GSDM
Professionnels de l'Agro-écologie

JOURNAL DE L'AGRO-ECOLOGIE

Edition trimestrielle N° 10 / 2020

Edito

Mesdames et Messieurs,

Nous avons le plaisir de vous présenter l'édition N°10 du Journal de l'Agro-écologie, un journal rédigé durant la période de confinement due au COVID 19 et pour lequel nous tenons à remercier les contributions des membres et partenaires du GSDM. Les séries d'articles relevant de la recherche sur la matière organique et la fertilisation minérale sont révélatrices des stratégies paysannes dont il faut tenir compte dans les programmes de développement en matière d'agriculture familiale. La recherche nous promet d'autres articles dans ce sens. Compte tenu des engouements actuels des paysans pour le mucuna dans la gestion de la fertilité des sols, un article sur son utilisation en alimentation animale est présenté par la recherche. Les contributions des membres et des partenaires du GSDM sur les expériences/leçons apprises des projets/programmes en matière d'agriculture climato-intelligente et d'Agro-écologie sont très enrichissantes pour nos échanges. En particulier, les leçons apprises en matière de bonnes pratiques agricoles, de *ady gasy* ainsi que les témoignages de paysans contribuent encore une fois au plaidoyer pour l'Agro-écologie pour la conservation de notre patrimoine sol et de notre biodiversité exceptionnelle.

Nous avons mis dans cette édition la biographie de Lucien Séguy qui nous a quitté le 27 Avril 2020, en hommage à cet agronome, chercheur et pionnier en l'agriculture de conservation (ou SCV) à Madagascar comme à l'étranger. Merci à ses collègues proches et à sa famille d'avoir rédigé cette biographie ainsi que le livre d'or numérique à sa mémoire en cours de préparation.

La pandémie de COVID 19 est toujours là, respectons les geste barrières !

Bonne lecture !

RAKOTONDRAMANANA
Directeur de publication

Les analyses et conclusions de ce journal sont formulées sous la responsabilité de leurs auteurs. Elles ne reflètent pas nécessairement les points de vue du GSDM.

Au sommaire

L'AGRO-ECOLOGIE AU NIVEAU NATIONAL [P2][P11]
RECHERCHES [P12][P33]
DOSSIER [P34][P39]
SUCCESS STORIES [P40] [P44]
ACTUALITES [P45] [P46]
AGRO-ECOLOGIE EN PHOTO [P47]
CALENDRIER / DIVERS CONTACTS [P48]

Utilisation des fumures organiques et des engrais dans les stratégies de gestion de la fertilité des sols des exploitations agricoles du Moyen-Ouest de la région Vakinankaratra et de la zone Est de la région d'Itasy, Madagascar

RAZAFIMAHATRATRA Hanitriniaina Mamy (FOFIFA), BÉLIÈRES Jean-François (CIRAD/ART-Dev et FOFIFA), RAHARIMALALA Sitrakiniaina (FOFIFA/ESSA), RANDRIAMIHARY FETRA SAROBIDY Eddy Josephson (FOFIFA/ESSA), AUTFRAY Patrice (CIRAD/AIDA), RAZANAKOTO Onjaherilanto Rakotovao (ESSA), RAHARISON Tahina Solofoniaina (GSDM/Montpellier SupAgro)

Introduction

Dans chacun des numéros 8 et 9 du Journal de l'Agroécologie, un article présentait des résultats sur les pratiques de gestion de la fertilité des sols des exploitations agricoles familiales (EAF) obtenus dans le cadre du projet de recherche SECuRE (Soil ECological function REstoration to enhance agrosystem services in rainfed rice cropping systems in agroecological transition), financé par la fondation Agropolis. Le premier traitait de la diversité et de l'importance des pratiques dans les EAF, le second présentait les quantités et la qualité des fumures organiques disponibles en lien avec les pratiques de production et d'échanges. Ce troisième article est consacré à l'utilisation des fumures organiques et des engrais achetés, une manière de caractériser, en partie tout au moins, les stratégies de gestion de la fertilité des sols développées par les EAF.

- Parmi les nombreuses pratiques pour une gestion intégrée de la fertilité des sols (Sanginga et Woomer, 2009, Liniger *et al*, 2011), l'utilisation de fumure organique et d'engrais occupe une place prépondérante car les effets à court et moyen termes sur la productivité des cultures sont importants. L'analyse des données collectées[1] dans le cadre de Secure, permet de caractériser les pratiques d'utilisation de ces intrants (et d'une manière plus large de l'ensemble des intrants) notamment par rapport aux cultures pratiquées et aux superficies cultivées annuellement. L'article est structuré en trois parties : la première concerne l'acquisition de fertilisants supplémentaires avec les engrais commerciaux et les cendres ; la seconde présente les pratiques quantifiées d'utilisation de la fertilisation disponible (fumure organique locale, cendres et engrais commerciaux) en fonction des cultures ; enfin la dernière partie conclue avec quelques recommandations pour le développement.

1 Ces résultats ont été obtenus avec un échantillon d'EAF localisées dans le Moyen-Ouest de la région Vakinankaratra et dans la zone Est de la région Itasy. Pour plus d'informations, le lecteur est invité à se reporter au n°8 de JAE ou sur le site du projet (https://www.secure.mg/le-projet-secure). Il faut rappeler que les résultats sont représentatifs des fokontany dans les zones d'étude, car l'échantillonnage des EAF a été fait par tirage au sort.

1. Les achats d'engrais commerciaux[2]et de cendres

Malgré les politiques mises en œuvre depuis des décennies[1] , les EAF achètent peu d'engrais chimiques. Pour l'ensemble de Madagascar, au cours des 20 dernières années, la quantité moyenne utilisée varie entre 2 et 6 kg par hectare cultivé et par an[2] .

1.1. Quantités achetées d'engrais commerciaux par EAF et par hectare SAU

Les EAF ont des comportements différents selon les zones (tableau 1) :

A Mandoto, un peu moins d'une EAF sur 2 (45%) achète de l'engrais en faible quantité avec en moyenne 14 kg par an pour un montant moyen de moins de 30 000 Ar. Ramené à l'ensemble des EAF de la zone, la quantité moyenne achetée est de l'ordre de 6 kg par EAF et par an. Et quand on ramène ces achats d'engrais à la surface agricole utile (SAU) disponible par EAF, on a des valeurs moyennes équivalentes (14 et 6 kg/ha SAU).

Dans la zone d'Arivonimamo, la consommation d'engrais est plus importante : 88% des EAF en achètent une quantité moyenne de presque 28 kg pour un peu plus de 60 000 Ar, ce qui ramené à l'ensemble des EAF fait une moyenne générale de presque 25 kg/EAF. Comme la SAU moyenne par EAF est faible, les quantités d'engrais disponibles sont de plus de 35 kg/ha pour les EAF qui en achètent et de presque 31 kg/ha pour l'ensemble des EAF.

La variabilité est très forte à Mandoto et moindre dans la zone d'Arivonimamo (tableau 1).

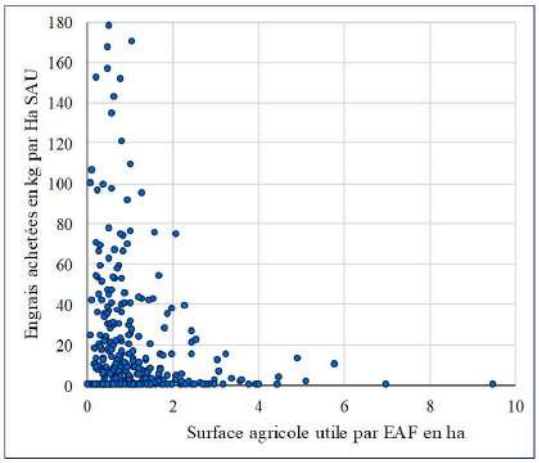
Tableau 1 : Part des EAF qui achètent de l'engrais et quantités achetées

		Mandoto		Arivonimamo	
		Moyenne	CV	Moyenne	CV
% des EAF qui achètent		45%		88%	
Pour les EAF qui achètent	Quantité en kg/ EAF	14.3	155%	27.9	112%
	Valeur achat en Ar/EAF	27 884	153%	61 058	117%
	Quantité par SAU en kg/ha	14.0	195%	35.2	101%
Pour	Quantité en kg/ EAF	6.4	257%	24.5	125%
Pour l'ensemble des EAF	Valeur achat en Ar/EAF	12 490	254%	53 707	131%
	Quantité par SAU en kg/ha	6.3	312%	30.9	114%

1 On peut simplement rappeler la « stratégie nationale pour le développement de l'utilisation de l'engrais » MAEP, 2006.
2 Source : https://databank.banquemondiale.org/home. Ce que Pierre-Bernard et al traduisaient ainsi en 2007 : « engrais : un produit cher et peu utilisé » à Madagascar.

On peut s'étonner de la faible variation entre la quantité moyenne par EAF et la quantité par SAU à Mandoto, sachant que dans cette zone la superficie SAU moyenne est de l'ordre de 1,5 ha (voir tableau 2). Ceci provient du fait que les moyennes sont calculées pour les EAF et ne sont pas pondérées par les superficies. Quand on pondère par la superficie, la quantité moyenne par hectare SAU pour l'ensemble des EAF de Mandoto diminue et passe de 6,3 à 4,3 kg par hectare. On constate la même chose à Arivonimamo avec la quantité moyenne par hectare SAU qui passe de 30,9 à 27,1 kg/ha. Ceci signifie que ce ne sont pas les plus grandes EAF (celles qui ont le plus de SAU) qui achètent le plus d'engrais chimiques. Le coefficient de corrélation entre superficie SAU par EAF et quantité achetée d'engrais par hectare est significatif à 0.01, et négatif mais d'une valeur faible (-0,2).

Figure 1 : Nuage de point entre SAU par EAF et quantité d'engrais par ha de SAU



La Figure 1 ci-contre illustre cela, avec les quantités par hectare SAU (axe vertical) les plus élevées qui correspondent à des SAU (axe horizontal) faibles (inférieures à 2 hectares). Les EAF de grandes taille (>2 ha) achètent peu d'engrais chimiques, et en quantité relativement faible par rapport à la SAU dont elles disposent. On verra, plus loin que ce sont des stratégies différentes de mise en culture (système de culture) qui expliquent cette situation.

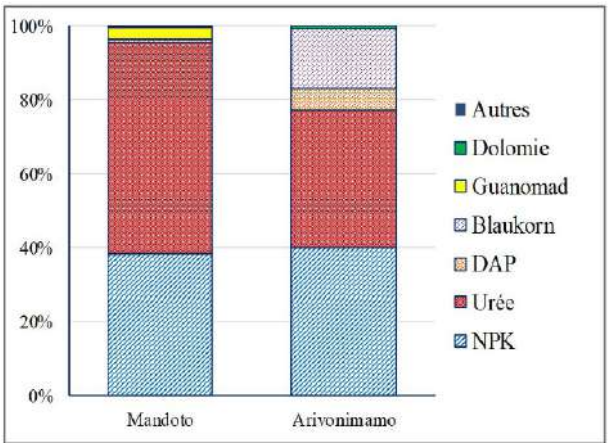
On rappellera que 60% des EAF à Mandoto et 88% à Arivonimamo échangent (achètent, vendent ou troquent) de la fumure organique (voir JAE n°9) et que les pourcentages sont respectivement de 30% et 74% pour les EAF qui achètent de la FO. **Ainsi, quand on prend en compte tous les types de fertilisants, une grande majorité des EAF a recours au marché pour acquérir des matières fertilisantes et gérer la fertilité de leurs sols.**

Enfin, par rapport à l'utilisation de produits phytosanitaires, on observe deux situations différentes : à Mandoto, la proportion des EAF qui achètent des produits phytosanitaires est de 63% et donc supérieure à celles qui achètent des engrais commerciaux (45%) alors qu'à Arivonimamo dans notre échantillon 75% des EAF utilisent des produits phytosanitaires alors que 88% achètent des engrais.

1.2. Types d'engrais commerciaux achetés

Les engrais achetés sont essentiellement de type NPK (le plus courant est composé de 11 % N, 22% P2O5, 16 % K2O) et de l'urée (46%) ; ces deux types représentent, en cumulé, plus de 95% des quantités à Mandoto et 77% à Arivonimamo, où l'on observe une plus grande diversité (figure 2), en rapport avec une plus grande consommation et aussi d'une offre plus importante avec la proximité de la capitale.

Figure 2 : Types d'engrais achetés en % des quantités totales



A Arivonimamo, le Blaukorn (nom commercial) est bien représenté avec plus de 16% des quantités. C'est un engrais composé (NPK) avec d'autres éléments (magnésium, soufre, bore, zinc) « à action rapide qui assure un effet-starter important », notamment sur les cultures maraichères. Le DAP (18% N; 46 % P2O5) est également représenté avec 6% des quantités. Les autres produits comme la dolomie (amendement calcaire) et le guano de chauvesouris (Guanomad) riche en phosphates naturels, sont très faiblement représentés (même si Guanomad représente tout de même un peu plus de 3% dans la zone de Mandoto).

Les prix moyens d'achat déclarés par les producteurs et pondérés par les quantités diffèrent peu entre les deux zones (contrairement aux prix de la fumure organique qui sont très différents, voir JAE n°9). Les prix moyens (pour la plupart prix de 2016) sont de : 2 100 Ar/kg pour NPK, 1 900 Ar/kg pour l'urée, 2 400 Ar/kg pour le DAP, 3 100 Ar/kg pour le Blaukorn et 1100 Ak/kg pour le Guanomad.

En moyenne une EAF a acheté au cours de l'année, pour 12 500 Ar d'engrais à Mandoto, et 54 000 Ar d'engrais à Arivonimamo. Ces montants indiquent un recours très limité aux engrais commerciaux dans les stratégies de gestion de la fertilité.

1.3. Le cas particulier des cendres

Les cendres peuvent être considérées comme un engrais ou comme un amendement. Elles sont utilisées, depuis le début de l'agriculture, pour enrichir les terres cultivées en sels minéraux, notamment en potasse et oligo-éléments (Poirier et Nuninger, 2012). Elles ont un pouvoir alcalinisant et augmentent le pH du sol. Elles peuvent être intégrées aux composts ou aux fumiers (voir JAE n°9) ou utilisées seules en apport localisé ou épandues sur le champ. Cette sous partie traite des cendres utilisées directement sur les parcelles.

Si la pratique est rare à Mandoto (2% des EAF), elle est répandue à Arivonimamo où, ce sont 19% des EAF, qui épandent des cendres achetées. Celles-ci proviennent pour l'essentiel des balles de riz utilisées comme énergie pour la fabrication des briques. C'est donc le sous-produit, d'un autre sous-produit agricole (la balle de riz).

L'évaluation des quantités en kilogramme est très approximative, les producteurs ne connaissant pas les équivalences. Les EAF qui épandent directement les cendres ont estimé avoir utilisé, l'année de l'enquête, en moyenne environ 250 kg/EAF ce qui représente, ramené à l'ensemble des EAF, environ 4 kg/EAF à Mandoto et un peu moins de 50 kg par EAF à Arivonimamo.

Si les quantités semblent conséquentes (presque le double des quantités d'engrais), la valeur monétaire de ces cendres est faible avec un prix moyen estimé entre 30 et 35 Ar/kilogramme. Ainsi, les cendres utilisées directement par les EAF sur les cultures représenteraient une valeur de 8 000 à 9 000 Ar pour les EAF qui ont cette pratique, et ramenées à l'ensemble des EAF des zones concernées, à moins de 200 Ar à Mandoto et de l'ordre de 1 600 Ar à Arivonimamo.

L'utilisation des cendres directement sur la parcelle, sans passer par le compost ou le fumier est une pratique assez courante dans la zone de Arivonimamo. Elle participe au recyclage de certains sous-produits, et en particulier de la balle de riz utilisée comme combustible pour la fabrication des briques. En plus de l'apport en éléments fertilisants, les cendres ont d'autres propriétés selon certains producteurs qui les utilisent dans la lutte contre les ravageurs et les maladies.

2. Utilisation de la fumure organique et des engrais commerciaux

L'enquête a permis de collecter les informations nécessaires pour reconstituer l'itinéraire technique et le budget de culture pour toutes les parcelles cultivées au cours de l'année agricole enquêtée (2016/17), soit trois saisons de culture : grande saison 2016/17, saison intermédiaire 2017, contre saison 2017 (soit de novembre 2016 à octobre 2017). Ainsi, les quantités et la valeur des intrants utilisés pour la fertilisation sont connues par culture et par saison.

2.1. Fertilisation disponible et superficies fertilisées

Le tableau 2 récapitule des quantités moyennes de matières fertilisantes disponibles par EAF en additionnant les quantités de fumure organique (voir JAE n°9) et les engrais commerciaux achetés.
Les EAF de la zone d'Arivonimamo produisent plus de FO et achètent plus d'engrais que celles de la zone de Mandoto et en final la disponibilité moyenne en kilogramme est nettement supérieure. Ramenés à la SAU, les écarts entre les deux zones augmentent puisque la taille moyenne des EAF de Mandoto est plus grande ; la quantité disponible par ha SAU va du simple au double.

Tableau 2 : Quantités moyennes de fertilisants disponibles par EAF (en kg)

Types de fertilisants	Mandoto	Arivonimamo
Fumier	1 676	2 573
Compost et autre	458	324
Engrais achetés	6	25
Cendres achetées	4	48
Total (kg)	2 144	2 969
SAU (ha)	1.48	0.91
Kg/SAU	1 448	3 279
S Cultivée en ha	1.38	1.13
Kg / S. cultivée	1 558	2 627

Mais quand on ramène ces quantités disponibles moyennes aux superficies cultivées annuellement, l'écart se réduit car dans la zone d'Arivonimamo, les EAF intensifient l'utilisation de la terre avec un taux de mise valeur de 125% (c'est-à-dire qu'une parcelle est cultivée une fois en totalité au cours de l'année agricole et que 25% de sa surface sont cultivés une deuxième fois). Cette intensification est rendue possible notamment par les productions maraichères, que les producteurs cultivent en double culture après le riz et pour lesquelles la capitale nationale assure des débouchés. A Mandoto, ce taux de mise en valeur n'est que de 93% avec très peu de cultures maraichères et une part un peu plus importante de jachères avec 11% de la SAU, ce qui ne signifie pas qu'il n'y a pas de jachère à Arivonimamo, où elles représentent tout de même 8% de la SAU ; c'est l'importance des cultures maraichères qui impacte le plus le taux de mise en valeur.

Il faut rappeler que ces moyennes cachent une grande variabilité. Celle-ci a été traitée dans le JAE n°9 pour la FO et ci-dessus pour les engrais. C'est pourquoi nous n'y reviendrons pas ici ; la variabilité sera analysée seulement pour l'utilisation.

La question que l'on peut se poser à ce stade est : est-ce que ceux qui achètent des engrais commerciaux sont ceux qui n'ont pas de FO ? A Mandoto, l'analyse des corrélations indique qu'il n'y pas de relation linéaire entre la quantité d'engrais achetée et la quantité de fumier produite. A Arivonimamo, cette relation existe. Elle est significative (au seuil de 0.01) même si le coefficient est faible (0,3) et surtout elle est positive ce qui indique que ceux qui achètent le plus d'engrais sont souvent ceux qui produisent le plus de fumier. Ainsi, il n'y aurait pas un seuil de disponibilité en fumier qui ferait que l'agriculteur ne cherche plus à acquérir des engrais, considérant qu'il a assez de matières fertilisantes. La raison des faibles quantités d'engrais achetées est sans doute plus à rechercher dans la disponibilité et des contraintes économiques.

2.2. Répartition des matières fertilisantes selon les cultures

Avant de présenter la répartition par culture, on peut apprécier la part des parcelles et de la superficie selon le type de fertilisation (Tableau 3). Les parcelles et la superficie sans aucun apport à Arivonimamo sont moindres (environ un tiers) qu'à Mandoto (41% des parcelles et 52% de la superficie).

Tableau 3 : Parts des parcelles et de la superficie selon le type de fertilisation dans les terroirs

Apports	Mandoto		Arivonimamo	
	% des parcelles	% de la surface	% des parcelles	% de la surface
Sans FO Sans Engrais	41%	52%	35%	33%
Avec FO seulement	38%	33%	38%	40%
Avec Engrais seulement	3%	2%	3%	3%
Avec FO + Engrais	19%	13%	25%	24%
Ensemble	100%	100%	100%	100%

Ainsi, même à Mandoto, plus d'une parcelle sur deux, reçoit de la FO et globalement, dans les deux terroirs, il y a une répartition qui laisse la possibilité pour qu'une parcelle soit fertilisée plus d'une fois tous les deux ans, sans préjuger ni des doses utilisées ni des cultures privilégiées. Les écarts entre les pourcentages des parcelles et des superficies indiquent qu'à Mandoto ce sont les parcelles en moyenne plus petites qui sont fertilisées, ce qui n'est pas le cas à Arivonimamo. Très rares sont les parcelles qui ne reçoivent que de l'engrais (quelques parcelles en maraichage, mais aussi en riz pluvial et maïs à Mandoto). **Ainsi les producteurs qui achètent de l'engrais chimique, l'utilisent presque toujours sur des parcelles en complément d'un apport de fumure organique.**

L'utilisation des fertilisants est en lien avec les quantités disponibles, mais aussi les cultures pratiquées. Or, les exploitations agricoles familiales des deux zones ont des assolements[1] sensiblement différents, comme le montre la première colonne des deux figures suivantes (Figure 3 et Figure 4). Dans les deux zones, le riz irrigué de bas-fonds occupe une place importante avec des parts dans l'assolement qui sont relativement proches (29% à Mandoto et 32% à Arivonimamo). Ainsi, même si le Moyen Ouest du Vakinankaratra a la réputation d'une zone de cultures pluviales, le riz irrigué de bas-fonds occupe une place prépondérante en terme de superficie (mais aussi en terme de revenu comme on le verra dans le prochain numéro de JAE). Les tubercules et les légumineuses occupent à peu près la même part de la surface cultivée annuellement dans les deux zones, de l'ordre de 25% pour les tubercules et 10% pour

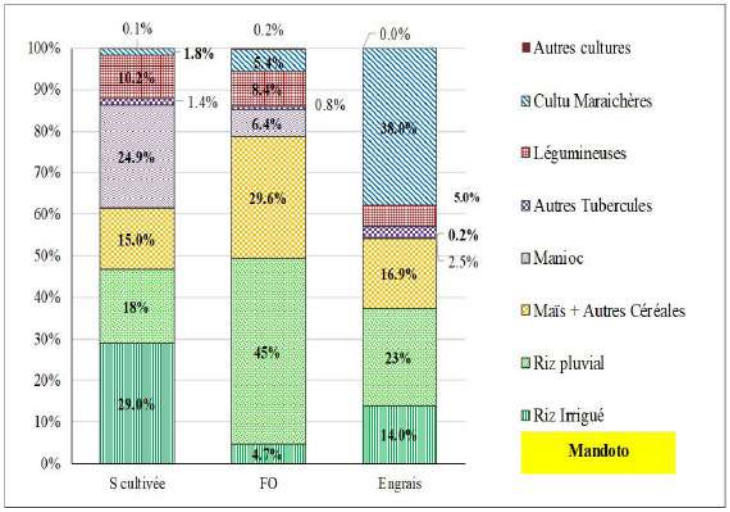
1 Ces pourcentages ont été calculés sur la superficie effectivement cultivée, c'est-à-dire, sans les jachères. Si on intègre les jachères, celles-ci représentent 10% de la surface totale (cultivée + jachère) à Mandoto et 6 % à Arivonimamo.

les légumineuses, mais les espèces cultivées sont différentes. La part des autres cultures est spécifique et caractérise la zone.

A Mandoto, les céréales pluviales occupent près du tiers de la surface (17,6 % en riz pluvial et 15 % en maïs, hors jachère). Alors qu'à Arivonimamo, ces deux cultures occupent seulement 8,6% de la surface, et le maïs y est vraiment marginal. Dans cette zone, ce sont les cultures maraichères qui sont importantes avec 22,4 % de la surface. Les cultures autres, constituées essentiellement par l'agroforesterie avec des fruitiers, n'est pas négligeable avec 3% de la surface. A Mandoto, ces deux types de cultures sont très peu pratiquées (1,8% de la surface sont consacrés aux cultures maraichères, et les autres cultures avec 0,1%, sont quasiment inexistantes).

Les données extrapolées à l'ensemble des fokontany, permettent de connaître sur quelles cultures les matières fertilisantes disponibles ont été épandues[1] . L'échantillon est constitué de 2 427 parcelles[2] . Elles sont plus nombreuses à Arivonimamo où l'échantillon d'EAF est plus grand mais aussi où la taille moyenne des champs est plus petite, et où les doubles cultures sont fréquentes. La deuxième colonne de chaque figure présente la répartition de la FO (fumier, compost et autre matières organiques), la troisième colonne est celle des engrais commerciaux. Les quantités disponibles sont différentes entre les zones. Les pourcentages représentent la répartition et traduisent la stratégie des EAF. A Mandoto, les EAF privilégient le riz pluvial et le maïs qui reçoivent 74% de la FO disponible (Figure 3) et 40% des engrais achetés.

Figure 3 : Répartitions de la superficie cultivée annuellement, de la FO et des engrais commerciaux à Mandoto



Les autres cultures comme les légumineuses et les tubercules reçoivent un peu de FO, mais le plus souvent parce qu'elles sont cultivées en association avec du riz pluvial ou du maïs. Le riz irrigué qui représente 29% de la superficie reçoit moins de 5% de la FO et 14% des engrais. Le maraichage pourtant très peu présent (1,8 % des surfaces) reçoit une part conséquente de la FO (5,4%) et surtout des engrais (38% des quantités disponibles).

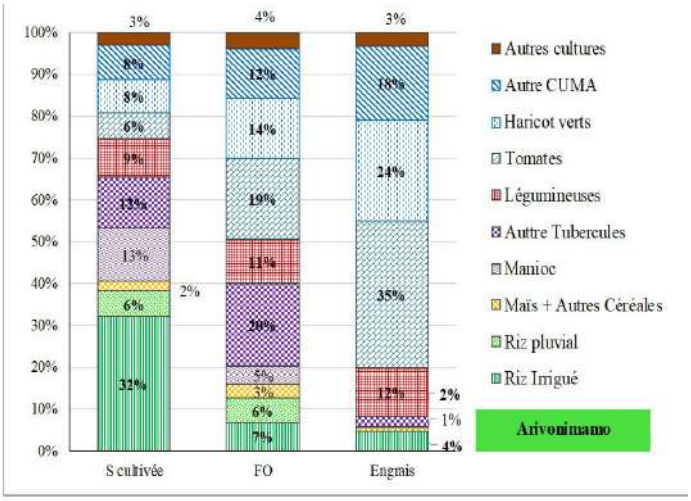
Ainsi dans cette zone, les producteurs ont une stratégie de fertilisation des céréales pluviales sur tanety, avec un transfert de fertilité des rizières vers les tanety, puisque le fumier intègre la plus grande partie des pailles du riz des rizières. Cette fertilisation, profite aussi aux autres cultures pluviales soit avec les associations soit via les rotations qui sont quasiment systématiques en pluvial.

1 Les difficultés sont cependant nombreuses et notamment en raison de l'importance et de la diversité des associations de cultures et des regroupements que nous avons opérés pour faciliter la collecte, notamment pour le maraichage. Nous avons pris l'option, comme pour les surfaces, de répartir à égalité les quantités entre les différentes cultures. Ainsi, pour une parcelle avec une association riz pluvial et arachide, les quantités d'intrants ont été réparties pour moitié pour le riz pluvial et pour moitié pour l'arachide. Il en est de même pour une parcelle où ont été regroupées une planche de tomate et une planche d'oignon, alors que peut-être le producteur avait fait des apports différentiés.

2 Au total 2 680 parcelles une fois les parcelles regroupées, désagrégées. On rappellera que les parcelles en jachère ne sont pas comprises ici.

Le riz irrigué, ne reçoit pratiquement pas de FO et très peu d'engrais, avec une stratégie d'allocation des FO sur les tanety, milieu naturellement bien moins fertile que les bas-fonds. A Arivonimamo, la situation du riz irrigué est approximativement la même ; alors que la surface cultivée représente 32%, cette culture ne reçoit que 7% de la FO disponible et 4% des engrais. Les céréales pluviales sont très peu fertilisées contrairement à Mandoto. **Dans les deux situations les cultures vivrières bénéficient des arrières-effets des cultures maraîchères beaucoup plus fortement fertilisées.**

Figure 4 : Répartitions de la superficie cultivée annuellement, de la FO et des engrais commerciaux à Arivonimamo



Les cultures privilégiées sont les cultures maraichères qui reçoivent 46% de la FO et 77% des engrais, mais aussi les tubercules autres que le manioc (patate douce, taro et pomme de terre) qui reçoivent 25% de la FO mais peu d'engrais et les légumineuses (haricots) qui reçoivent un peu plus de FO et d'engrais (respectivement 11% et 12%) que la part qu'elles occupent dans l'assolement (9%).

Ce sont les cultures exigeantes en fumure mais aussi et surtout fortement commercialisées (maraichage, pomme de terre, patate douce, taro et haricot) qui reçoivent l'essentiel de la fertilisation. Les rotations permettent aux cultures peu fertilisées de bénéficier des arrières effets de la fertilisation des cultures produites d'abord pour les marchés. Le riz irrigué qui n'est pas fertilisé, bénéfice des arrières effets des cultures de contre saison sur les rizières.

Ainsi, les stratégies de fertilisation des EAF sont très différentes selon les zones en lien avec les cultures produites, leur exigence mais surtout en lien avec des objectifs technico-économiques et le marché des produits agricoles.

2.3. Les doses apportées

L'analyse des quantités de fumure apportées est faite par culture[1] et en tenant compte des associations.

A Mandoto (tableau 4), les superficies en culture pure représentent 71 % des parcelles et de la superficie. Comme déjà indiqué, le riz irrigué occupe une place importante mais il est peu fertilisé avec seulement 20% des parcelles et 18% de la superficie qui reçoivent de la fumure organique à des doses faibles (moins de 2 tonnes par hectare) ; et seulement 4% des parcelles reçoivent de l'engrais (à une dose de près de 60 kg/ha).

1 Seuls les résultats pour les cultures avec un effectif non pondéré de plus de 15 parcelles sont présentés ici. On notera que pour les principales cultures, la taille de l'échantillon est conséquente.

Tableau 4 : Apports de FO et d'engrais sur les cultures cultivées pures à Mandoto en (kg)

Cultures pures	Nbre de parcelles	Surface ha	% Parcelle avec % Superficie avec		% Superficie avec		Dose moy. FO en kg/ha*		Dose moy. Engrais kg/ha*	
			FO	Engrais	FO	Engrais	Toutes les parcelles	Parcelles avec	Toutes les parcelles	Parcelles avec
Riz bas-fond	242	58.34	20%	4%	18%	4%	377	1 901	2.41	58.25
Riz Pluvial	90	23.53	91%	37%	90%	29%	4 022	4 415	10.11	26.77
Maïs	30	6.46	97%	37%	98%	43%	3 923	4 059	16.69	45.53
Manioc	117	36.89	8%	0%	4%	0%	414	4 843	0.00	0.00
Autres tuber	19	2.36	47%	47%	35%	42%	3 041	6 420	18.57	39.20
Légumineuses	78	11.56	45%	18%	38%	18%	1 776	3 958	8.70	48.50
Maraichage	112	2.64	90%	61%	80%	74%	31 829	35 296		

*Les moyennes sont calculées par parcelle et sans pondération.

C'est le manioc qui est le moins fertilisé : pas d'engrais et seulement 4% des parcelles avec de la fumure organique. Le riz pluvial et le maïs sont les cultures pures qui reçoivent le plus systématiquement de la fumure : plus de 90% des parcelles et de la superficie reçoivent de la FO à des doses élevées de plus de 4 t/ha et 30 à 40% des parcelles et de la surface reçoivent de l'engrais mais à des doses qui restent faibles (26 kg/ha pour le riz pluvial et 45 kg/ha pour le maïs). Les autres tubercules reçoivent engrais et FO, mais ce sont essentiellement les pommes de terre. Les légumineuses sont également fertilisées avec 45% des parcelles qui reçoivent de la FO et 18% de l'engrais à des doses moyennes pour la zone. Enfin, les cultures maraichères ont été regroupées : les parcelles sont nombreuses mais la superficie très petite ; elles reçoivent à 90% de la FO et à 61 % des engrais à des doses importantes (plus de 30 t/ha pour la FO).

A Arivonimamo, la part des cultures pures est plus importante qu'à Mandoto avec 86% des parcelles et 89% de la superficie. Ainsi, le nombre de parcelles de l'échantillon est nettement plus important (mais il ne fait pas oublier que l'échantillon compte plus d'EAF).

Tableau 5 : Apports de FO et d'engrais sur les cultures cultivées pures à Arivonimamo (en kg)

Cultures pures	Nbre parcelles	Surface ha	% Parcelle avec Superficie avec		% Superficie avec		Dose moy. FO en kg/ha*		Dose moy. Engrais kg/ha*	
			FO	Engrais	FO	Engrais	Toutes les parcelles	Parcelles avec	Toutes les parcelles	Parcelles avec
Riz bas-fond	363	60.78	39%	9%	39%	8%	633	1 643	4.59	52.06
Riz Pluvial	72	10.51	83%	0%	93%	0%	2 902	3 482	0.00	0.00
Maïs	17	1.12	94%	11%	96%	9%	3 501	3 720	1.31	22.22
Manioc	201	20.20	24%	1%	23%	0%	1 253	5 249	0.38	38.33
Autres tuber	232	23.27	70%	5%	78%	4%	4 461	6 350	3.67	77.48
Haricots	61	7.65	95%	65%	96%	73%	4 132	4 346	48.24	75.45
Autre Légum.	46	3.52	20%	0%	18%	0%	779	3 981	0.00	0.00
Tomates	90	9.55	97%	95%	98%	97%	7 614	7 877	127.91	135.43
Haricot verts	132	10.88	95%	87%	96%	90%	5 079	5 321	80.90	92.86
Autres Maraich	155	12.93	95%	76%	101%	73%	4 311	4 546	91.26	120.89

* Les moyennes sont calculées par parcelle et sans pondération.

A Arivonimamo, la fertilisation du riz irrigué est un peu plus fréquente avec 39% des parcelles qui reçoivent de la FO et 9% de l'engrais, mais à des doses plus faibles qu'à Mandoto 1,6 t/ha pour la FO et 52 kg/ha d'engrais. La fertilisation du riz irrigué n'est pas une priorité pour le plus grand nombre des producteurs. Les cultures les moins fertilisées sont le manioc et les légumineuses autres que le haricot, avec respectivement 23% et 18% des parcelles seulement qui reçoivent de la FO et quasiment aucune qui reçoit de l'engrais. Mais de manière assez étonnante, les parcelles avec FO reçoivent des doses assez importantes (plus de 5 t/ha pour le manioc), certainement en lien avec des stratégies de gestion ou de restauration de la fertilité des sols. En ce qui concerne la FO, toutes les autres cultures sont très fréquemment fertilisées : plus de 90% des parcelles de riz pluvial, maïs, haricot et maraichage ; les autres tubercules le sont à près de 80%. Et si pour le riz pluvial et le maïs ; les doses moyennes sont modestes car inférieures à 4 t/ha, elles sont supérieures à 4 t/ha pour les haricots, et supérieures à 5 t/ha pour les autres avec notamment pour les tomates un apport de plus de 7 t/ha. Pour les engrais, très peu d'apports pour le maïs (6% des parcelles) et pas d'apport pour le riz pluvial (observations pour 72 parcelles). L'engrais est réservé au maraichage (plus de 75 % des parcelles) et aux haricots (64% des parcelles). Avec des doses moyennes relativement importantes : plus de 90 kg/ha pour les haricots verts, 135 kg/ha pour la tomate et 120 kg/ha pour les autres cultures maraichères.

Ainsi, d'une manière générale, à Arivonimamo l'apport de fertilisants est conséquent à la fois en termes de parcelles concernées et de doses épandues. Riz irrigué, manioc et légumineuses autres que haricot sont les parents pauvres de la fertilisation, mais avec les rotations, ces cultures bénéficient aussi des apports, en particulier pour le riz irrigué, car une part importante du maraichage est cultivée sur les rizières.

Les associations de culture sont plus fréquentes à Mandoto où l'association riz pluvial + maïs domine très largement. La superficie avec cette association est équivalente à la superficie totale en culture pure. Et le maïs est la culture que l'on associe le plus avec le riz pluvial, mais aussi le manioc et les légumineuses. Les parcelles avec une association de ces trois cultures ne sont pas rares. Les pratiques de fertilisation en culture associée rejoignent celles en culture pure. Ainsi 91% des parcelles avec l'association riz + maïs reçoivent de la FO et 32% de l'engrais, cependant les doses de FO sont très inférieures (de 700 kg/ha alors qu'en culture pure elles étaient de plus de 4 t/ha) et il en est de même pour l'engrais.

Pour les parcelles avec des cultures associées au maïs, un apport en FO est fréquent (plus de 80% des parcelles pour manioc ou légumineuse et plus de 75% quand il y a les trois cultures). L'engrais est plus rare, et surtout les doses de FO et engrais sont faibles. A ce stade on peut émettre l'hypothèse que les EAF qui pratiquent l'association sont moins bien dotées en matière fertilisante. Mais l'analyse montre que ce n'est pas le cas, il existe bien un coefficient de corrélation négatif entre la quantité de fumure organique disponible au niveau de l'EAF et le pourcentage de culture associées, mais il est très faible (-0,11) et si l'on crée des classes de pourcentage de culture associées, il n'y a pas de différence significative entre les classes pour la dose moyenne de FO. Il semble donc que cela soit la pratique qui soit ainsi à Mandoto, sur des cultures associées (grandes cultures : riz, maïs, légumineuse ou tubercule), les apports de FO sont moindres que sur les cultures pures.

Tableau 6 : Apports de FO et d'engrais sur les cultures associées les plus fréquentes (en kg)

District 1Mandoto	Nbre parcelles	Surface ha	% Parcelle avec		Dose moy. FO en kg/ha*		Dose moy. Engrais kg/ha*	
			FO	Engrais	Toutes les parcelles	Parcelles avec	Toutes les parcelles	Parcelles avec
Riz Pluvial + Maïs	114	25.77	91%	32%	656	719	2.6	8.3
Mais + Manioc	50	11.49	88%	2%	420	477	0.1	3.0
Mais + Légumineuse	57	9.75	84%	16%	428	508	0.2	1.5
Mais + Manioc + Légum.	24	4.82	75%	13%	242	323	0.2	1.8
Manioc + Légumineuse	24	5.87	4%	0%	11	250	0.0	0.0
2 Arivonimamo								
Riz Pluvial + Maïs	14	1.82	86%	0%	366	427	0.0	0.0
Mais + Légumineuse	25	2.28	84%	24%	188	224	1.5	6.2
Manioc + Légumineuse	13	1.26	54%	0%	280	521	0.0	0.0
Tubercules + Fruitiers	34	2.70	62%	12%	224	363	0.3	2.8
Autre cult. + Fruitiers	90	6.71	91%	52%	5 414	255	3.0	5.8

* Les moyennes sont calculées par parcelle et sans pondération.

A Arivonimamo, les cultures associées pour les grandes cultures sont moins importantes en nombre et les superficies sont très petites. Mais on peut tirer les mêmes conclusions que pour Mandoto. Ce qui est remarquable dans cette zone, c'est le nombre de parcelles en agroforesterie avec un mélange d'arbres fruitiers et de cultures avec plus de 120 parcelles. Les cultures sont de tous les types, mais beaucoup de cultures maraichères, ce qui explique les fortes doses de FO ou d'engrais. Les fruitiers sont essentiellement des agrumes et sont le résultat d'opérations de développement qui ont vulgarisé la plantation de ces arbres. La plupart de ces plantations n'est pas encore en pleine production (trop récentes).

2.4. Les stratégies des EAF pour l'utilisation de la FO disponible

Dans le JAE n° 9, nous avions émis l'hypothèse qu'à Arivonimamo, il y avait deux types d'EAF : l'un avec des stratégies de fortes disponibilités en FO soutenues par des ambitions de cultures maraichères et un autre avec des stratégies de moindre disponibilité en FO avec des systèmes de culture plus classiques. Pour représenter les stratégies nous avons établi des classes selon le pourcentage de la FO utilisée sur céréales pluviales et sur cultures commerciales. Les résultats sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 7 : Répartition des EAF selon des classes de quantités utilisées de FO

Classes utilisation FO	Mandoto Arivonimamo			Arivonimamo		
% FO utilisés sur céréales pluviales	% des EA	S cultivée moyenne (ares)	CV	% des EA	S cultivée moyenne (ares)	CV
<=25%	8%	89	72%	76%	113	76%
25% à 75%	18%	93	93%	20%	88	57%
>75%	74%	144	88%	4%	37	49%
% FO utilisés sur cultures commerciales						
<=25%	88%	136	91%	12%	63	77%
25% à 75%	9%	90	58%	42%	102	60%
>75%	3%	75	85%	46%	118	81%

Les stratégies des EAF vis-à-vis de l'utilisation de la FO sont très nettement différentes selon les zones comme on l'a déjà vu ; la première partie du tableau montre qu'à Mandoto 74% des EAF mettent plus des ¾ de leur FO disponible sur les parcelles avec céréales pluviales (seules ou associées), et ce sont les EAF avec la plus grande superficie qui font cela. Alors qu'à Arivonimamo seules 4% des EAF mettent plus de 75% de leur FO sur des parcelles avec céréales pluviales et ce sont les plus petites EAF (superficie cultivée moyenne de 37 ares) avec certainement des stratégies de sécurité alimentaire.

La deuxième partie du tableau nous permet de constater qu'à Arivonimamo, 46% des EAF mettent plus de 75% de leur FO sur les cultures commerciales (cultures maraichères, pomme de terre, taro, patate douce et haricot) et ces EAF ont en moyenne une superficie cultivée supérieure aux autres. Cette classe est importante, mais il y a aussi une classe d'EAF avec des stratégies basées sur une meilleure répartition.

A Mandoto, les EAF qui mettent plus de 75% de leur FO sur ce type de cultures commerciales (essentiellement le maraichage) sont peu nombreuses (3% des EAF) et ce sont des EAF avec des superficies plus faibles que les autres. Ce n'est donc pas la stratégie utilisée par les EAF qui ne donnent pas la quasi exclusivité (<75%) de la FO aux céréales pluviales. Il existe un groupe d'EAF dans les deux zones qui ne donnent pas l'exclusivité de la FO (>75%) aux céréales pluviales à Mandoto ou aux cultures commerciales à Arivonimamo. Ce groupe regroupe 23% des EAF à Mandoto et 49% à Arivonimamo. Ce sont des EAF un peu plus petites que la moyenne de la zone, avec une disponibilité en FO inférieure à la moyenne de la zone et une répartition de la FO marquée par la stratégie dominante de la zone mais avec une répartition plus équilibrée et notamment un épandage sur le riz irrigué.

Tableau 8 : Les EAF avec une stratégie d'utilisation de la FO différente de la stratégie dominante de la zone

	%EAF	Sup. moy (ares)	FO (tonnes)	% FO sur Céréales Pluviales	% FO sur Cuture commerciales	% FO sur Riz irrigué	% FO sur Autres cultures
Mandoto	23%	94	1.31	48%	21%	20%	4%
Arivonimamo	49%	99	2.23	20%	45%	16%	1%

Il existerait ainsi 3 grandes stratégies d'utilisation de la FO avec à Mandoto la quasi exclusivité de la FO sur les céréales pluviales (74% des EAF de la zone), à Arivonimamo la quasi exclusivité de la FO sur les cultures commerciales (46% des EAF) et un groupe avec une répartition plus équilibrée entre les différentes cultures, y compris sur le riz irrigué.

3. Conclusions et implications pour le développement

La gestion de la fertilité des sols dans ces deux régions contrastées des plateaux d'altitude malagasy passe d'abord par la production et/ou l'acquisition de fumure organique : il n'y a quasiment aucune EAF sans apport sur au moins une parcelle cultivée[1] . Les résultats montrent qu'environ la moitié de la superficie cultivée annuellement reçoit de la FO à Mandoto et plus des deux tiers à Arivonimamo. Même si les doses potentielles sont en dessous des recommandions, avec la rotation des cultures, cela signifie que l'ensemble du terroir pourrait être fumé plus d'une fois tous les deux ans. Les rizières quand elles sont cultivées en riz irrigué, ne reçoivent que très rarement de la fumure dans ces zones . La stratégie est l'inverse de ce qu'on rencontre dans d'autres zones, qui priorisent les bas-fonds, notamment dans les zones des périmètres irrigués (Lac Alaotra, périmètres sur les Hautes terres, Ambondromisotra…).

Les stratégies de gestion de la fertilité des sols sont, logiquement, de fertiliser en priorité les cultures les plus exigeantes et les plus rémunératrices : céréales pluviales à Mandoto (riz et maïs) et les cultures maraichères mais qui sont très marginales dans cette zone ; cultures pour le marché à Arivonimamo : maraichage, pomme de terre, haricots, patates douces, taros. Et pour les producteurs qui achètent des engrais commerciaux (essentiellement engrais minéral), la pratique est d'associer aux fumures organiques des compléments d'engrais, et ceci très prioritairement sur les cultures les plus rémunératrices et aussi les plus exigentes. A quelques rares exceptions près, l'apport d'engrais minéral vient toujours compléter un apport de fumure organique, et c'est près d'un quart de la superficie qui reçoit engrais et FO à Arivonimamo, et seulement 13% à Mandoto.

Deux principaux engrais minéraux sont utilisés dans les deux zones, le NPK et l'urée. En réalisant les apports au voisinage des plants, il y a une concentration des éléments nutritifs qui permet à la fois d'optimiser leur utilisation et de développer des synergies entre produits organiques et minéraux. Cette efficience des ressources, garantie par une complémentarité des apports incluant une base organique avec un complément minéral, a déjà été relevée dans de nombreuses autres situations tropicales (Bekunda *et al.*, 1997). D'autres études sur ces mêmes zones mettent en évidence que la majorité des fumures organiques utilisées présentent certaines déficiences en éléments majeurs, comme le N et le P, et que l'utilisation des engrais de synthèse est susceptible de lever (Ben Naâmane *et al.*, 2020, notre article dans le JAE précédent). Cette pratique est donc à encourager, notamment à travers des messages

1 Dans notre échantillon, seules 2 EAF n'ont pas apporté de FO l'une extrêmement petite (moins de 5 are de SAU) à Arivonimamo et très pauvre qui a vendu sa FO, une autre à Mandoto qui prend en métayage la terre qu'il cultive.

de vulgarisation adaptés et complémentaires des messages « classiques » qui prônent des doses importantes d'engrais.

L'analyse comparée des deux zones montre des différences dans le recours aux engrais de synthèse, avec à Arivonimamo une quasi généralisation de l'engrais (près de 90% des EAF) et une utilisation moyenne de 30 kg par ha de SAU plus fréquemment sur les cultures maraichères, et presque toujours en complément de la fumure organique, contre environ une exploitation sur deux à Mandoto et une utilisation de 6 kg par ha. Sur ce premier site, une plus grande diversité d'engrais et une utilisation plus importante de cendres, sous-produit de briqueteries, sont relevées. Également une stratégie d'allocation de ressources différenciée apparaît très clairement au niveau des fumures organiques sur le riz de bas-fonds, beaucoup plus amendé à Arivonimamo, car cette ressource est à la fois moins limitante et mieux valorisée par les cultures maraîchères. A Mandoto, la fumure organique est moins disponible et moins valorisable autrement que par les céréales pluviales, aussi moins indispensable pour la productivité de ces cultures, et est beaucoup mieux valorisée sur le domaine pluvial, sans laquelle aucune mise en valeur de culture exigeante ne serait envisageable. Ainsi, la recherche doit affiner ses connaissances à l'échelle du système de culture pour mieux évaluer performances et durabilité à court et long termes et accompagner l'intensification écologique promue par divers opérateurs de développement agricoles (notamment ONG de développement).

Cette communication plaide encore une fois pour une bonne compréhension des EAF, de leur fonctionnement et de leurs stratégies avant de proposer des améliorations adaptées. La fertilisation telle que pratiquée par les producteurs est un acquis important pour comprendre la durabilité de l'agriculture familiale et pour renforcer la durabilité des EAF. Cela montre à la fois la technicité des paysans, leur connaissance des intrants existants et de leur utilisation. Les propositions d'innovations pour le développement doivent s'appuyer sur l'existant contrairement à ce qui est souvent fait (Razanakoto *et al*, 2018). D'abord, les orientations vont certainement vers des techniques qui permettent d'augmenter la fumure organique disponible en quantité et en qualité (étable améliorée, compostage, lombricompost, etc), notamment avec des matières premières disponibles localement, plutôt que sur la base d'achats. Les agriculteurs investissent moins en monétaire et optent pour une stratégie d'intensification en main d'œuvre (ce qui est le cas pour les systèmes de compostage). Ensuite, il est important de mieux valoriser ces différents types de fertilisation à travers des combinaisons de pratiques.

Ce dont il faut être sûr, c'est que les producteurs, dans leur très grande majorité, développent des stratégies de gestion de la fertilité des sols et les adaptent sur la base de leurs connaissances et savoir-faire et en fonction des conditions biophysiques et de l'environnement socioéconomique. Si les conditions économiques sont favorables (débouchés, prix suffisamment rémunérateurs), ils ont recours aux engrais commerciaux comme le montre cette étude, mais aussi d'autres (voir par exemple en zone périurbaine d'Antananarivo, N'Dienor *et al*, 2011). Or, le plus souvent, dans les actions de développement et les propositions techniques, les fertilisations sont proposées par filière comme une sorte de manuel technique (fiche technique par filière) et réfléchies par rapport aux besoins propres de la plante ciblée. Ces propositions vont ainsi à l'encontre des stratégies paysannes et leur diffusion reste mitigée.

Enfin, dans les propositions actuelles pour le développement rizicole notamment sur bas-fonds, les acteurs de développement misent sur une intensification rizicole de type révolution verte (semences améliorées, voire hybrides, avec des doses importantes d'engrais acheté). Les données montrent que les stratégies des paysans intègrent les rotations avec le riz et les investissements en fertilisation se passent autrement (cultures de contre saison, autres cultures). Les dépenses en semences, et surtout si on enlève la valorisation de l'autoproduction, restent très faibles. Ces

propositions techniques s'éloignent encore une fois des stratégies paysannes.

Mais cette analyse des stratégies d'utilisation des fertilisants dans la gestion de la fertilité des sols, reste encore incomplète car si les aspects techniques (quantités et modalités) ont été traités, les aspects économiques ne l'ont pas été. Cela sera le thème du prochain et dernier article qui mettra en relation les pratiques de gestion de la fertilité et les performances, notamment en terme de marge brute aux niveaux parcelles et cultures et de revenu au niveau EAF.

L'étude a été réalisée dans le cadre du projet SECuRE (Soil ecological function restoration to enhance agrosystem services in rainfed rice cropping systems in agroecological transition) financé par Agropolis Foundation sous la référence ID 1605-007 à travers le programme "Investissements d'Avenir" (Labex Agro : ANR-10-LABX-0001-01), dans le cadre du I-SITE MUSE (ANR-16-IDEX-0006).

BIBLIOGRAPHIE

Bekunda M.A., Bationo A., Ssali H., 1997. Soil fertility management in Africa: a review of selecterd research trials. In: Replenishing Soil Fertility in Africa, SSSA Special Publication Nomber 51, 63-79.

Ben Naâmane C.K., Autfray P. Audouin S, Bélières J.F., Blanchart E., Razafimahatratra M., Razanakoto O.R., Salgado P., 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 Projet Secure, 24 p. https://www.secure.mg/sites/default/files/2020-04/Livret_Secure_2020.pdf

Liniger H., Mekdaschi Studer R., Hauert C. et Gurtner M., 2011. La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques pour l'Afrique subsaharienne. WOCAT, FAO, TerrAfrica. Rome (Italie) 243 p. http://www.fao.org/3/i1861f/i1861f.pdf

MAEP, 2006. Stratégie nationale pour le développement de l'utilisation de l'engrais. Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche. Antananarivo Mai 2006. 48 p. + annexes p. http://www.mpae.gov.mg/communication/wp-content/uploads/sites/2/2016/11/strategie_dvlpt_utilisation_engrais_1.pdf

N'Diénor M., Aubry C. et Rabeharisoa L., 2011. Stratégies de construction de la fertilité des terres par les agriculteurs dans les systèmes maraîchers périurbains d'Antananarivo (Madagascar). Cahiers Agricultures, Vol. 20 No 4 (2011) doi:https://doi.org/10.1684/agr.2011.0497

Poirier N. et Nuninger L., 2012. Techniques d'amendement agraire et témoins matériels. Pour une approche archéologique des espaces agraires anciens. Histoire & Sociétés Rurales, 38 (2): 11-50. doi:10.3917/hsr.038.0011

Pierre-Bernard A., Ramboarison R., Randrianarison L. et Rondro-Harisoa L., 2007. Les implications structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural. Programme Ruralstruc Madagascar Phase I. EPP PADR / APB Consulting. Antananarivo Janvier 2007. 303 p. http://documents.banquemondiale.org/curated/fr /184371468091191021/pdf/779810WP0madag00250for0the0abstract.pdf

Razanakoto O., Razafindraibe R., Andriamananjara A., Razafimanantsoa M.-P., Rakotoson T., Smolders E. et Rabeharisoa L., 2018. Failures in agricultural innovation due to poor understanding of farmers' predispositions. Development in Practice, 28 (5): 691-704. doi:10.1080/09614524.2018.1471124

Sanginga N. et Woomer P. L. (Ed.), 2009. Integrated Soil Fertility Management in Africa: Principles, Practices and Developmental Process Nairobi (Kenya), Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture, 263 p.