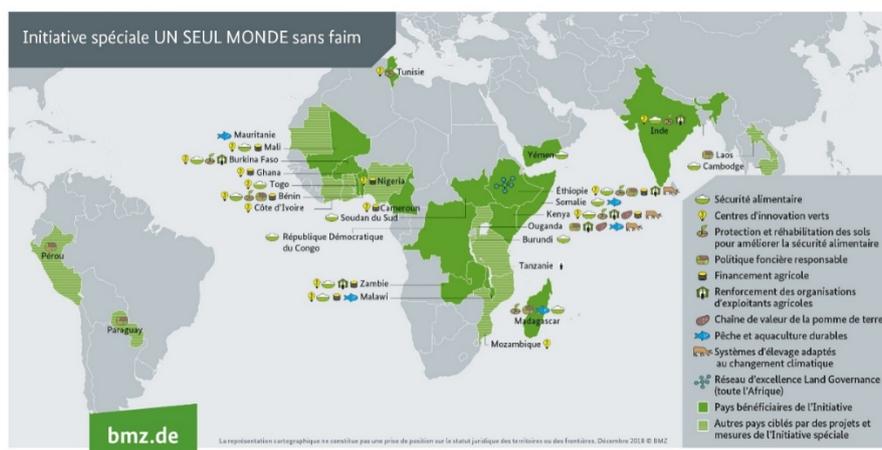


Figure 1. Carte des différentes activités financées par BMZ dans le monde

A Madagascar, les trois composantes du projet sont :

- Champ d'action 1 : mise en œuvre de mesures de protection des sols et réhabilitation des terres ;
- Champ d'action 2 : ancrage politique et institutionnel de la thématique protection des sols et réhabilitation des terres ;
- Champ d'action 3 : gestion des connaissances relatives à la thématique protection des sols et réhabilitation des terres et mise en réseau des détenteurs et bénéficiaires potentiels de ces connaissances

PROSOL vise la protection et réhabilitation de 38 000 ha de sols gravement touchés ou menacés par la dégradation avec plus de 25 000 ménages bénéficiaires directs. La composante Champ d'action 1 est mise en œuvre par le consortium des bureaux de consultants Eco-Consult/GOPA. Ce champ d'action 1 comprend sept experts :

Tableau 1. Ressources humaines du champ d'action 1 PROSOL Madagascar ayant contribué à la mission.

Nom	Fonction
Fabrice LHERITEAU	Responsable équipe
Roger RAFANOMEZANTSOA	Responsable gestion durable des terres et suivi ONG SDMAD
Solofo RAHARINAIVO	Responsable forêts et pâturages et suivi ONG MAHAZAVA
Tahiry RARIVONANDRASANA	Responsable Formation et production de connaissances
Mamy Tiam RAKOTOZAFY	Responsable Agriculture durable et fertilité du sol et suivi ONG AMADESE
Serge RAKOTOZAFY	Suivi ONG AIM
Miharitsoa RANDRIANTSARAFARA	Responsable Suivi et Evaluation
Marie RALISON	Responsable Sociologie

F.Lheriteau, R.Rafanomezantsoa et T.Rarivonandrasana ont été particulièrement impliqués.

Le projet intervient sur 12 des 13 communes dans quatre Districts de la région de Boeny : Mahajanga II, Ambato Boeny, Marovoay et Mitsinjo, avec l'appui sur la composante 1 avec quatre ONG, SD MAD (2 communes), AMADESE (3 communes), AIM (3 communes), MAZAVA (4 communes). Le nombre de techniciens intervenant par commune est environ de deux à trois, qui s'appuient sur des paysans relais (environ 120 pour l'ensemble du champ d'action 1).

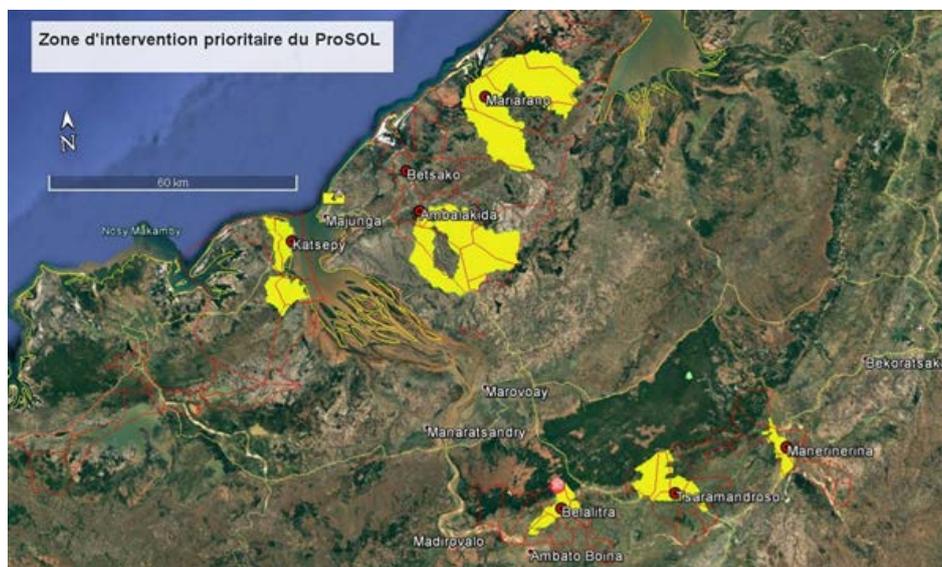


Figure 2. Zones d'intervention du projet ProSol.

1.2 Termes de Référence de la consultance

Il s'agira principalement d'appuyer l'équipe dans ces outils de conseil/formation dans le domaine de la gestion de la fertilité des cultures et des sols basée sur des principes agroécologiques et d'initier des activités de développement de la culture du soja, notamment pour diversifier la filière *black eyes*, sujette à des contraintes majeures, avec le recours massif aux pesticides dans le cadre de monocultures d'une culture commerciale.

Pour ce premier objectif, les supports de formation disponibles ont été consultés et débattus avec l'équipe, avec des thématiques abordées lors des différentes visites de terrain et des entretiens réalisés avec les ingénieurs, techniciens du projet, paysans et paysannes. Un maximum d'informations basées sur des pratiques et savoirs locaux ont été intégrées.

Pour ce deuxième objectif, un inventaire de la qualité des sols a pu être réalisé, en différenciant les sols de *tanety*, et les sols de *baiboho*, pouvant potentiellement supportés la culture de soja. Un outil efficace de mesure du pH *in-situ* a été utilisé sur le terrain pour notamment évaluer l'impact des pratiques en fonction des unités de paysage.

1.3 Calendrier de travail et synthèse

Nous avons reporté dans le tableau suivant les principaux acquis lors des 12 jours de présence dans la région du Boeny.

Tableau 2. Activités réalisées sur les 11 journées de présence dans la région du Boeny.

Jour	Activités/Lieu	Personnes	Points majeurs relevés
6/3	9-10h30 : Atelier d'échanges PROSOL / PRADA (Projet d'Adaptation des Chaines de Valeur au Changement Climatique) dans les trois régions du sud à Mahajanga	Plus de 20 personnes des deux projets	Liens avec le secteur privé du projet PROSOL : entreprise de transformation des légumineuses à graines mineures (soja, cajanus, mucuna) ; soutien d'initiatives privées (exploitation agroforestière). Système semencier SQD (FAO) repris du modèle développé dans l'Androy (GRET, CTAS) associant système conventionnel (variétés de la recherche nationale et internationale avec conservation de leur nom d'origine) et système conventionnel prospections/épurations de variétés locales (attribution de nom locaux). Depuis 2021, PROSOL commence la diffusion des variétés de riz avec comme acteurs les ONG, les OPs (magasin d'intrants), des paysans semenciers.
	10h30-18h : Visite de terrain commune de Betsako (signifie « maïs qui pousse bien »)	ONG Amadese, agriculteurs	Diagnostic sol sur un continuum de fertilité des sols sur <i>tanety</i> : pH mesuré en 5 parcelles, avec valeur de 4.63/5.05/5.15/5.46/6.02 avec des cultures de riz pluvial ; mesures sur <i>baiboho</i> de 6.58/ 6.99 où du maraîchage est pratiqué ; mesure sur compost de la commune urbaine de 7.63 ; observation de cultures de soja sans nodosités en associant avec du maïs sur champ de case. Station forestière avec présence de nombreuses espèces dont <i>Tectonia grandis</i> (Teck) et <i>Gmelina arborea</i> tolérantes au feu dans la présence indiquent des zones humides ou à nappes ; entreprise privée DRAMCO avec plantation d' <i>Acacia mangium</i> et <i>auriculiformis</i> , et développement de cultures intercalaires vivrières sur celles de jeunes âge (appui ProSol).
7/3	7-12h30 : Visite de terrain commune de Katsepy	Plus de 20 personnes des deux projets, ONG Amadese, agriculteurs	Diagnostic sol sur un continuum de fertilité des sols sur <i>tanety</i> sur parcelles proches exploitations agricoles et blocs agroécologiques : valeurs de 5.76, 5.83, 5.80 ; mesure sur écume de canne à sucre de 6.83 ; pratiques innovantes de paillage <i>in-situ</i> réalisées avec des produits de sarclage ; visite de l'OP FITAMINO qui assure des formations et la mise à disposition d'intrants.
	14h-16H30 : Visite Centre Régional FOFIFA Mahajanga et station de recherche	Chercheurs FOFIFA et environ 15 personnes des deux projets	Exposé sur la sélection et la production de semences de base ; présentation des trois sites du Centre Régional, un dédié aux céréales et légumineuses, l'autre aux fruitiers et le dernier aux espèces fourragères ; importance de la collection de niébé (35), mais dont seulement 4 variétés locales sont considérées comme homogènes 3 pour les variétés introduites et d'haricot mungo. Visite du premier site situé non loin de l'aéroport ; parcelles de maïs d'IRAT 200 dédiées à la production de semences de base maïs souffrant de carences nutritionnelles (jaunissement, manque d'N), contrastant avec le développement satisfaisant des légumineuses ; très beau développement du sorgho <i>Muskwari</i> maïs attaque de pyrales visibles sur des feuilles présentant des perforations alignées.
	18h : Entretien MADACOMPOST locaux PROSOL Mahajanga	Gérante MADACOMPOST Mahajanga et équipe PROSOL/GIZ	Historique de 2011 à 2020 des liens avec la commune urbaine. Depuis 2021 nouveau <i>business plan</i> : bureaux au centre-ville avec point de vente du compost à 300 Ar/kg avec agents collecteurs (clients privés, donateurs, grand marché) et site de transformation à l'extérieur de la ville ; recyclage des sachets plastique ; phase de compostage qui dure 3 à 6 mois, avec des phases d'arrosage et de retournement hebdomadaires ; production de 2000 t/an ; les recettes proviennent à 1/3 de la vente de compost, 1/3 de la collecte (clients qui paient ce service), 1/3 sur le marché du carbone. Intérêt de développer une approche qualité <i>via</i> le lombricompostage.

Tableau 2 (suite)

Jour	Activités/Lieu	Personnes	Points majeurs relevés
8/3	Visite de terrain commune de Manerinerina	ONG SD MAD	<p>Réunion d'échanges avec un groupe de paysans sur la chaîne de valeur <i>black eyes</i> : culture introduite en 1996 par contrat formalisé avec SOPAGRI (semences, insecticides fournis, prix garanti) ; 4 à 5 traitements ; en 2022 contrats informels avec des intermédiaires démarcheurs et collecteurs ; prix fluctuant entre 2500 à 4300 Ar (prix moyen 3000 Ar) ; 9 à 10 traitements insecticides.</p> <p>Cultures sur <i>baiboho</i> par ordre d'importance : riz, légumineuses à graines dont <i>Vigna inguiculata</i> variété <i>black eyes</i>, <i>Vigna radiata</i> ou pois mungo ou <i>tsoroko</i>, à cycle de 75 jours ; <i>Vigna umbellata</i> ou haricot riz ou ambérique ou <i>tsiasisa</i>, cycle de 4 mois ; maïs ; manioc. Coûts de production du <i>black eyes</i> réalisé à partir des différents postes de dépenses</p> <p>Détermination espèce locale <i>bemaimbo</i>, <i>Mesosphaerum suaveolens</i>, comme potentiellement intéressante pour la production de compost ; cette espèce de par sa croissance rapide et sa taille contribue au maintien de la fertilité des sols ; elle aurait des propriétés insecticides.</p> <p>Mesures de pH sur <i>tanety</i> 5.36/5.63 ; soja dépourvu de nodules ; 5.66/5.63 sur <i>baiboho</i> ; observations de nodules sur <i>black eyes</i>.</p>
9/3	Visite de terrain commune d'Ambondromany	ONG MAHAZAVA	<p>Zone caractérisée par de forts taux de migration ; les migrants sont une source de main d'œuvre pour les autochtones. Sur <i>baiboho</i> possibilité de 2 cultures successives de <i>Vigna radiata</i> ; mesures de pH sur parcelles cultivées depuis 15 années 5.65/5.90/5.70 ; sur sol en jachère voisin pH 6.45 ; sur <i>tanety</i> pH 5.13, 5.09</p> <p>Production de compost liquide dans buse béton à base de <i>bemaimbo</i>. Visite au retour site MADACOMPOST ; la production nécessite environ 6 mois avec 8 retournements ; 3 t de fumier de bovin sont utilisées pour 18 t de déchets organiques triés ; le compost est tamisé avant d'être commercialisé. Recyclage de productions usine de crabe et de tabac.</p>
10/3	PROSOL Mahajanga	Equipe PROSOL	<p>Point sur l'atelier <i>black eyes</i> et le contenu de la présentation à faire sur le soja, avec simulations de marge à effectuer.</p> <p>Point sur la stratégie génétique soja :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Semences venant de Madagascar FT10, Safari, Spike en tests en grandeur réelle avec et sans inoculum. ○ Semences venant du Bénin TGX 1910 14F et TGX 2008 4F, en veille sanitaire sous couvert de la DRAEP et multiplication. ○ Semences IITA venant de Zambie de 50 variétés adaptées à basse altitude, en voie d'être introduites sous couvert du FOFIFA. <p>Travail sur supports de formation :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Livret pour paysans relais (100-120), techniciens ONG, partenaires : environ 400 exemplaires produits chaque année ; collaboration avec le projet CARE dans le Boeny. ○ Posters de formation thématiques (34) comme supports pour les techniciens des ONG -> paysans relais. ○ Posters d'animation de techniques (32) comme supports pour les paysans relais -> agriculteurs. ○ Flyers (3). ○ Vidéos.

Tableau 2 (suite)

Jour	Activités/Lieu	Personnes	Points majeurs relevés
11/3	Hôtel Mahajanga		Travail sur Excel « Bilan Fertilité » ; recueil des données disponibles dans la littérature
12/3	Hôtel Mahajanga		Travail documentaire ; « Soja » ; recueil des données disponibles dans la littérature
13/3	Visite de terrain commune d'Ambondromany	Plus de 20 personnes des deux projets	<p>Terrain conjoint avec tournée PRADA ; Tanety nouvellement cultivé en agroforesterie temporaire à base de Manguiers ; sol fortement carencé en P (maïs nain) avec un pH de 4.62 ; effet net de l'apport de compost en localisé sur niébé : sans compost dans l'inter-rang pH de 5.17 ; dans le poquet avec apport de compost pH de 5.98 ; visite d'une parcelle de riz pluvial dans bloc agroécologique avec un pH de 5.01 malgré un apport de fumier de 3 à 4 t/h en plein (non localisé). Test d'association riz-haricot mungo réalisé par le paysan.</p> <p>Point sur la gestion des résidus de culture en lien avec la divagation des animaux : une partie est perdue lors de la divagation en début de saisons sèche ; commerce pour résidus de niébé sur <i>baiboho</i>.</p> <p>Travail sur Atelier Diversification de la Filière <i>black eyes</i> pour le soja avec Roger RAFANOMEZANTSOA.</p> <p>Echange avec Jerry HAJASON du GIZ sur perspectives de développement du lombricompost au sein de MADACOMPOST.</p>
14/3	Atelier commune Andranofasika sur la Diversification de la Filière Blaye-eyes	Environ 40 personnes : Chez de District, Maires, représentants filière black-eyes, FOFIFA, paysans, collecteurs, exportateurs, équipe PROSOL	<p>Situation actuelle de la filière <i>black eyes</i> : 18.000 t produites en 2022 ; production plus basse les dernières années : qualité de semences, faux produits insecticides (+70%), résidus à l'exportation (chlorpyrifos retrouvé dans le grain). La Plate-forme <i>black eyes</i> ; débat sur la nécessité d'ouvrir ou de séparer avec les autres filières légumineuses à graines. Diversité génétique supposée du <i>black eyes</i> selon le port végétatif et le poids de grain. Filières collecteurs/exportateurs agréées ; marché sur Inde, Turquie, Dubai.</p> <p>Ambérique : 16.400 t produites en 2022 (en essor, 8400 t en 2016)</p> <p>La production de maïs sur <i>baiboho</i> > à celle sur <i>tanety</i>.</p> <p>Exposé de la Filière Soja dans la Région de Boeny ; 2 exposés :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Denis RAOBELISON, GIZ : 30.000 t de soja importées en 2012 ; LFL importe du tourteau de soja ; expérience SEDIEM de Betafo o Patrice AUTFRAY , présentée par Roger RAFANOMEZANTSOA : La filière soja dans la région du Boeny : le soja dans le monde-le soja et PROSOL (aspects génétiques, qualité de sol, spécificité rhizobium soja-rentabilité potentielle du soja dans le Boeny par rapport à la culture de <i>black eyes</i> ; association maïs-soja.
15/3	Bilan sur étude fertilité PROSOL Mahajanga	Equipe ECOCONSULT	Modèle fertilité NPK des associations de culture (exportations, apports), estimations des quantités nécessaires de fertilisations organiques, de bovins et de fourrage ; puis estimations des quantités de pâturages.
16/3	Introduction de nouvelles variétés de soja de l'ITTA (40 lignées)	GIZ, ECOCONSULT	<p>Visio soja avec Directrice Régionale du Centre, Mbolarinosy Rakotomalala, Herimanga NANTAINAINA, équipe ECOCONSULT :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Sélection d'un étudiant pour une thèse (en cours) o Nécessité de faire les essais soja hors sites FOFIFA car le soja est ciblé sur <i>baiboho</i> et que les sites expérimentaux sont situés sur <i>tanety</i> et sans irrigation.

2 Recommandations sur les documents de formation du projet liés à la fertilisation

2.1 Démarche générale de formation auprès des agriculteurs avec les partenaires

Lors d'un entretien, la démarche générale de formation auprès des agriculteurs avec les partenaires a été schématisé ci-dessous :

- Le projet PROSOL synthétise aux différentes échelles concernées, internationale, nationale, et régionale les acquis techniques disponibles en lien avec différents partenaires ;
- Différents outils de synthèse sont produits annuellement ;
 - Livret de 84 p tiré à 400 exemplaires à destination des techniciens des ONG, OP, paysans relais, qui recueillent l'ensemble des informations qui concernent la fertilisation et partagés aux partenaires régionaux, DRAEP, FOFIFA, Université, CARE, LFL ;
 - 34 posters de formation et posters d'animation thématiques pour les techniciens des ONG, OP, paysans relais qui font l'objet de formations annuelles, ponctuelles et de soutien aux associations existantes (OP, groupements de base) ;
 - 3 flyers et des vidéos thématiques à vocation d'une large diffusion sont disponibles.

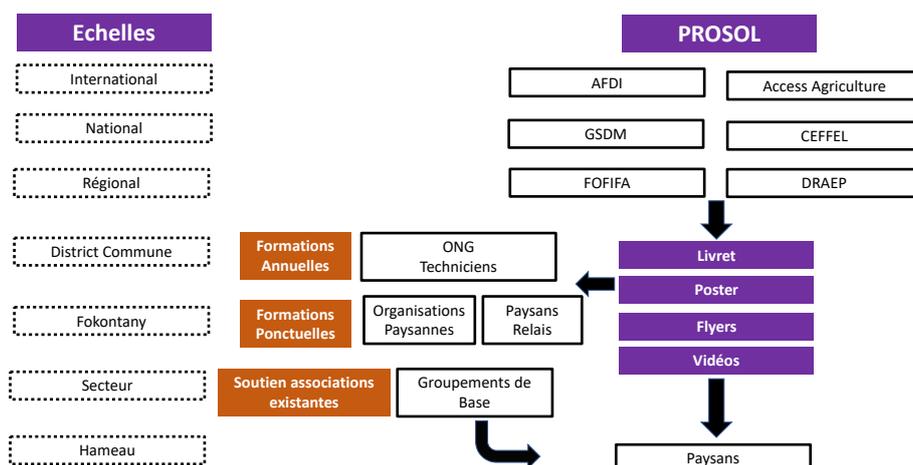


Figure 3. Schéma synthétisant la démarche générale (réalisé avec Tahiry RARIVONANDRASANA).

A la demande du projet nous nous sommes concentrés sur l'amélioration de quatre thématiques :

2.2 Thématique besoins des plantes



Figure 4. Poster de formation pour les besoins des plantes

Impression générale : clair avec l'essentiel pour NPK

Les améliorations suggérées concernent la partie « Racines des Plantes » de manière à créer un lien avec la partie « Les éléments nutritifs majeurs pour la culture » :

« Nécessité de semer tôt pour que les racines prélèvent rapidement NPK présents dans le sol » au lieu de « Permettent à la plante de s'ancrer au sol ».

« Nécessité d'avoir un système profond pour récupérer le maximum de NPK » au lieu de « Absorbent l'eau, l'air et les sels minéraux ».

« Les cultures associées comme maïs et légumineuses permettent de plus absorber les éléments minéraux du sol » au lieu de « Apportent de la matière organique »

2.3 Thématique compost solide (poster)



Figure 5. Poster de formation sur le compost solide.

Impression générale : clair, et qui concerne que le « compostage en tas ». D'autres formes de compostage existent, comme le compostage en fosse (Alui et al, 2020).

Sur ce modèle en tas, les améliorées suggérées concernent la liste des ressources végétales, avec parfois des noms scientifiques d'espèces qui sont erronés, par exemple pour « bemaïmbo », *Hyptis suaveolens* et non *Ageratum conyzoides* :

- Vertes, riches en azote :

- Espèces locales comme « bemaïmbo » *Hyptis suaveolens*, « koritsana » *Cassia tora*
- Arbres comme celles des *Acacia mangium* et *auriculiformis*
- Résidus de cultures maraîchères

- Séches, pailles de riz ou de graminées spontanées : vont favoriser le développement de champignons

- La température de chauffe du compost permet d'éliminer :

- Les maladies des souches pathogènes
- Certaines graines de mauvaises herbes
- Des insectes du sol

Conseil important : rajouter l'option « compostage en fosses».

Le compostage en fosse conserve l'humidité, évite les nuisances dues aux animaux, facilite la montée en température et accélère le processus de compostage :

- Construites à partir de briques : moins pénible, retournement plus facile
- Ou creusées dans la terre : en saison sèche, moins coûteux

2.4 Thématique compost liquide (poster et flyer)



Figure 6. Supports de formation pour le compost liquide

Impression générale : pour le poster, clair mais associer à l'effet engrais, l'effet répulsif contre les insectes, comme sur le flyer.

Les améliorations concernées sont de rajouter au titre « Le compost liquide », « et répulsif » contre les insectes :

- Espèces locales censées jouées contre les insectes

- « bemaïmbo », *Hyptis suaveolens* et non *Ageratum conyzoides*
- Nous conseillons à ce sujet une approche naturaliste basée sur un inventaire des espèces locales, leur disponibilité sur la saison culturale locale, les savoirs locaux associés, complétés de connaissances scientifiques

- A rajouter que la production de lombricompost peut contribuer à produire du compost liquide.

2.5 Lombricompostage (flyer et vidéos)



Figure 7. Supports de formation pour le lombricompostage

La vidéo réalisée par le projet avec Solange, au niveau du *fonkontany* d'Ampitolova sur la commune de Belobaka (district de Mahajanga II) est de très bonne qualité pédagogique avec un savoir acquis précieux.

Pour le flyer, les différentes étapes devraient être mentionnées :

- Phase de pré-compostage ;
- Phase de lombricompostage
- Phase d'élevage, de conservation et multiplication des vers de terre.

Pour les deux produits, deux améliorations futures :

- Introduire la possibilité de produire du « thé » ou « jus » de lombricompost simultanément ou séparément selon les modèles développés en Inde ;
- De donner l'origine des vers de terre et leurs caractéristiques (voir figure ci-dessous).

Les améliorations concernées sont de rajouter la production possible simultanée de la production de lombricompost solide et de jus de lombricompost (références sur Access agriculture) . Également, comment obtenir des vers de terre et comment les reconnaître à minima, serait utile. Le prix d'acquisition pour l'espèce *Eisenia fetida* serait à actualiser (400.000 ar/kg ?)

Espèce/Traits morphologiques *	Photo	Caractéristiques *
<i>Dichogaster saliens</i> Taille petite		<ul style="list-style-type: none"> o Endémique à Madagascar o Epi-endogée; dans la rhizosphère des plantes
<i>Amyntas minimus</i> Très petite taille		<ul style="list-style-type: none"> o Endémique à Madagascar o Nom local « kankan-jila » (remue beaucoup au contact)
<i>Eisenia fetida</i> Taille petite Couleur rosée Anneaux clairs/jaune sur le corps		<ul style="list-style-type: none"> o Espèce de référence introduite à Madagascar (prix officiel 400.000 Ar/kg en 2020) o Adaptation à de nombreux climats o Prolifique et adaptée à forte densité o Consomme tout type de matière
<i>Eisenia andrei</i> Taille Proche d'E.fetida Couleur rouge foncé		<ul style="list-style-type: none"> o Introduite; appelé aussi vers de Californie o Souvent associé à E.fetida
<i>Eisenia hortensis</i> Grande taille		<ul style="list-style-type: none"> o Introduite; supporte la chaleur o Présent dans le fumier
<i>Lumbricus rubellus</i> Taille moyenne Couleur foncée		<ul style="list-style-type: none"> o Introduite; d'origine climat tempéré o Présent dans le fumier
<i>Eudrilus eugeniae</i> Taille petite Rose à violet		<ul style="list-style-type: none"> o Origine tropicale (ver nocturne africain) o Adaptée à la chaleur (minimum 20°C)
<i>Perionyx excavatus</i> Taille moyenne Reflets bleu à violet		<ul style="list-style-type: none"> o Origine tropicale o Forte reproduction

* : indicatif; l'identification des espèces exige une expertise

Illustration 1. Exemple de la diversité des espèces de vers de terre épigés utilisés dans le lombricompost ; d'après Andrianisaina, 2017 et Desbois, 2020).

L'espèce de vers de terre utilisée va donner des informations importantes sur la qualité des matières organiques qui seront principalement consommées et leur adaptation climatique.

3. Soja

3.1 Fertilité du sol et fixation atmosphérique de l'N de l'air

Le soja est une culture exigeante en termes de fertilité des sols (FAO, 1993). Outre un minimum d'azote, elle nécessite des sols moyennement ou peu acides, avec des niveaux en phosphore assimilable satisfaisant. Ces deux derniers critères sont liés, car en sols acides la fixation du phosphore assimilable est plus forte. Les besoins sont proches de ceux du maïs comme l'illustre ces photos sur la figure suivante.



Illustration 2. Association maïs-soja : les deux cultures se mélangent souvent car elles ont les mêmes exigences en termes de fertilité des sols ; sur sol volcanique de tanety ; à gauche, sans engrais ; à droite, avec engrais.

Nous conseillons des sols avec un pH > 5.5 et des quantités de phosphore assimilable un minimum de 8 avec la méthode Olsen. La quantité moyenne du P assimilable révélée dans des analyses de sol effectuées dans la région révèlent de très basses valeurs (en moyenne de 3.53 mg kg⁻¹, d'après une étude du GRET, 2020). Sur la figure suivante sont reportées les relations entre les variables et la richesse comparative des situations selon les six zones étudiées, « Soanafindra, commune de

Soanafindra », « Belalitra » commune de Ankijabe, « Betaikilotra » commune de Betaikilotra, « Tsjorano » commune Manerinerina,, « Antanambao » commune de Mariarano, « Ambatolaoka » commune de Tsaramandroso sur *tanety* :

- Le pH eau est bien corrélé avec le C, N, et le P du sol, et donc constitue sur *tanety* un bon indicateur synthétique de la fertilité du sol ;
- Ce qui est plus surprenant et complètement atypique, c'est le lien entre la teneur en sables en général très élevée (moyenne de 88%) et le teneur en C.

Variables	pH	C	N	P	K	Ca	CEC	Al	Sable
pH	1	0.407	0.394	0.568	-0.003	0.202	0.081	-0.600	0.480
C		1	0.974	0.567	-0.258	-0.093	-0.007	-0.416	0.419
N			1	0.592	-0.259	-0.076	0.015	-0.378	0.423
P				1	0.289	0.333	0.516	-0.290	0.050
K					1	0.256	0.339	-0.023	-0.423
Ca						1	0.875	0.186	-0.583
CEC							1	0.306	-0.644
Al								1	-0.535
Sable									1

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0.05

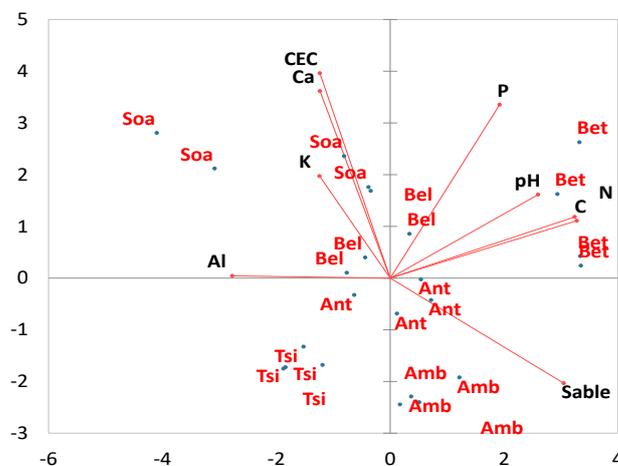


Figure 8. Relation entre variables d’analyses de sol effectuées sur *tanety* : le pH est bien corrélé avec les teneurs en C et en P du sol (d’après Gret, 2020)



Illustration 3. Fragilité des sols en surface sur *tanety*

Une quantité minimale de phosphore est nécessaire pour une bonne activité symbiotique. Par contre si la quantité d’N dans le sol est trop forte, la fixation de l’air sera réduite comme l’illustre la figure suivante.

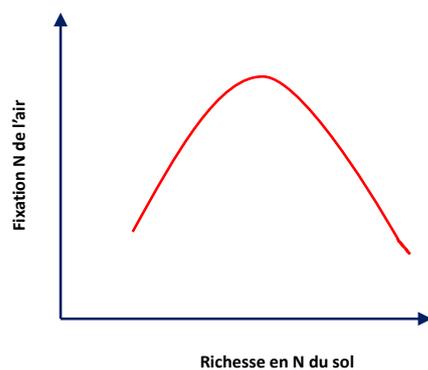


Figure 9. Relation entre richesse en N du sol et fixation atmosphérique de l'air chez une légumineuse

Nous conseillons la culture de soja sur *baiboho* à partir des valeurs de pH mesurées sur le terrain qui ont toutes été >5.5.

Comme le soja est sensible à la fertilité, nous avons reporté dans la figure suivante en prévision de la culture sur *baiboho* l'ensemble des carences possibles, non seulement celles des deux éléments majeurs, N et P, mais aussi pour les autres éléments, susceptibles de se révéler, dans le cadre de fortes productions de soja.

Déficiência	Symptômes	Déficiência	Symptômes
Azote	 <ul style="list-style-type: none"> • Commencent sur feuilles âgées • Chlorose complète • Feuilles tournées vers le bas 	Fer	 <ul style="list-style-type: none"> • Commencent sur jeunes feuilles • Chloroses jaune inter-veinales • Veines restent vertes
Phosphore	 <ul style="list-style-type: none"> • Couleur vert bleuâtre au tout début • Commencent sur feuilles âgées • Tâches brunes 	Magnésium	 <ul style="list-style-type: none"> • Sur feuilles d'âge intermédiaire • Nécroses interveinales
Potassium	 <ul style="list-style-type: none"> • Commencent sur feuilles âgées • Nécroses en bordure ou inter-veinales 	Bore	 <ul style="list-style-type: none"> • Commencent sur jeunes feuilles • Chloroses jaune ou brunes inter-veinales • Déformation possible
Calcium	 <ul style="list-style-type: none"> • Commencent sur jeunes feuilles • Veines deviennent brunes 	Manganèse	 <ul style="list-style-type: none"> • Commencent sur jeunes feuilles • Chloroses inter-veinales • Veines restent vertes

Illustration 4. Diagnostic foliaire du soja ; d'après Grundon, 1987.

Il est à noter que certaines déficiences peuvent être confondues avec des maladies des feuilles, comme pour le potassium avec l'apparition de nécroses sur le bord des feuilles.

3.2 Inoculation

Le soja a contrairement aux autres légumineuses présentes, un rhizobium spécifique, *Bradyrhizobium japonicum*, espèce, qui sur une parcelle jamais cultivée avec cette légumineuse, risque de ne pas être présente. Les rares observations que nous avons pu faire ont montré qu'effectivement les racines étaient dépourvues de nodules visibles, sauf dans une seule situation de parcelle avec une fertilité redressée.

Il a été donc envisagé par le Projet d'importer de l'inoculum du Bénin. Notons qu'en situation de déficience marquée en P, l'inoculation pourrait s'avérer non rentable.

A Madagascar, l'entreprise *Tozzy Green*, achète en Afrique du Sud le produit *SoyCap* contenant le rhizobium à raison de 250 g pour 25kg de semences enrobées avec du *Mollyflo Super* contenant des oligo-éléments dont du molybdène (nécessaire à la symbiose) 100ml pour 25kg de semences.



Illustration 5. Effet de l'inoculation à droite par rapport à du soja non inoculé à gauche

Sur la figure précédente nous avons illustré l'effet de l'absence de l'inoculation avec des plants chétifs et jaune, sans nodosités, contrairement aux plants inoculés de belle taille, vert et présentant des nodosités au niveau des racines.

Sur la figure suivante, nous illustrons l'attention qu'il faut porter à ne pas mélanger « nodosités et « galles », et à bien observer par une coupe en deux la coloration rose à l'intérieur de celle-ci attestant le bon fonctionnement de la symbiose soja avec son rhizobium. La dimension des nodules de soja varie en diamètre entre 3 et 10 mm (FAO, 1993).



Illustration 6. Sur racines de soja : à gauche nodosités ; à droite galle.

3.3 Génétique et critères

Tableau 3. Indicateurs principaux et variables à mesurer et évaluer.

Critère	Indicateur
% germination	Nombre de graines germées en boîte de pétri (minimum sur 10 graines)
Grosesse des graines	Poids 1000 grains : 90 à 250 g
Date dernier labour	Début et fin
Date semis	Début et fin
Densité de semis	Poids de semences utilisé / surface semée
Densité à le levée	Comptage sur des placettes pris au hasard (au moins 3) ; nombre de poquets ; nombre de pieds total
Nodulation	Nombre de nodosités rose du stade 3 feuille à l'initiation florale
Nutrition azotée	Taux de chlorophylle avec appareil SPAD : 30 à 50 jours après semis jusqu'au remplissage des graines sur 30 points de l'ensemble des feuilles émises
Date floraison	Premières fleurs sur au moins 50% des plants
Poils sur les gousses	Résistance aux insectes
Déhiscence	Graines qui tombent sur le sol
Cycle	Lié à la somme des températures
Teneur en huiles	Entre 15 et 25%
Teneur en protéines	Entre 35 et 45%
Port végétatif	Positionnement des gousses (distance des dernières par rapport au sol
Harvest Index	0.3 à 0.5
Sensibilité photopériodisme	Variation de la durée émergence-début floraison

Nous avons indiqué sur le tableau précédent les différentes observations à réaliser dans la cadre d'un suivi où l'on cherche dans une phase pilote à étudier l'interaction génotype environnement, avec un minimum d'indicateurs sur le sol qu'il faudrait compléter, notamment sur *baiboho* l'évolution de l'humidité du sol, avec en plus une analyse de sol à minima comportant C, N, pH, P assimilable, CEC.

L'interaction génotype-environnement a comme objectif de montrer la stabilité des variétés, c'est-à-dire, à étudier leur comportement sur une gamme de fertilité contrastée. Une bonne variété sera celle qui produira en moyenne le plus, à la fois en conditions défavorables et favorables.

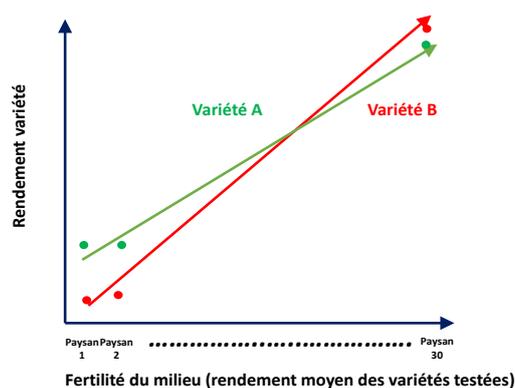


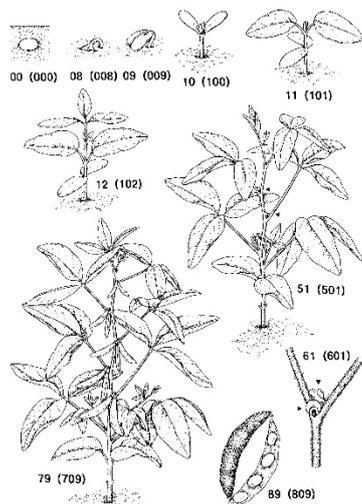
Figure 10. Stabilité de rendement théorique pour 2 variétés chez 30 paysans testant 4 à 5 variétés : axe X, représente la fertilité du milieu par le rendement moyen de chaque variété ; axe Y, le rendement de chaque variété pour chaque paysan

Sur la figure ci-dessus on représente un exemple d'étude de la stabilité de rendement en reportant les rendements mesurés de chaque variété chez l'ensemble des paysans. Cette étude dans cet exemple, permet de montrer que la variété A est plus stable que la variété B, car elle a de meilleurs rendements dans des environnements de fertilité moins élevés.

En plus de ce suivi plante, il convient de la réaliser avec un référentiel de stades du soja, avec deux possibilités :

- o La norme européenne ;
- o La norme américaine (plus facile).

Soja



Stage	Descriptions	
Vegetative stage		
VE	Emergence	Cotyledons above the soil surface
CV	Cotyledon	Cotyledons and unifoliate are fully expanded
V1	First node	One unrolled trifoliolate (leaflets do not touch) on the main stem
V2	Second node	Two unrolled trifoliolate (leaflets do not touch) on the main stem
V(n)	Nth node	N unrolled trifoliate (leaflets do not touch) on the main stem
Reproductive stage		
R1	Beginning bloom	One flower at any node on the main stem
R2	Full bloom	One flower at one of the two uppermost nodes on the main stem with a fully expanded trifoliolate
R3	Beginning pod	A 0.5-cm-long pod at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully expanded trifoliolate
R4	Full pod	A 2-cm-long pod at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully expanded trifoliolate
R5	Beginning seed	Seed is 0.3 cm long in a pod at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully expanded trifoliolate
R6	Full seed	A pod containing a green seed that fills the pod cavity at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully expanded trifoliolate
R7	Beginning maturity	One pod anywhere on the main stem with the mature brown color
R8	Full maturity	95% of pods reached mature color

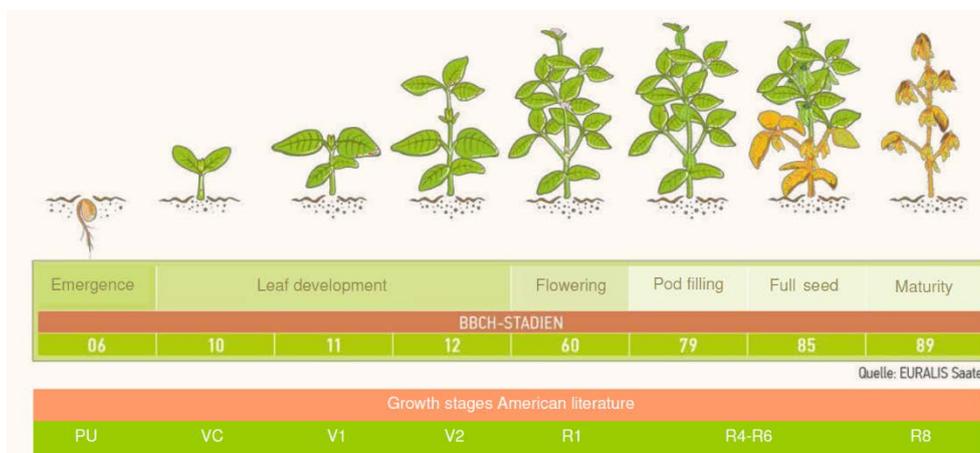


Figure 11. Notation des stades du soja suivant en haut la norme BBCH européenne et en bas selon celle des Etats-Unis.

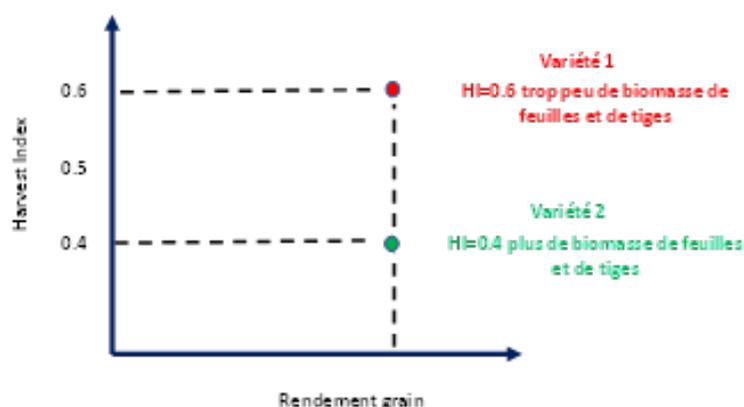


Figure 12. Les variétés 1 et 2 ont le même rendement mais des Harvest Index différents : la variété 2 produit plus de feuilles et de biomasse à rendement égal de grain que la variété 1

La spécificité de l'agroécologie est de favoriser une génétique *rustique*, c'est-à-dire stable dans tous les environnements, et aussi ayant pour un rendement grain donné, une production en biomasse favorable. Alors que le soja est réputé être une légumineuse avec un fort Index de Récolte ou *Harvest Index*, qui exporte donc plus qu'elle restitue au sol ou par recyclage via le compost ou le fumier de parc, les nouveaux programmes de sélection intègrent ce critère, en essayant à la fois de produire des variétés productives mais aussi ayant un HI, plus faible (voir figure au-dessus).

Parmi les variétés disponibles à Madagascar pour le démarrage des activités soja en 2023, les éléments que nous avons pu recueillir sont mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau 4. Synthèse d'informations sur les variétés de soja (sources d'entretiens).

Nom	Pays	Cycle *	Caractéristiques	Disponibilité
OC11	Madagascar	100 jours	Peu déhiscence Port des graines bas	Non
FT10	Madagascar Performante à Tuléar	100 jours	Sensibilité à la déhiscence à confirmer Variabilité de la maturité + tardif /OC11	700 kg
Spike	Zimbabwe	100 jours	Haute	400 kg
Safari	Zimbabwe	100 jours	Courte ; + biomasse / Safari	400 kg
TGX 1910-14F	Bénin Inscrite au catalogue national	100 jours	Non déhiscence Petit grain	0.6 kg
TGX 2008-4F	Bénin En voie d'être inscrite	100 jours	Grain moyen	0.7 kg

* : indicatif ; très peu d'informations fiables sont disponibles pour cette zone d'altitude côtière

3.4 Approche économique et chaîne de Valeur

En complément du comportement variétal dans une approche chaîne de valeur des informations pourraient être recueillies de manière à aborder les coûts de production à l'échelle de la parcelle (voir figure suivante).

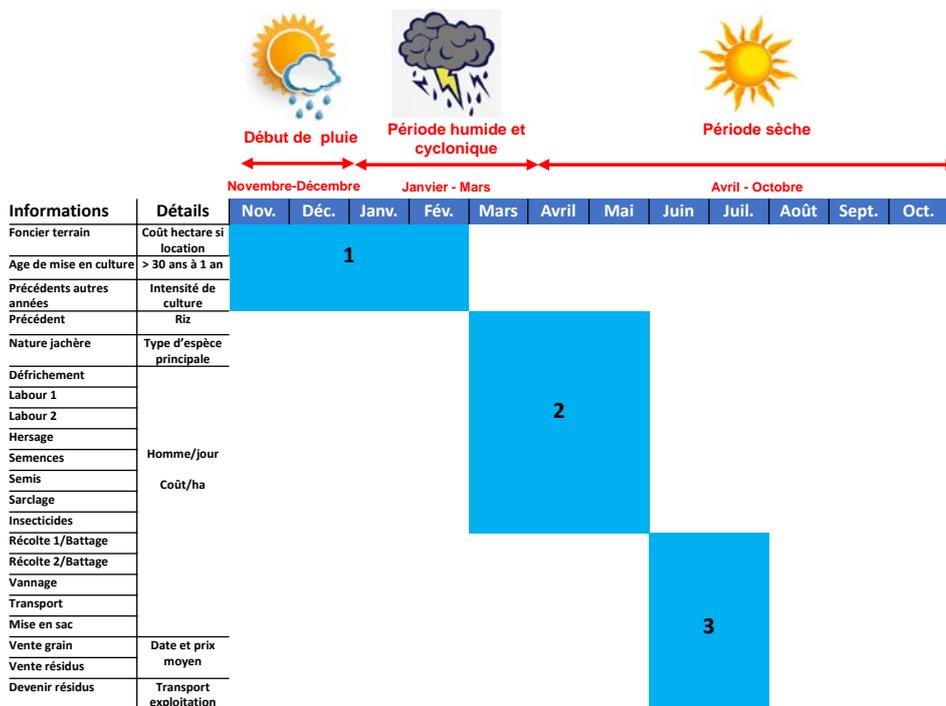


Figure 13. Informations recueillies auprès de paysans producteurs de niébé black eyes dans une analyse économique au sein d'une approche chaîne de valeur.

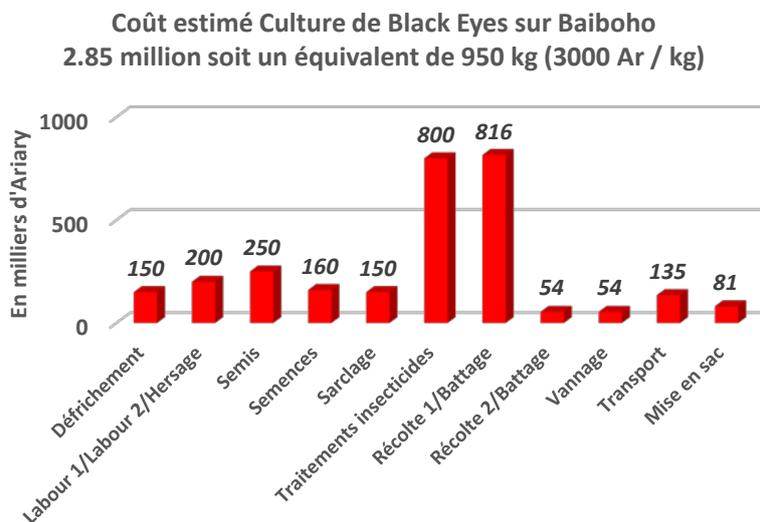


Figure 14. Coûts des prestations des différentes opérations culturales sur la culture contractuelle de niébé black eyes (données originales issues d'entretiens collectifs).

Nous avons montré qu'en une heure d'entretien collectif nous avons pu établir avec un groupe de paysans le coût des principales opérations de culture de manière assez précise, ce qui nous a permis d'estimer qu'il fallait pratiquement produire 1 tonne de *black eyes* pour rembourser le coût des prestations (voir figure ci-dessus).

3.5 Structuration des études dans le cadre d'une thèse sur le soja

Un étudiant a été identifié pour réaliser une thèse sur la culture de soja. En fonction des éléments présentés dans les sections précédentes nous avons synthétisé ce qui collectivement pourrait être utile à réaliser. Le titre de la thèse pourrait être *Potentialités de la culture de soja sur les baibohos de la région de Boeny*, avec, idéalement une structuration sous forme de chapitres allant de l'échelle plante, puis système de culture, ensuite chaîne de valeur. L'étudiant pourrait bénéficier de l'appui de l'ensemble de la composante 1 du Projet et s'appuyer sur les ONG sur le terrain.

Tableau 5. Potentialités de la culture de soja sur les baibohos de la région de Boeny : chapitres de thèse possibles

Chapitre	Echelle	Objectifs	2023-2024	2024-2025	2025-2026
Etude phénotypique des variétés de soja introduites : ITTA, Madagascar, Bénin	Plante	Description fine du pool de 50 à 60 variétés dans des conditions de culture optimale (eau et nutriments)			
Interaction génotype soja environnement sur une gamme variée de milieu	Système de culture	Stabilité de rendement de 4 à 5 variétés en conditions réelles de culture avec des cycles, biomasses contrastées			
Potentialité économique de la culture	Chaîne de valeur	Coûts de production estimés du soja en comparaison des légumineuses sur <i>baibohos</i>			
Soutenance					Fin 2026

4. Approche bilan : déterminer les surfaces en pâturages nécessaires à l'alimentation du bétail comme source de fumier pour équilibrer les exportations des cultures

4.1 Approche globale : les différentes étapes

L'objectif de l'approche bilan de l'équipe ProSol sur la composante 1 est d'estimer la superficie de pâturage nécessaire pour obtenir au final à l'apport équilibré des éléments majeurs NPK, via l'apport de fumures organiques à base de bovins. Cette approche bilan est résumée dans la figure ci-dessous.

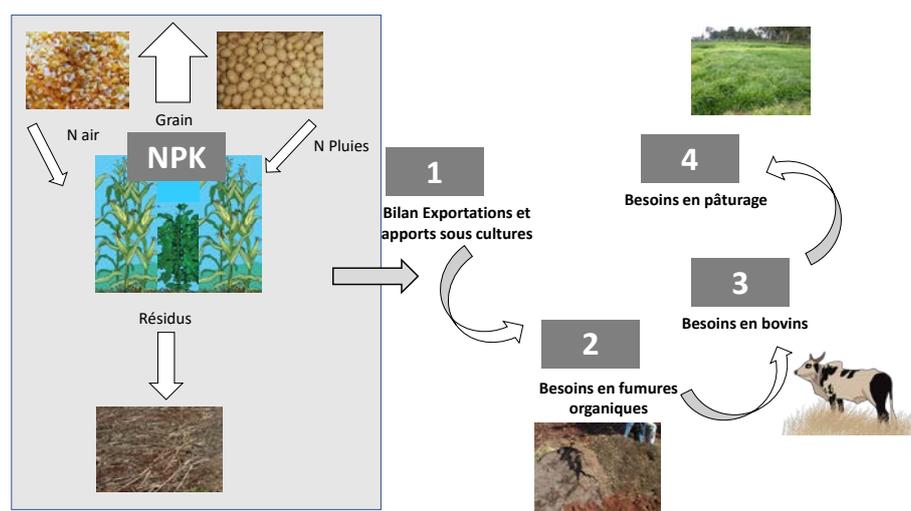


Figure 15. Bilan pour NPK : les 4 étapes : exportations des cultures, besoins en fumures, besoins en bovins et besoins en pâturage.

Un fichier Excel a été fourni pour le calcul de ce bilan sur NPK.

Notons que le calcul se fait pour :

- Le Harvest Index (HI) = (poids MS grain, gousses, tubercules) / (poids MS grain, gousses, tubercules + poids MS tiges/feuilles) ;
- Coefficient de Densité Equivalente (CDE) = Densité en culture associée / Densité en culture pure.

4.2 Bilan des exportations et des apports sous cultures

Le bilan des exportations passe en cultures associées par une estimation des rendements grain, gousses, tubercules et tiges, feuilles en cultures pures. En fonction d'une densité équivalente en cultures associées par rapport à des cultures pures des rendements en cultures associées sont estimés les parties récoltées qui sont exportées (grain, gousses tubercules) et les parties susceptibles d'être exportées totalement (tiges et feuilles de tubercules) (voir figure suivante).

Cultures Pures				Cultures associées						
Cultures	Rdt grain:gousses:tub	Harvest index	Rdt tiges:feuilles	Cult a	Coefficient Densité Equivalente a	Cult b	Coefficient Densité Equivalente b	rdt Cult a	rdt Cult b	Coefficient Densité Equivalente ou Rendement équivalent
Liste Projet	kg/ha	0 à 1	kg/ha	Liste Projet	0 à 1	Liste Projet	0 à 1	kg/ha	kg/ha	1 à 2
Manioc	4000	0.7	1714	Manioc	0.8	Maïs	0.3	3200	900	1.10
Patates douces	3000	0.7	1286	Patates douces	0.8	Maïs	0.3	2400	900	1.10
Pois de terre (gousses)	1000	0.4	1500	Pois de terre	0.8	Maïs	0.3	800	900	1.10
Arachide (gousses)	1000	0.5	1000	Arachide	0.8	Sorgho	0.8	800	1200	1.60
Mungo	1000	0.2	4000	Mungo	0.8	Maïs	0.3	800	900	1.10
Niébé	2000	0.2	8000	Niébé	0.8	Maïs	0.3	1600	900	1.10
Soja	1500	0.6	1000	Soja	0.8	Maïs	0.30	1200	900	1.10
Pois d'angole	1000	0.2	4000	Pois d'angole	1	Maïs	0.30	1000	900	1.30
Maïs	3000	0.5	3000	Maïs	0.3	Mucuna	1.00	900	400	1.30
Riz	2000	0.5	2000	Riz	0.8	Pois d'angole	0.50	1600	1000	1.30
Sorgho	1500	0.2	6000	Sorgho	0.8	Soja	0.80	1200	1200	1.60
Mil	1500	0.2	6000	Mil	0.8	Soja	0.80	1200	1200	1.60
Mucuna	500	0.1	4500	Maïs	0.8	Soja	0.80	900	1200	1.60

Figure 16. Première partie du bilan cultures : rendements en grain, gousses tubercules et des tiges, feuilles ; données sur des estimations réalistes de production pour la zone (données originales, P.Autfray).

Culture	Teneur N grain:tub	Teneur N tiges:feuilles	Teneur P grain:tub	Teneur P tiges:feuilles	Teneur K grain:tub	Teneur K tiges:feuilles
	%	%	%	%	%	%
Manioc	0.52	0.90	0.08	0.09	1.00	1.00
Patates douces	0.52	0.90	0.08	0.09	1.00	1.00
Pois de terre (gousses)	2.50	1.70	0.30	0.10	2.00	1.00
Arachide (gousses)	3.00	1.90	0.25	0.25	2.80	2.00
Mungo	4.00	2.80	0.37	0.20	2.50	1.50
Niébé	4.00	2.80	0.37	0.20	2.50	1.50
Soja	5.50	1.50	0.40	0.10	2.50	1.50
Pois d'angole	3.00	2.00	0.25	0.09	2.50	1.50
Maïs	1.60	0.90	0.40	0.06	2.00	1.00
Riz	2.00	1.20	0.40	0.10	2.00	1.00
Sorgho	1.80	1.00	0.40	0.10	2.00	1.00
Mil	1.80	1.00	0.40	0.10	2.00	1.00
Mucuna	3.00	2.00	0.25	0.09	2.50	1.50

Figure 17. Concentrations du grain, gousses tubercules et des tiges, feuilles pour NPK (N et P données originales, P.Autfray ; estimations pour K).

Sur la figure ci-dessus nous avons reporté des valeurs indicatives de la teneur en éléments N, P et K des parties récoltées (grain, gousses, tubercules) et des parties susceptibles d'être exportées (tiges et feuilles).

Culture	Proportion tiges:feuilles exportées	Quantité N atmsp. Legumineuses (70% N total)	Apport tiges:feuilles N	Apport tiges:feuilles P	Apport tiges:feuilles K	Bilan N	Bilan P	Bilan K	Bilan N (rajout de 20 kg pluies)	Bilan P	Bilan K
Soja	0.50	54.60	6.00	0.40	6.00	-17.40	-18.40	-36.00	-15.85	-26.77	-58.50
Maïs	0.50	0.00	4.05	0.27	4.50	-18.45	-8.37	-22.50			

Figure 18. Bilan final d'une association soja-maïs entre apports et exportations pour N, P et K à l'échelle d'une année, exprimé en kg/ha.

Les données présentées dans les deux figures précédentes permettent d'estimer un bilan d'exportation N, P et K d'une association maïs-soja en :

- Donnant un coefficient de proportion de tiges et de feuilles exportées variant de 0 à 1, 0.5 signifiant que 50% ou la moitié de la biomasse est exportée et l'autre restituée au sol ; dans ce cas il s'agit d'un apport ;
- Pour l'N et quand il s'agit d'une légumineuse, nous avons à partir d'une moyenne d'N d'origine de la symbiose avec un rhizobium de 70%, considéré un apport d'origine atmosphérique ;
- Pour l'N nous avons également rajouter pour une année un apport moyen d'N estimé par les précipitations (négligeable pour P et K) à environ 20 kg/ha.
- A partir du bilan pour les deux cultures, un bilan est effectué pour l'association de cultures.

4.3 Besoins en fumures organiques

Type fumure organique	N	P	K
Compost (témoin)	1.36	0.47	0.53
Poudrette de parc	1.03	0.16	0.69
Fumier de parc de nuit	1.85	0.30	2.21

Figure 19. Concentrations de trois types de fumure organique potentiellement disponibles (à partir de données originales, P.Autfray).

Les besoins en fumures organiques théoriques sont estimés à partir de chaque élément N, P et K en fonction de la concentration déterminée par analyse pour ces trois éléments. Des résultats d'analyse sont mentionnés à titre indicatif dans la figure ci-dessus, pour trois types de fumure organique.

Nous avons reporté les quantités en fumier de parc de nuit nécessaires pour obtenir un bilan équilibré en N, P et K (figure ci-dessous).

Quantité fumier parc de nuit	Quantité apport Bilan N nul	Quantité apport Bilan P nul	Quantité apport Bilan K nul
Tonne / ha	0.86	8.92	2.65

Figure 20. Quantité de fumier de parc de nuit nécessaire pour compenser les exportations d'une association soja-maïs pour N, P et K.

4.4 Besoins en pâturage

A partir de la quantité de fumier de parc, nous avons estimé en Unité Bétail Tropical (250 kg) la quantité de bovins nécessaire pour produire les quantités de fumier de parc, sur la base qu'un bovin produit 0.6 t de fèces par an, qui serviront à la production de 2.0 t de fumier de parc de nuit, constitué d'un mélange avec des résidus de récolte décomposés et de sol. Puis à partir du nombre d'UBT, nous avons estimé la quantité de biomasse nécessaire pour nourrir ces bovins (voir figure ci-dessous) en prenant pour consommation moyenne par UBT 2.3 t de MS (Landais et Lhoste, 1993).

Quantité Bovin pour N	Quantité Bovin pour P	Quantité Bovin pour K	Quantité Fourrage pour N	Quantité Fourrage pour P	Quantité Fourrage pour K
UBT	UBT	UBT	t	t	t
Quantité Bovin (1 bovin=0.6 t fèces=2 t fumier)	Quantité Bovin (1 bovin=0.6 t fèces=2 t fumier)	Quantité Bovin (1 bovin=0.6 t fèces=2 t fumier)	Quantité ingérée 1 UBT=2.3 t	Quantité ingérée 1 UBT=2.3 t	Quantité ingérée 1 UBT=2.3 t
0.43	4.46	1.32	0.99	10.26	3.04

Figure 21. Quantités de bovins (exprimée en UBT) et quantité de fourrage (exprimée en t de MS) nécessaires en vue de production de fumure organique pour N, P et K.

4.5 Estimations des surfaces en pâturage

Au final les estimations des surfaces en pâturage sont estimées à partir de trois scénarios de productivité fourragères, faible, soit 1 t/ha MS correspondant à une savane non améliorée, forte à 6 t/ha MS correspondant à un pâturage amélioré à base par exemple de *Brachiaria sp.*, et en prenant une valeur intermédiaire de 3 t/ha MS (voir figure ci-dessous).

Surface paturage pour N	Surface paturage pour N	Surface paturage pour N	Surface paturage pour P	Surface paturage pour P	Surface paturage pour P	Surface paturage pour K	Surface paturage pour K	Surface paturage pour K
ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Superficie paturage productivité faible 1 t	Superficie paturage productivité moyenne 3 t	Superficie paturage productivité forte 6 t	Superficie paturage productivité faible 1 t	Superficie paturage productivité moyenne 3 t	Superficie paturage productivité forte 6 t	Superficie paturage productivité faible 1 t	Superficie paturage productivité moyenne 3 t	Superficie paturage productivité forte 6 t
0.99	0.33	0.16	10.26	3.42	1.71	3.04	1.01	0.51

Figure 22. Estimations des surfaces en pâturages nécessaires selon trois scénarios de production et pour N,P et K.

Sur la figure ci-dessous nous avons représenté à titre d'exemple un bilan théorique pour l'N pour une association soja-maïs qui exporte 16 N (16 kg/ha) en estimant une restitution de 50% des résidus. Un apport de fumure de parcelle de 0.86 t/ha est nécessaire pour compenser ces exportations. Il faudrait 0.43 UBT pour produire ce fumier et entre 1 à 0.16 ha de pâturage.

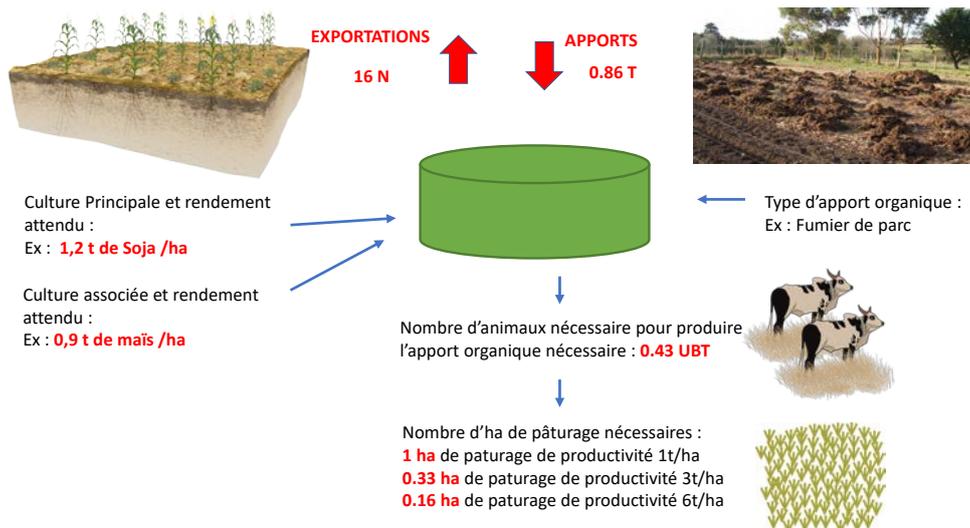


Figure 23. Bilan pour l’N représenté pour une association théorique soja-maïs (co-produit avec F.Lheriteau)..

5 Conclusion

5.1 Les nombreux acquis capitalisés depuis l’extérieur sur la gestion de la fertilité des sols

D’importants acquis techniques ont été synthétisés à travers le livret qui contient une masse très importante de pratiques modèles basées sur des principes agroécologiques, notamment en s’appuyant sur les acquis des différentes structures œuvrant à Madagascar. De nombreux supports de formation de qualité sont déjà disponibles.

5.2 Capitalisation en interne

A l’avenir, pour l’adoption de techniques à une échelle locale, elle pourrait être plus efficace en se basant sur la diffusion d’adaptations réussies de modèles extérieurs par les paysans relais, selon une approche de diffusion *farm-to-farm* (voir figure suivante).

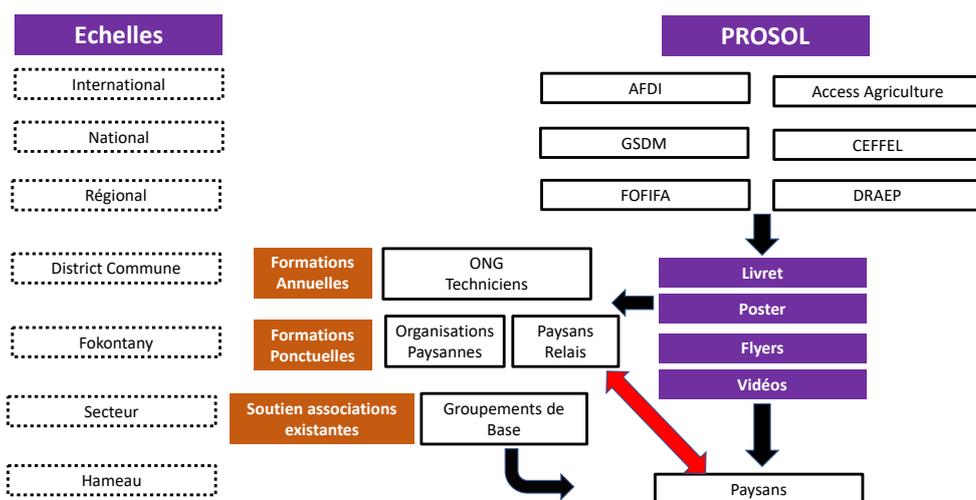


Figure 24. Schéma de la figure 3 (diffusion des innovations agroécologiques) repris avec rajout de lien direct (double flèche en rouge) symbolisant l’approche *farm-to-farm*.

Pour cela une capitalisation permanente en interne est nécessaire, notamment en s'appuyant sur les quatre ONG présentes qui pourraient par leur présence de proximité appuyer les paysans relais. A minima au niveau de ces paysans relais une carte d'exploitation réalisée avec un simple GPS permettrait avec un suivi sur un cahier géré par le paysan relais de noter toutes les informations. Cette démarche s'est montrée particulièrement efficace au niveau des Hautes-Terres (voir figure suivante). Une formation des ONG à cette capitalisation pourrait être réalisée sur le terrain à partir d'études de cas concrètes. Des données économiques sur les temps de travaux, marges et valorisation de la journée du travail pourraient être obtenues.

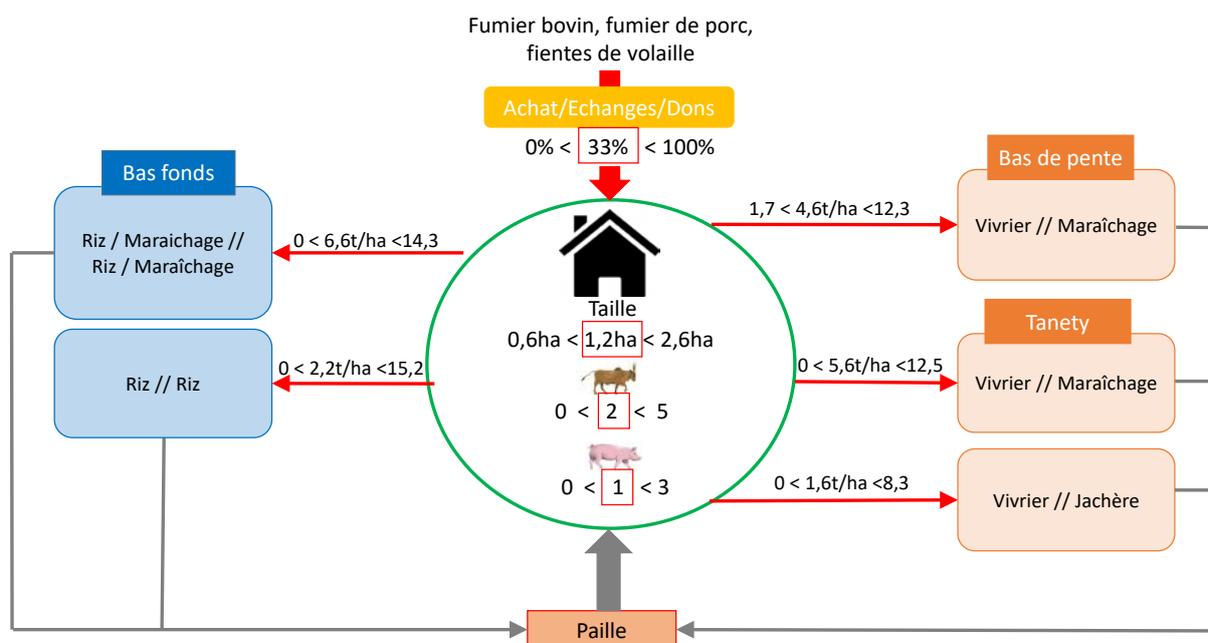


Figure 25. Schéma représentant une exploitation agricole avec les transferts de fertilité, fumier et résidus de récolte (d'après C.Ben Naamane et P.Autfray, 2020).

Le contenu des supports de formation, renouvelé chaque année, pourrait intégrer ces adaptations locales. Des innovations locales pourraient également être identifiées.

Les connaissances scientifiques ne peuvent s'appuyer sur des pratiques innovantes maîtrisées localement. L'obtention de ces références à l'échelle de l'exploitation agricole doit devenir une priorité.

Également, l'agroécologie étant basée sur des valorisations de ressources locales, un catalogue de toutes les ressources en biomasse disponible doit être réalisé à partir :

- D'enquêtes auprès d'exploitations de référence (privés engagés dans l'agriculture, paysans relais) sur l'ensemble de leurs savoirs sur la valorisation des biomasses végétales ;
- Par catégorie de ressources, résidus de culture, sous-produits de culture (par exemple, balles de riz), arbres, arbustes, espèces annuelles, quelles sont leur disponibilité, leurs propriétés (médicinale, répulsif insectes).

Pour les légumineuses à graines, il est apparu lors des différents entretiens, qu'il serait possible de mieux capitaliser sur la base de savoirs locaux sur l'adaptation des différentes espèces à leur milieu.

Sur la figure suivante est représentée un exemple d'adaptation des différentes légumineuses au sol en fonction de variables liées à sa texture (% en argiles), qui pourrait être identifiée facilement par les paysans et complétée par des analyses scientifiques sur des variables de fertilité de sol comme le pH et le phosphore assimilable.

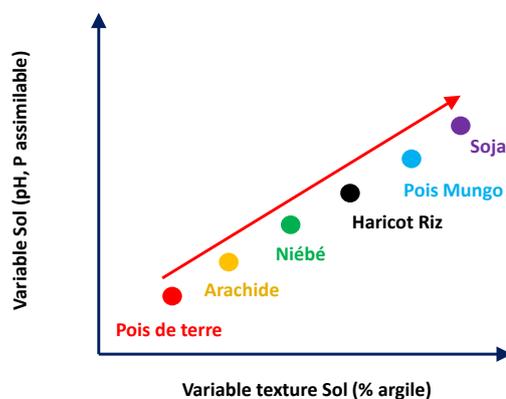


Figure 26. Exemple d'association de savoirs de paysans (texture) et d'indicateurs scientifiques à capitaliser pour la promotion des légumineuses à graines.

Cette capitalisation sur les légumineuses doit également se faire au sein de chaque espèce. Par exemple pour *Vigna umbellata*, trois variétés sont utilisées, deux de couleur rouge à cycle court et une variété de couleur marron à cycle long, dont des différences importantes de comportement ont été identifiées (une repousse après la coupe).

Il importe à l'avenir pour le soja comme pour les autres cultures de cibler les recommandations par type de sol défini selon les noms vernaculaires, par exemple sur la commune de Manerinerina :

Tableau 6. Un exemple de mise en relation nécessaire par commune entre le type local de sol et le mode d'occupation des cultures, effectuée à dire d'acteurs

Localisation	Nom local de sol	Traduction	Culture type	Gradient de fertilité chimique
Domaine pluvial strict	<i>Tany mena</i>	Terre rouge	Manguiers, pois de terre	 - +
	<i>Tany fatsika</i>	Terre sableuse, jaune	Manioc, arachide	
	<i>Tany pako</i>	Terre argileuse, noire	Haricot mungo (<i>tsoroko</i>)	
Domaine alluvial à inondation	<i>Tany betro fatsika</i>	Terre limono-sableuse	Niébé (<i>black eyes</i>)	
	<i>Tany betro</i>	Terre limoneuse	Haricot riz (<i>tsiasisa</i>)	

Également il est apparu que cette association de savoirs locaux et de connaissances scientifiques est primordiale pour identifier les pratiques les plus efficaces en termes de diffusion. La reconnaissance de *bemaimbo* à travers sa détermination botanique permet d'améliorer la capitalisation sur la pratique de compost liquide : la valorisation de cette ressource végétale permet à la fois d'enrichir le milieu en N mais aussi de savoir que cette plante a des propriétés insecticides.



Figure 27. Utilisation de « bemaimbo » pour la production de compost liquide : le fait que cette plante soit reconnue internationalement insectifuge permet de renforcer les savoirs paysans localement

5.3 Données économiques de référence

Au niveau des agriculteurs relais une caractérisation minimale est à effectuer sur le plan socioéconomique. Il est apparu une grande diversité des agriculteurs sur la simple base de la taille des superficies disponibles en *baiboho* et en *tanety*. Sur un échantillon de 10 paysans la première variait de 0 à 15 ha et la deuxième de 1 à 23 ha.

5.4 Opportunités autres techniques à tester

Le compostage en fosse pourrait être également proposé et le projet pourrait se baser sur les fiches techniques déjà disponibles (Alui et al, 2020).

5.5 Fertilité des sols sur *baiboho*

Aucune analyse de sol de référence n'a pu être trouvée sur ces sols. Nous conseillerons étant donné l'influence des apports annuels sur ces milieux de réaliser à l'échelle du paysage en utilisant un outil SIG préalablement une typologie de ces milieux à décrite. Les analyses de pH faites sur ces sols confirment leur haut potentiel de fertilité avec des valeurs souvent supérieures à 6. Cependant des valeurs plus basses ont été recensées, proches de celles des *tanety* suggérant soit une évolution négative de la fertilité sous culture intensive ancienne (20 à 30 années), et/ou un bilan apports/exportations négatif.

5.6 Approche pragmatique de l'agroécologie

La définition généralement adoptée pour l'agroécologie pour l'agriculture familiale du sud reste clairement tournée vers la production nécessaire pour des questions alimentaires et de ressources en revenus de base. Il convient de ne pas écarter ou de rejeter complètement le recours à la fertilisation de synthèse, qui bien utilisée, à faible dose (50 à 100 kg/ha) et en complément de la fumure organique, peut s'avérer fortement efficace. Par exemple sur les parcelles de production semences vouées à être diffusées il convient de recourir à minima à des rajouts d'intrants de manière à obtenir des semences de bonne qualité (station du FOFIFA, paysans semenciers également).

6 Bibliographie

- Access Agriculture, 2023. Vidéos en accès libre : « Vermiwash : an organic tonic for crops » et « Making a vermicompost bed » : <https://www.accessagriculture.org/>
- Adda, Atachi, Hell, Tamò, 2011. Potential use of the bushmint, *Hyptis suaveolens*, for the control of infestation by the pink stalk borer, *Sesamia calamistis* on maize in southern Benin, West Africa. *Journal of Insect Science (Madison)*, 11 Article 33. <http://www.insectscience.org/11.33/i1536-2442-11-33.pdf>
- Andrianisaina, 2017. Production de lombricomposts par des espèces locales de vers de terre et valeur fertilisante de ces lombricomposts sur la croissance du riz pluvial (*Oryza sativa*). Master ESSA, Université d'Antananarivo, 86 p.
- Ben Naamane et Autfray, 2020. Gestion comparée de la fertilité au niveau des exploitations agricoles familiales du Moyen-Ouest de la région Vakinankaratra et des Hautes-Terres de la région Itasy à Madagascar. SECURE, Agropolis Fondation, 20 p.
- CAST, 2018. Etude de référence, analyse genre et groupes marginalisés PROSOL / PROPFR. GIZ, 182 p.
- Chabaud et Tafitsoaniaina, 2020. Les différentes cultures pratiquées et leur calendrier : Région Boeny. Rapport de prestations ProSol, 24 p.
- Desbois, 2020. Lombricompost. Rustica, France, 79 p.
- FADES, 2020. Réalisation de suivi annuels d'indicateurs de projet par enquêtes et mesures de terrain ProSol. GIZ, 91 p.
- FAO, 1993. Technical handbook on symbiotic nitrogen fixation legume/rhizobium. Rome.
- Gret, 2020. Conduite d'essais d'utilisation de compost urbain sur 6 sites école. Rapport de prestations ProSol, 78 p.
- Grundon, 1987. Hungry crops : a guide to nutrient deficiencies in field crops. Brisbane, Australie, 246 p.
- Landais et Lhoste, 1993. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité dans la zone des savanes africaines. *Cahiers Agricultures*, 2, 9-25.
- Messiaen, 1989. Le Potager tropical. Technologies Vivantes, Paris, France, 580 p.
- Razafimahatratra, 2020. Référentiel des sols. GIZ, 41 p.
- Vom Brocke, 2020. Mission de diagnostic variétal et d'amélioration des ressources phylogénétiques sur les communes d'intervention du projet ProSol. GIZ, 31 p.

7 ANNEXES

7.1 *Hyptis suaveolens* ou *bemaimbo*

Famille : Lamiaceae. Synonymes: *Mesosphaerum suaveolens*. Noms vernaculaires/communs : (Français) : chan (de l'espagnol) (Anglais) : wild spikenard. *Hyptis suaveolens* est originaire d'Amérique du Sud et des Caraïbes. Introduite en Afrique, l'espèce s'y comporte comme rudérale : elle constitue des populations denses au bord des chemins et autour des villages ; c'est aussi une adventice commune dans les cultures. *Hyptis suaveolens* est une plante annuelle qui se reproduit par graines.

Usages : les organes aériens de la plante sont récoltés et utilisés comme produit insectifuge contre les moustiques ou dans la conservation des graines de niébé et poids de terre contient près de 2,3% de terpinène.

Sa taille varie de 1.5 à 3 m et peut produire beaucoup de biomasse. Elle a été signalée comme plante introduite à Madagascar en 2004.

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.110258>

Propriétés allélopathiques signalées sur *Vigna radiata* (Maiti et al, 2015).

Propriétés insecticides signalées sur borer du maïs (Adda et al, 2011).



7.2 Fertilité des sols

Outils de diagnostic de mesure in-situ de la fertilité des sols

Le test du boudin :

- en haut sol de *baiboho* : impossibilité de faire un boudin
- en bas sol de tanety avec rupture du boudin à 90, soit 12% d'argiles : une méthode très précise pour le % d'argiles : 7 classes (%Argiles):



- Motte : 3,5%
- Boule : 5 %
- Boudin 0 : 6,5%
- Boudin30 : 8,5%
- Boudin60 : 11%
- Boudin90 : 12%
- Boudin120 : 13,5%

Mesure in-situ du pH du sol

- Un outil de capitalisation essentiel sur les pratiques
- Permet avec le paysan de connaître l'effet immédiat d'une pratique



○

Mesures sur place du P assimilable

- En cours de validation
- A développer pour le sol, le compost solide, le compost liquide



○

7.3 TDR de la mission



ProSol – Protection et Réhabilitation des sols pour améliorer la sécurité alimentaire

Termes de Référence

10 janvier 2023

ProSol — Protection et Réhabilitation des sols pour améliorer la sécurité alimentaire

*Appui conseil sur les aspects de fertilisation des sols pour le
projet ProSol*

Référence : S/ProSol/Fertilité /01/2023

1. CONTEXTE

1.1. Le contexte du projet

La coopération allemande intervient dans la Région Boeny sur un large ensemble de thématiques de développement techniques liées à l'agriculture, l'environnement, la gestion du bois énergie ou d'appui à la décentralisation et aux institutions décentralisées.

Parmi ces projets figure une composante nationale du projet ProSol, qui s'insère dans l'initiative globale de la BMZ « SEWOH » (Un Seul Monde Sans Faim) parmi plus de 200 projets qui s'étendent, jusqu'en 2026 pour notamment réduire les problèmes d'insécurité alimentaire.

Figure 1 : L'initiative SEWOH dans le Monde



ProSol, mis en œuvre par la GIZ, se déploie dans 7 pays : Benin, Burkina Faso, Tunisie, Madagascar, Kenya, Ethiopie et Inde. Son objectif au niveau national est : « l'application d'approches durables pour la promotion à grande échelle de la protection des sols et de la réhabilitation des terres dégradées dans les régions sélectionnées à Madagascar ».

Il est organisé en trois champs d'action :

- **Champ d'action 1** : mise en œuvre de mesures de protection des sols et réhabilitation des terres ;
- **Champ d'action 2** : ancrage politique et institutionnel de la thématique protection des sols et réhabilitation des terres ;
- **Champ d'action 3** : gestion des connaissances relatives à la thématique protection des sols et réhabilitation des terres et mise en réseau des détenteurs et bénéficiaires potentiels de ces connaissances

Le champ d'action 1 est mis en œuvre par le consortium Eco-Consult/GOPA dans 4 Districts de la Région Boeny : Mahajanga II, Ambato Boeny, Marovoay et Mitsinjo.

1.2. Les activités du ProSol sur la fertilité des sols

Le projet ProSol a produit un catalogue des sols du Boeny, une cartographie des zones agroécologiques, des fiches de caractérisation de la fragilité du Sol et de sa fertilité.

Des supports de formation sur la fabrication de compost sec, liquide et lombricompost ont été produits. Ils complètent des documents techniques conçu pour diffuser les techniques de bonne gestion de fertilité de sols, destinés à la centaine de paysans relais qui travaillent avec ProSol.

Plusieurs campagnes d'essai de compost d'origine urbaine ont été conduites (avec Madacompost) ainsi que des essais en milieu réel.

Plusieurs campagnes de mise à disposition d'Ecume de canne à sucre ont aussi été conduites.

Des fûts de 120 litres et 28 buses en béton de 750 litres ont été mises à disposition pour des groupes de paysans maraichers. Des formations sur le lombricompostage ont été dispensées auprès de 313 paysans et 106 unités de lombricompostage en bois ont été distribuées. 10 nouvelles unités de production de 2.5 M³ seront fonctionnelles en début 2023.

ProSol a également appuyé la mise en place de contrats entre agriculteurs et éleveurs pour permettre l'accès des paysans à plus de 1000 t de fumier/poudrette de parc.

2. OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS

2.1. Objectifs

L'objectif de la prestation est d'apporter un ensemble de recommandations qui permettrons aux équipes de ProSol d'améliorer leurs approches sur les questions de fertilisation.

2.2. Résultats attendus

Les différents supports de formation du ProSol liés à la fertilité des sols sont améliorés et les éléments techniques sur la fertilisation dans le cadre du modèle sur les aménagements productifs à vocation environnementale sont produits.

3. ACTIVITES A ACCOMPLIR

3.1. Evaluer le potentiel de production pour les cultures de soja

Le consultant effectuera des visites de terrain sur les différentes zones d'intervention du projet en observant les différents types de sols afin de déterminer les potentiels de production pour des cultures de soja.

Il conduira également une présentation de la production de soja sur la base des expériences de hautes terres pour l'équipe projet et les techniciens des ONG partenaires (itinéraire technique).

3.2. Revoir et apporter des recommandations sur les documents de formation du projet liés à la fertilisation

Le consultant examinera avec l'équipe ProSol les différents supports déjà produits et proposera des améliorations et des compléments.

La liste des supports de formation est la suivante :

- Posters sur les besoins des plantes, le compost solide et le compost liquide ;
- Guide d'animation sur les posters sur le compost solide et le compost liquide;
- Flyers sur le compost liquide et le lombricompostage;
- Vidéos de formation sur le compost liquide et le lombricompostage.

3.3. Apporter des recommandations sur les activités du projet en lien avec la fertilité.

Le consultant animera une demi-journée d'échange avec l'équipe ProSol afin d'apporter des recommandations sur les activités du projet en lien avec la fertilisation, notamment la production de composts solides, liquides et lombricompost, mais aussi sur les contrats d'échanges agriculteurs éleveurs mis en place par le projet.

3.4. Actualiser et compléter la documentation sur les aménagements productifs à vocation environnementale

Le consultant actualisera les informations techniques liés au concept d'APVE développé par le projet. Ce travail consistera notamment à estimer les superficies de pâturage nécessaire pour produire suffisamment de fumier pour maintenir la fertilité des sols pour les différentes cultures de la région.

3.5. Effectuer la restitution de la mission

Le consultant effectuera une restitution avec l'équipe ProSol et ses partenaires. La logistique sera prise en charge par ProSol.

4. DUREE

La mission sera de 10 JH et pourra s'étaler jusqu'au 30 avril 2023.

5. PROGRAMME INDICATIF

	Date	Thème	Participants

	Dimanche 5 mars	Arrivée à Mahajanga par avion	
1	Lundi 6 mars	Visite de terrain avec l'équipe de l'ONG AMADESE ;	Equipe AMADESE, Mamy Tiana
2	Mardi 7 mars	Visite de terrain avec l'équipe de l'ONG AIM ; Paysans relais, animations, PMS Nuitée à Ambondromamy (hôtel Kamoro)	Equipe AIM, Serge,
3	Mercredi 8 mars (Journée de la femme)	Visite de terrain avec l'équipe de l'ONG MAZAVA et SDMad ; Nuitée à Mahajanga	Equipe MAZAVA et SDmad, Solofo, Roger
4	Jeudi 9 mars	Travail sur le modèle APVE	Fabrice, Solofo, MamyTiana
5	Vendredi 10 mars	Atelier d'échange avec l'équipe ProSol Formulation de proposition avec l'équipe	Equipe ProSol Boeny
6	Samedi 11 mars		
	Dimanche 12 mars	Repos	
7	Lundi 13 mars	Travail sur les supports de formation	
8	Mardi 14 mars	Travail sur les supports de formation	
9	Mercredi 15 mars	Finalisation des documents sur APVE Restitution aux partenaires	
10	Jeudi 16 mars	Retour par avion à Tana	

6. LIVRABLES

Le Consultant fournira les produits suivants :

- Les posters, les guides d'animation et les flyers sur les besoins des plantes, le compost solide, compost liquide et le lombricompostage après leurs améliorations
- Un fichier comprenant les différentes recommandations techniques sur les APVE en lien avec la fertilisation.
- Un (1) compte rendu de l'atelier de restitution régional.
- Un (01) Rapport final d'intervention avec une récapitulation de la mission d'accompagnement, les propositions d'amélioration ainsi que les recommandations pour développer et diffuser à une large échelle les bonnes pratiques pour le maintien de la

fertilité des sols.

7. PROFIL DES PRESTATAIRES

La prestation sera conduite par un chercheur international spécialiste des sols et disposant de plus de 20 ans d'expérience en pédologie dans les pays tropicaux. Il devra avoir participé à des activités de recherche sur les fertilisant bio, idéalement à Madagascar.

Le consultant devra disposer d'une expérience significative à Madagascar, notamment avec les organismes de recherche nationaux.