

Cinquième partie:
Les pratiques paysannes: une variabilité
des choix liée à la variété des situations.

L'agronome rejoint le géographe dans l'observation des paysages en passant de l'analyse des techniques à l'analyse des pratiques. La diversité des exploitations en matière de combinaisons de systèmes de culture et d'élevage ou par rapport aux types de fonctionnement entraîne une grande variété de pratiques. Comme pour la relation pratiques - paysages (introduction de la troisième partie), selon les cas, c'est le type d'exploitation qui va déterminer les pratiques ou bien ce sont les pratiques qui vont déterminer le type d'exploitation. Quand une exploitation décide de prendre un crédit pour réaliser une culture de contre saison sur rizière, de nouvelles pratiques vont influencer son fonctionnement. Par opposition, un exploitant possédant de petites surfaces en rizière et en *tanety* verra ses pratiques définies par son type d'exploitation: il sera obligé d'apporter plus de travail, plus d'intrants ou d'utiliser des techniques plus fines pour atteindre ses objectifs.

Il est possible d'établir une hypothèse forte mettant en relation avec un type d'exploitant, un type de stratégie qui surdéterminera les pratiques. En parallèle, le passage de la diversité des situations à la complexité des pratiques peut être mis en évidence.

Les pratiques doivent donc être étudiées à des échelles bien différentes. Il n'est pas possible de se contenter d'une étude à la parcelle: les niveaux exploitation et bassins versants doivent également être utilisés. L'étude des transferts de fertilité (figure 1) permet l'examen des relations existant entre l'exploitation, les différents sous systèmes et l'environnement.

Tous les transferts ne sont pas représentés et l'importance de l'un ou de l'autre peut varier de façon importante entre les exploitations. Le nombre de flèches utilisées montre cependant l'importance du nombre de facteurs pris en compte et la complexité que peuvent avoir les interactions.

Les rizières sont particulièrement soignées au cours de ces transferts recevant fumier, engrais, amendements, cendres, terres de *tanety* et éléments nutritifs en suspension dans l'eau d'irrigation.

Le deuxième élément à prendre en compte est l'exploitation qui est à la fois le centre de décision des affectations des ressources disponibles et le point de passage d'une part importante de ces ressources. Pour cette raison, les niveaux exploitation et rizière sont examinés de façon un peu plus attentive que le reste du paysage dans cette partie sur les pratiques.

La prise de conscience de ces différents flux est nécessaire pour bien comprendre les pratiques. Il s'avère, en revanche, bien difficile de les chiffrer avec précision. Même les estimations faciles à réaliser dans beaucoup de situations comme les apports d'engrais minéraux sont entachées d'erreurs dues aux grandes imprécisions des mesures (quantités et surfaces).

Il paraît important d'examiner dans cette partie la diversité des pratiques par rapport à l'eau dont la gestion ne peut être dissociée de celle de la fertilité. Les pratiques de gestion de la matière organique et en particulier du fumier souvent décrit comme la base de toute prospérité agricole sont étudiées avant celles de la fumure minérale qui apparaît tantôt comme la solution miracle, tantôt, lorsque l'on regarde les taux d'utilisation, comme une illusion du technicien qui n'a pas réussi à franchir les obstacles sociaux ou économiques.

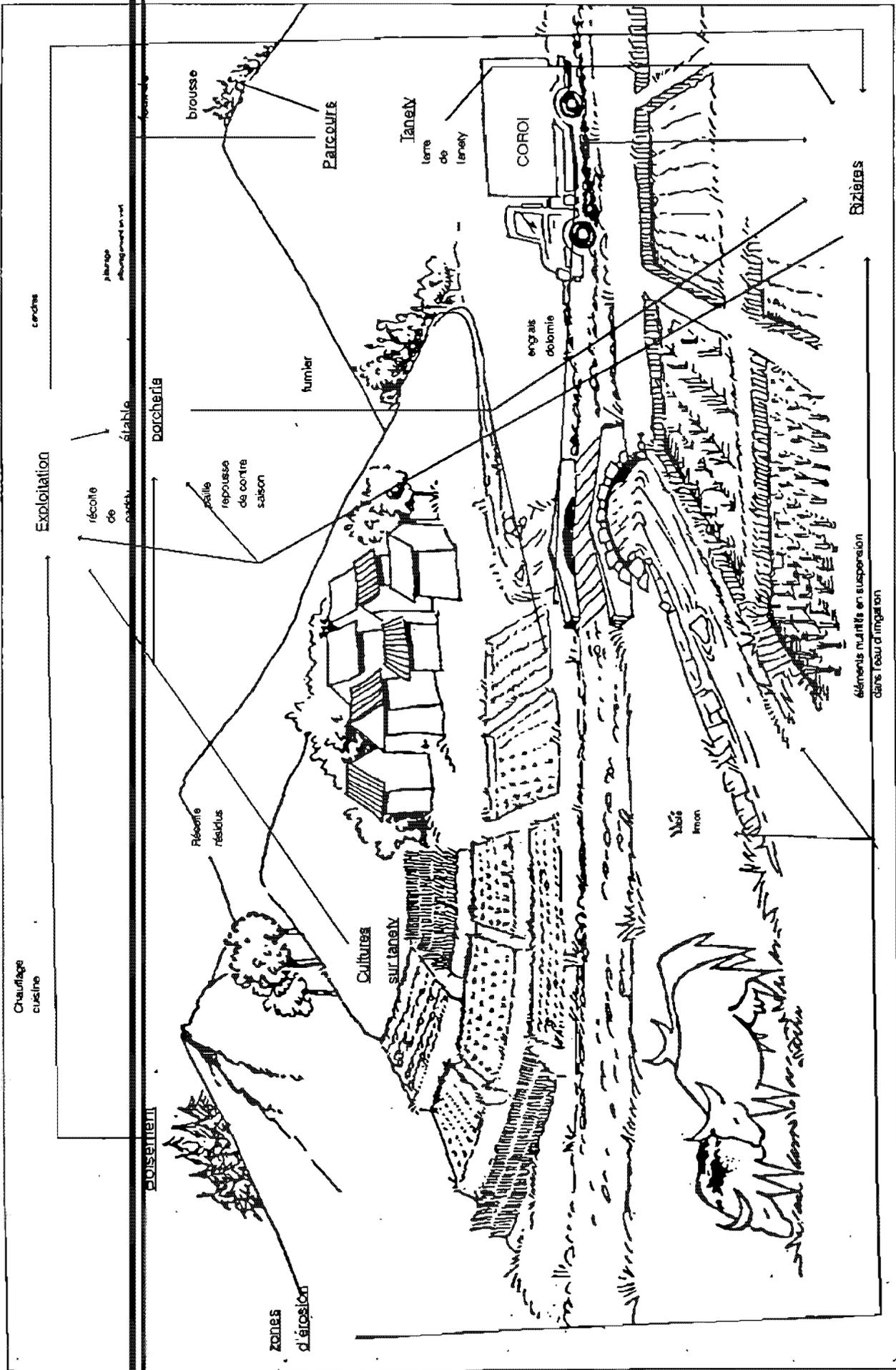


Figure 1. représentation synthétique des transferts de fertilité dans le paysage

Les transferts de fertilité

Il n'est pas possible d'en rester à l'observation des pratiques, des solutions pour les améliorer peuvent être identifiées dans les nouvelles filières qui se mettent en place.

Il existe un certain nombre de facteurs sur lesquels le paysan des Hautes Terres malgaches peut jouer en affectant ces facteurs en fonction de stratégies et de la tradition:

le travail (et la force de travail pour les exploitants qui peuvent bénéficier de traction animale) qu'il produira avec sa famille en fonction des spéculations et des parcelles

les revenus et certains produits utilisés dans des échanges en nature (ou pour thésauriser) qu'il affectera pour acheter des intrants ou du travail;

le terrain sur lequel il décidera de mettre telle spéculation (ou association) plutôt que telle autre, de cultiver ou de mettre en jachère;

la matière organique à laquelle il pourra affecter plus ou moins de travail (quand elle est fabriquée sur l'exploitation), plus ou moins d'argent quand elle est achetée.

Il est possible d'élaborer un certain nombre d'hypothèses et de les vérifier à partir des données disponibles.

Pour la gestion de l'eau, les pratiques sont très fortement conditionnées par la situation dans le paysage et par une prise en compte du risque climatique à travers des règles traditionnelles intégrant la variabilité dans le temps.

Pour ce qui concerne la matière organique, les techniques de collecte de fabrication, d'épandage sont d'autant plus fines que la disponibilité en matériau transférable et en surface cultivable est plus faible.

Pour l'utilisation des engrais minéraux, les pratiques sont liées à l'avantage économique de ce type de fertilisation et aux difficultés d'approvisionnement.

Il existe une variabilité des stratégies et des traditions correspondant à une variété des conditions du milieu et à la connaissance de la variation de ces conditions comme, par exemple le type de fertilisation en fonction de la couleur du sol ou de la position de la parcelle dans le paysage.

ou de ruissellement de l'eau de pluie, sur rizière par la constitution d'un horizon imperméable ou par une recherche de drainage.

La description de la maîtrise de l'eau sur les rizières comme sur les pépinières peut être réalisée grâce aux enquêtes du suivi-évaluation de l'ODR. En reprenant les données de ces enquêtes il est possible d'être frappé par la constance avec laquelle, d'année en année²⁵³, les paysans déclarent ne pas avoir de problèmes de maîtrise de l'eau.

Pour les pépinières et les rizières enquêtées pendant la saison 1988-1989²⁵⁴, dans la très grande majorité des cas, la maîtrise de l'eau était considérée comme suffisante.

Tableau 1 Appréciation de la maîtrise de l'eau par les paysans (données du suivi évaluation de l'ODR saison 1988-1989)

	Pépinière Antsirabe	Pépinière Ambositra	Rizière Antsirabe	Rizière Ambositra
Alimentation en eau satisfaisante	92 %	96 %	77 %	85 %
Drainage suffisant	94 %	99 %	91 %	95 %

Le choix de l'emplacement de la pépinière est réalisé avec un grand soin, à la fois pour des questions d'alimentation en eau (la pépinière est pratiquement toujours mise en place pendant la saison sèche), et de température. Il s'agit en effet de surfaces beaucoup plus petite que les rizières²⁵⁵ et d'une étape cruciale pour la riziculture.

Des explications peuvent être trouvées à ces fortes proportions de satisfaction²⁵⁶ : d'une part, cette maîtrise hydraulique est le fruit d'un long travail aboutissant à des aménagements, petits et grands, qui ont été réalisés depuis des décennies et parfois des siècles au niveau de la parcelle comme au niveau de la vallée, d'autre part les paysans ont pris l'habitude des aléas liés à l'irrigation et au drainage et ont tendance à ne pas les déclarer comme des problèmes importants lors de ces enquêtes. Le suivi de quelques saisons de culture ainsi que des discussions un peu plus approfondies avec les riziculteurs permettent de comprendre que la situation est loin d'être aussi bonne que ce que ces chiffres peuvent laisser apparaître. Les retards dans le repiquage ou les nombreux échecs des tentatives de rizipisciculture dus au manque d'eau ou à la fréquence des inondations observés chaque année en attestent.

Ces pépinières et ces rizières avaient pourtant été échantillonnées avec soin pour représenter l'ensemble des rizières et des pépinières de la région. Les parcelles échantillonnées se trouvaient réparties sur des réseaux de petits périmètres irrigués ou micro-périmètres (cf

²⁵³ Les données présentées infra concernent la saison 1988-1989. La stabilité des données concernant l'irrigation aurait permis d'utiliser indifféremment les données d'autres saisons.

²⁵⁴ 872 rizières et 623 pépinières réparties sur les circonscriptions d'Antsirabe et Ambositra

²⁵⁵ la proportion généralement admise est de 1/20^e

²⁵⁶ qui permettraient de douter de la pertinence de tout travail ayant pour objectif la réhabilitation de réseaux hydrauliques

322), réhabilités ou non, sur des réseaux traditionnels ou dépendaient de sources pour leur alimentation en eau.

Tableau 2 Répartition des pépinières et rizières échantillonnées selon le réseau d'alimentation (données des enquêtes du suivi évaluation ODR saison 1988-1989)

	Pépinière Antsirabe	Pépinière Ambositra	Rizière Antsirabe	Rizière Ambositra
Réseau réhabilité	6 %	9 %	10 %	9 %
Réseau non réhabilité	11 %	5 %	25 %	6 %
Réseau traditionnel	53 %	76 %	57 %	76 %
Source	31 %	10 %	8 %	9 %

Si les différences entre situation de rizière et de pépinière sont peu importantes à Ambositra, il n'en est pas de même à Antsirabe où la forte proportion de pépinières alimentées par des sources peut être expliquée par la recherche d'une indépendance vis à vis des réseaux. Le croisement des variables type de réseau, satisfaction des besoins en eau ne fait pourtant pas apparaître de différences importantes si ce n'est une petite amélioration grâce à la réhabilitation.

Les soins apportés pour l'aménagement de la parcelle apparaissent à l'examen des données concernant l'existence d'un canal d'irrigation et de drainage²⁵⁷.

Tableau 3 Présence des canaux d'irrigation et de drainage dans la parcelle (source données des enquêtes du suivi évaluation ODR saison 1988-1989)

	Pépinière Antsirabe	Pépinière Ambositra	Rizière Antsirabe	Rizière Ambositra
Présence du canal d'entrée	92 %	96	98 %	90 %
Présence du canal de sortie	89 %	94 %	98 %	93 %

La stabilité des pratiques de gestion de l'eau pour la riziculture est un phénomène qu'il n'est pas possible de négliger. Marnay (1971) remarquait déjà que la méthode améliorée d'irrigation des pépinières²⁵⁸ n'avait pas été adoptée: après plusieurs années de vulgarisation de la méthode, plus de 97 % des pépinières d'Antsirabe et d'Ambositra continuaient à être irriguées de façon traditionnelle. Il est également possible d'y voir un obstacle aux nouvelles techniques de répartition de l'eau dans la réhabilitation des PPI²⁵⁹ entraînant parfois la destruction des ouvrages modifiant la gestion (régulateurs, partiteurs) pour revenir au système antérieur. Les usagers acceptent une amélioration des ressources en eau par une augmentation

²⁵⁷ le mot canal est exagéré: il s'agit bien souvent d'un simple trou dans les diguettes supérieures et inférieures. Il peut parfois s'agir d'un canal long de plusieurs kilomètres alimentant quelques parcelles isolées.

²⁵⁸ 301 heures mais non inondé pendant les trois premiers jours, lame d'eau couvrant les plants jusqu'au dixième jour, irrigation nocturne seulement jusqu'au repiquage. La méthode traditionnelle consiste en une irrigation permanente.

²⁵⁹ cf en 322 la recherche d'une égalité dans l'accès à l'eau

des débits en tête ou une progression dans l'efficacité des réseaux mais ils refusent le plus souvent des modifications dans la gestion. Ramamonjisoa (1985) avait déjà déduit d'autres expériences combien la participation paysanne doit être prioritaire dans toute opération d'aménagement agricole.

C'est aussi une difficulté du système de riziculture intensive (SRI) qui a la faveur des médias à Madagascar en ce début des années 1990. Une des techniques préconisées dans ce système consiste en une "conduite de l'irrigation au minimum d'eau" avec des assecs fréquents afin de favoriser l'oxydation du profil. C'est une raison de réticence des paysans qui ne possèdent pas une excellente maîtrise de l'eau permettant d'irriguer à volonté. En cas de déficit hydrique, ils ne peuvent plus lutter contre les mauvaises herbes, produire du poisson ou encore avoir, avec la lame d'eau, un tampon thermique suffisant.

Les aménagements des parcelles de collines concernent surtout la lutte contre l'érosion et sont moins importants. Il s'agit essentiellement d'empêcher les courants trop importants d'eau pluviale qui provoquent des dégâts dans la parcelle cultivée.

Dans un souci d'amélioration de la mise en valeur de l'espace d'une part, des conditions de production d'autre part, les deux systèmes d'aménagements ne peuvent cependant être considérés de façon indépendante.

Les pratiques peuvent être regroupées en fonction des situations.

Lorsque la quantité d'eau est insuffisante avec une fréquence relativement grande, les pratiques de gestion de l'eau viseront une économie, une concentration et une récupération de toute l'eau disponible.

Sur rizière, une première conséquence sera l'absence de drainage pendant la saison sèche malgré les avantages de l'oxydation du profil (minéralisation de la matière organique, élimination des substances réduites toxiques) bien connus des paysans. Leroy (1926)²⁶⁰ décrit comme traditionnel ce labour de fin de cycle quand la quantité d'eau à apporter pour le repiquage ne pose pas de problèmes: *"les cultivateurs malgaches (...) retournent ainsi de grosses mottes donnant de loin, l'aspect d'un gros labour de défoncement. Ces mottes restent exposées au soleil et à l'air ce qui favorise la destruction des mauvaises herbes et l'action des agents atmosphériques. La rizière reste dans cet état, jusqu'au moment du repiquage. Ainsi nos riziculteurs malgaches sans en connaître la cause apportent le plus grand soin à l'aération du sol. Dans ce but, ils vont même jusqu'à découper à la surface des rizières des mottes carrées qu'il empilent comme pour le séchage des briques"*. Chabanne (1990) a montré des différences significatives entre un drainage et labour de fin de cycle qui permettent d'augmenter le rendement de 20 % par rapport à un labour de début de cycle. Cependant, beaucoup de riziculteurs se privent des avantages apportés par l'oxydation du profil pour que la quantité d'eau à apporter au moment de la mise en boue pour le repiquage soit la moins importante possible.

²⁶⁰ p 46

La constitution d'un horizon imperméable à faible profondeur est aussi liée à l'économie d'eau même si cet horizon limite le profil prospecté par les racines. Certains paysans regrettent l'abandon du piétinage par les boeufs tel qu'il était pratiqué autrefois parce que, disent ils, cette technique est plus favorable à la constitution de cet horizon imperméable que le labour qui mélange les horizons à chaque passage²⁶¹. Dans le même but les eaux très chargées en éléments fins pourront être orientées sur les rizières "passoires" pour colmater les sols sableux.

Certains auteurs comme Rakotomanana (1991) pensent que les feux de brousse sont des feux de dénudation permettant de récupérer rapidement les eaux des premiers orages (moment où le besoin en eau est le plus important cf 314) en favorisant le ruissellement qui peut atteindre 60 à 70 %. S'il est indéniable que les feux de brousse existent et qu'ils favorisent le ruissellement, cet objectif de récupération rapide des eaux n'a jamais été confirmé par les paysans interrogés qui reconnaissent le rôle de ces feux dans la régénération des pâturages mais estiment très négatifs les conséquences sur les rizières à cause de l'ensablement²⁶² provoqué par l'érosion.

D'autres techniques, comme les barrages sur les drains pour alimenter des rizières situées en aval ou pour remonter le niveau de la nappe, provoquent des désaccords avec les gestionnaires de périmètre qui considèrent qu'un drain est fait pour drainer et non pour irriguer et que la mise en place de batardeaux sur ces drains entraîneraient des conséquences graves dans le cas de crues subites.

Rasamoelra (1992) cite également pour Ampetsapetsa (Ambohibary) le tsipy rano qui consiste en un arrosage des rizières en remontant avec une cuvette l'eau à partir de réservoirs creusés dans un coin de la parcelle.

On est surpris par les faibles réalisations de curage et de faucardage des canaux alors qu'il s'agit d'entretiens essentiels pour une bonne efficacité des réseaux. De même, les gaspillages, par retour à la rivière de l'irrigation des parcelles situées en amont des canaux, les divagations d'animaux dans les canaux compromettent aussi leur bon fonctionnement. Il faut sans doute chercher la réponse dans une faible conscience de la responsabilité individuelle sur un patrimoine commun quand un nombre trop élevé d'acteurs sont concernés par ce patrimoine (cf la tragédie des communaux en 314). L'opposition entre la finesse des pratiques individuelles observées dans certains endroits et de grosses négligences handicapant le fonctionnement général devrait davantage être pris en compte par les gestionnaires de réseaux.

Pour les cultures pluviales aussi, le manque d'eau représente parfois le facteur limitant le plus important. C'est ce qui conduit la mise en place de dispositifs pour assurer une bonne diffusion de l'eau de pluie, en rehaussant la partie aval des parcelles jusqu'à constituer

²⁶¹ La diminution du piétinage pour la préparation des rizières serait due à la diminution des boeufs disponibles pour ce travail et non à la supériorité du labour sur le piétinage. "Ce procédé est évidemment barbare. il épuise rapidement les animaux, mais il faut reconnaître qu'il produit après bon travail. Les mottes sont absolument brisées, réduites à l'état de boue, les herbes sont enfoncées par les ongles des boeufs. Après le piétinage, le sol de la rizière est transformé en une boue molle, parfaitement divisée et très apte à recevoir le riz repiqué" Leroy (1926, p.47). La constitution d'une semelle de labour serait moins efficace que le piétinage.

²⁶² assang : inondations au sens d'apport négatif de matériaux grossiers (Blanc Pamard, 1985)

parfois de véritables terrasses, ou en buttant les plants. La constatation de ces problèmes d'alimentation en eau avait conduit Marchand (1903) agent de culture à la station de Nanisana à tester et proposer une irrigation par retenue et infiltration des eaux pluviales.

"Si beaucoup de mamelons d'Emyrne sont stériles, cela tient certainement en grande partie à la composition du sol, mais également à l'excès de sécheresse, ou plutôt au manque de perméabilité des terres rouges et à la grande inclination des pentes, ce qui fait que les eaux pluviales glissent à la surface du sol et l'humectent très peu.

Il serait facile de retenir ces eaux de pluie sur les pentes sans trop de frais et peut être de rendre possible, sur les coteaux du centre, certaines cultures arbustives peu exigeantes".

90 ans après, les techniques détaillées dans la note ne sont pas utilisées mais n'ont rien perdu de leur pertinence et de leur intérêt pour protéger l'environnement, valoriser les tanety, régulariser les débits des sources rivières...

Lorsque les conditions hydromorphes sont trop importantes ou que la quantité d'eau est trop grande, il faut éliminer l'eau en excès.

C'est la raison des tolaka²⁶³ sur colline qui font sursauter les protecteurs de l'environnement. Ceux-ci y voient que de gros billons dans le sens de la pente favorisant l'érosion. En réalité, sur les sols ferrallitiques bruns humifères développés sur volcanisme ancien, la richesse en matière organique et la structure empêchent de gros départs de matières et il est nécessaire pour y installer des cultures comme la pomme de terre, de drainer le milieu hydromorphe superficiel.

Situés en amont des parcelles de tanety, c'est aussi la raison des fossés de protection "ariaka"²⁶⁴ pour dériver les eaux de pluie qui peuvent emporter les semences, jeunes plants ou creuser de profondes griffes d'érosion dans la parcelle. Si les parcelles protégées par ces fossés ne connaissent pas de problèmes d'érosion trop importants, il n'en est pas de même pour l'aval: en effet, en concentrant l'eau de pluie, les fossés engendrent souvent des dégâts importants.

D'après les données du suivi évaluation de l'ODR²⁶⁵, 32 % des parcelles avaient un fossé de protection et 22 % un talus de terrasse. Des différences peuvent être notées entre zones: à Betafo ouest, 23 % des parcelles avaient un fossé et 12 % un talus; 40 % des parcelles enquêtées à Antanifotsy possédaient un fossé et 33 % de celles d'Antsirabe sud, un talus. Les raisons données pour l'absence d'aménagement sont le manque d'habitude et la "non nécessité" à Betafo ouest, zone caractéristique de pratiques plus extensives dans le Moyen Ouest. Dans les autres zones, conscients des problèmes d'érosion, les enquêtés avancent

²⁶³ Aja tolaka et asa tototra ont été décrits par Rasamoelina (1992)

²⁶⁴ cf Blau Pamard (1985)

²⁶⁵ enquêtes réalisées pendant la saison 1990-1991 portant sur 613 parcelles de culture pluviales dans les huit zones de développement de la Circonscription d'Antsirabe

plutôt le manque de main d'œuvre disponible pour ces travaux notamment dans les endroits où le travail hors exploitation est important (Antanifotsy et Antsirabe). Les problèmes de techniques (inconnues ou inadaptées) sont également évoquées dans toutes les zones. La constitution de talus avait pourtant été préconisée et démontrée pendant le GOPR. De nombreux paysans interrogés à ce sujet se souviennent des démonstrations. L'analyse de l'abandon progressif de ces méthodes à la disparition du projet, la comparaison avec les cycles de mise en place et de repli d'une trame de lutte antiérosive au Rwanda semble indiquer la difficulté d'aménagements de parcelle pour les cultures pluviales si une incitation ou une coercition forte n'existent pas. Contrairement aux aménagements pour l'irrigation dont les effets peuvent être immédiatement perçus par le paysan, ces aménagements pour les cultures pluviales portent souvent sur le moyen ou le long terme. Lorsque l'agriculture représente plus une survie qu'une possibilité de vivre correctement et durablement sur ces terres, ces aspects sont négligés.

Les conséquences de l'absence ou de l'inadaptation des aménagements sur les bassins versants sont très importantes dans certains périmètres: canaux bouchés, rizières ensablées, crues et faibles débits d'étiage. A Manandona, sur le réseau de la rive gauche, il est nécessaire de curer le canal après chaque grande pluie. A Ambohibary, sur le réseau Sarotrakoto, les apports de matériaux par l'érosion sont si importants qu'il a été nécessaire de recouvrir le canal sur une grande longueur, augmentant considérablement les coûts de la réhabilitation. Dans les années 1960, les services du Génie Rural avaient aménagé le bassin versant dominant ce réseau avec des ouvrages en pierre sèche ou maçonnés. L'absence d'entretien de ces ouvrages a rendu la situation pire qu'avant: ce sont eux, maintenant, qui, morceau par morceau vont combler les canaux.

Pendant la Première République, la politique de reboisement²⁶⁶ a donné de bons résultats. L'incitation à la plantation en procurant matériel végétal et conseils techniques, en assurant la possibilité d'exploiter et peut être en subventionnant les plantations réussies, semble une des seules solutions pour enrayer la dégradation de ces bassins versants. Les systèmes de culture à couverture permanente du sol (Séguy, 1991) devraient permettre, si l'adaptation aux systèmes de production des Hautes Terres est réussie, une conservation et une amélioration des aptitudes à produire des sols de culture pluviale.

Sur rizière, les pratiques visent un ajustement du niveau de la parcelle par rapport au canal d'irrigation et au drain. Si la parcelle est trop haute pour le canal d'irrigation et que le sol est tourbeux, il est possible de brûler un peu de tourbe pour abaisser le niveau. Si la parcelle est trop basse pour être drainée, il est possible d'apporter de la terre de tanety. Une des raisons de ces apports²⁶⁷ est certainement, avant tout, de réguler les niveaux topographiques. Il s'agit d'une technique surprenante des Hautes Terres malgaches rencontrées sur les rizières

²⁶⁶ ordonnance 62.096 du 1er octobre 1962 : tous les habitants de 18 à 60 ans doivent planter 100 arbres sous peine de 100 francs d'amende; cette obligation est réduite à 50 arbres par le décret 63.032 du 24 décembre 1963; en 1970, la participation au reboisement national était réduite au paiement d'une taxe de 100 francs pour toute personne du sexe masculin âgé de 21 à 50 ans reconnu non valide (loi 70.025 du 23 décembre 1970). Cette dernière loi a donné un coup de frein important aux plantations et le décret 85.072 du 13 mars 1985 déterminant une nouvelle politique d'actions en faveur de l'arbre n'a pas réussi à relancer la plantation dans la région.

²⁶⁷ avec les apports directs d'éléments minéraux, de compaction de la tourbe, les effets détoxifiants (les apports de sols rouges oxydés en rizière réduisent la réduction, diminuent la toxicité manganique, H₂S et la libération de CH₄), De Giudici communication personnelle.

d'altitude (plus de 1300 mètres) aux niveaux de matière organique élevés. Des quantités importantes²⁶⁸ peuvent être apportées périodiquement²⁶⁹ en charrette.

A Ambohibary, les photographies aériennes montrent pour une part importante de la plaine, des alternances de parcelles en culture pluviale à côté de rizières. Il s'agit, là aussi, d'un mode de régulation des niveaux: les parcelles pour lesquelles la côte du canal d'irrigation est légèrement trop basse seront creusées et la terre apportée sur d'autres parcelles qui deviendront strictement pluviale.

L'eau nourrit le riz disent les paysans cités par Blanc Pamard (1985). L'eau d'irrigation contient en effet des éléments en suspension: les paysans qui en ont l'intuition l'expriment par le terme "*zezika tsy hita maso*: fumier qu'on ne peut pas voir à l'oeil nu". Ces éléments sont certainement essentiels dans la stabilité des rendements obtenus sans intrants depuis des décennies, compensant les exportations des cultures avec la mobilisation de ressources supplémentaires dans le sol. Il s'agit d'ailleurs d'un équilibre présentant des risques de rupture si les techniques culturales sont trop modifiées. Dans le système de riziculture intensive déjà cité, si les modifications des techniques culturales permettent une augmentation du rendement et qu'il n'y a pas d'apport complémentaire (les pailles ne sont pas restituées étant utilisées pour l'alimentation du bétail, le fumier est réservé à d'autres usages, les engrais sont considérés dans cette technique comme coûtant systématiquement trop cher), le risque est grand de voir les rendements baisser rapidement.

Rakotomahana (1991) mesurant l'érosion sur des bassins versants montre que le sol entraîné, retrouvé en partie dans l'eau d'irrigation, a un pH compris entre 6.4 et 6.9, supérieur d'une unité au sol en place, un taux remarquable de P_2O_5 et une teneur en base échangeable supérieure au sol en place. Son hypothèse implicite est de justifier la suppression du couvert végétal par la possibilité d'apporter sur rizière des éléments minéraux enlevés par l'érosion ainsi que des cendres issues des feux de brousse (entraînées par la pluie et le vent). Ces concentrations par transfert de fertilité des tanety vers les rizières seraient calculées et recherchées par les riziculteurs. Il est vrai que les quantités érodées sont beaucoup plus importantes pour des sols nus que pour des sols portant une végétation abondante.

Tableau 4. Pluviométrie, drainage, pertes minérales cumulées sur quatre années à Manankazo (Rakotomahana, 1991)

Couvert	pluie mm	Drainage mm	Pertes (kg ha ⁻¹)			
			N	K	Ca	Mg
fauché	6800	3330	1	12	22	4
Brachiaria	6800	4570	51	109	62	21
sol nu	6800	4490	368	223	167	121

²⁶⁸ les mesures réalisées ont donné des quantités variant de 10 à 300 tonnes par hectare

²⁶⁹ tous les 5 à 10 ans généralement

La concentration des tanety vers les rizières est irréfutable, cependant les enquêtes informelles réalisées sur ce sujet ne confirment pas cette pratique comme résultant d'un objectif délibéré pour les paysans.

Il n'en est pas moins vrai que le rapport bassin versant sur rizière, le couvert végétal de ce bassin versant, la longueur de canal avant la parcelle, la vitesse de l'eau dans ce canal joueront de façon importante sur le complément minéral apporté par l'eau d'irrigation.

La valorisation de l'eau d'irrigation peut être double dans le cas de productions associées. La rizi-pisciculture permet, par exemple d'obtenir sur la même parcelle du riz et du poisson. Si les techniques traditionnelles sont peu efficaces²⁷⁰, les techniques proposées par le projet rizi-pisciculture FAO²⁷¹ permettent de produire une valeur équivalente de poisson et de riz sans perte de production pour le riz²⁷². Une des contraintes les plus importantes à l'heure actuelle pour le développement de ces techniques réside dans les problèmes de maîtrise hydraulique. Les inondations comme les assecs prolongés compromettent en effet chaque année la production piscicole de nombreuses parcelles.

L'azolla peut également être une production associée au riz. Son intérêt économique pour améliorer la nutrition azotée du riz n'est pas encore complètement démontré pour les Hautes Terres malgaches. Cette association symbiotique entre une fougère aquatique et une cyanobactérie fixatrice d'azote est connue des riziculteurs (ramilamina) qui l'utilisent peu et cherchent même parfois à l'enlever, lui reprochant de refroidir l'eau des rizières d'altitude. Les facteurs limitant l'utilisation de l'azolla en riziculture ont été décrits par Roger (1991). Pour les Hautes Terres malgaches les questions de température²⁷³, et surtout de phosphore, facteur clé du développement de l'azolla dont l'addition est requise dans la majorité des sols, semblent constituer le principal frein actuellement. L'intérêt de la production associée semble plus grand pour certains paysans qui, appuyés par le projet ECODEV²⁷⁴, extraient régulièrement l'azolla de leurs rizières pour l'alimentation de leurs poules ou de leurs porcs.

A la diversité des situations hydrauliques correspond donc une grande diversité de pratiques intégrant un nombre important de contraintes climatiques, hydrauliques, foncières, liées à la tradition. Les remises en question de ces pratiques trop rapides négligent des paramètres importants de variation dans l'espace et dans le temps. Il existe cependant de nombreuses modifications à proposer mais ces propositions ne pourront être réalisées qu'après un examen attentif de la justification des pratiques actuelles.

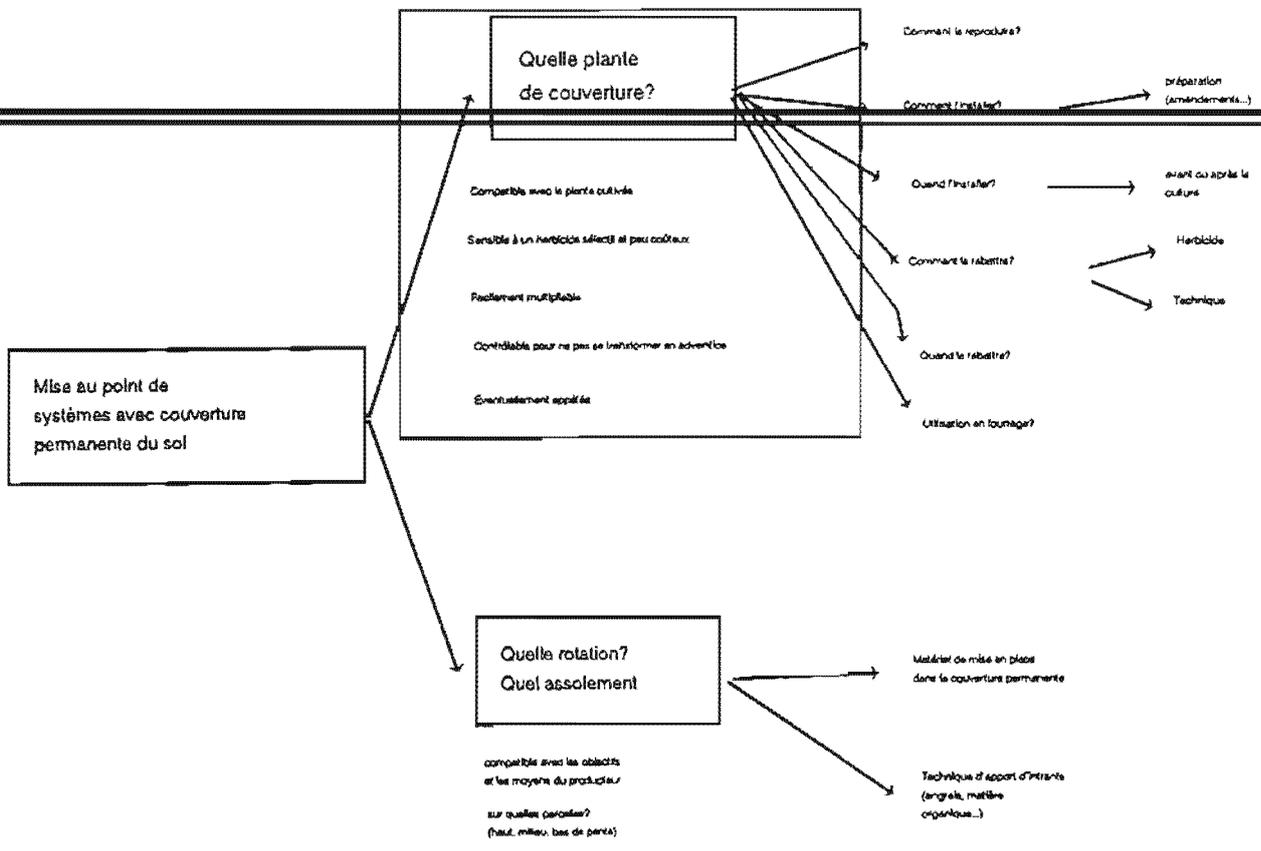
²⁷⁰ Il s'agit essentiellement de la pêche de quelques alevins dans les rivières pour les mettre dans les rizières

²⁷¹ aménagement de la rizière avec un trou refuge et des drains périphériques, utilisation de la carpe royale, alimentation du poisson avec les déchets du ménage (Janassen, 1993)

²⁷² sur 10 ares il est facile de produire 20 kg de poisson qui, vendus à 2000 fmg, rapporteront 40 000 fmg. La faible perte de surface en riz occasionnée par les aménagements sera largement compensée par les augmentations de rendement autorisées par la fertilisation et l'élimination des ennemis du riz réalisés par les poissons. 2.5 tonnes de paddy à 200 fmg rapporteront 50 000 fmg

²⁷³ la température moyenne optimale est comprise entre 20 et 30 °C supérieure aux températures moyennes rencontrées en altitude

²⁷⁴ ONG Malgache Ecologie et Développement



Quelques questions pour la mise au point de système avec couverture permanente du sol

Pour les cultures pluviales, un domaine nouveau de recherche sur les systèmes à couverture permanente du sol devrait voir le jour. Les avantages, décrits dans des conditions similaires²⁷⁵, sont nombreux: réduction du travail du sol, suppression de l'érosion, amélioration progressive de l'horizon cultivable (structure, vie microbienne, caractéristiques hydriques...), limitation des attaques de vers blancs, lutte contre les adventices (étouffement, compétition pour la lumière, -allélopathie?-²⁷⁶, réduction du stock semencier)... Mais des itinéraires techniques avec ces systèmes à couverture permanente du sol, compatibles avec les moyens et les objectifs des producteurs sont difficiles à mettre au point. Après quelques expérimentations intéressantes, de nombreuses questions restent posées (figure). Un travail très important par une équipe dont ce serait le seul objectif de recherche reste donc à conduire en s'appuyant sur les résultats du Brésil et de La Réunion.

²⁷⁵ au Brésil -Parana- (Séguy, 1992) sur sols ferrallitiques plus ou moins humifères: pH bas < 5, Ca et Mg bas < 1 meq/100g, Matière organique > 10, C/N > 15

²⁷⁶ inhibition chimique par une plante vivante ou morte sur la germination ou le développement d'autres plantes

5.2 MINÉRALISER OU ACCUMULER: LA MATIÈRE ORGANIQUE AU CENTRE DE LA GESTION DE LA FERTILITÉ

Parmi les facteurs sur lesquels le paysan de Hautes Terres malgaches peut jouer en fonction de ses stratégies, de la tradition et de sa connaissance du milieu, la matière organique occupe une place prépondérante. Le fumier peut jouer des rôles différents selon les conditions.

Dans certains cas, comme dans les rizières très organiques, le paysan cherche à diminuer le taux de matière organique vers le niveau de 4 % considéré comme optimum par les agronomes et par les paysans. Le fumier est alors utilisé comme ferment pour accélérer la minéralisation.

Dans d'autres cas, comme sur les sols ferrallitiques utilisés en culture pluviale, les apports de fumier représentent une condition nécessaire pour créer un environnement favorable à la croissance de la plante du point de vue de la disponibilité en éléments minéraux, de la capacité d'échange cationique²⁷⁷ ou de la réserve en eau.

Il est donc important de s'intéresser aux pratiques concernant la matière organique: fabrication, choix des sites ou des cultures prioritaires, régionalisation, évolution.

5.2.1 La fabrication du fumier

Les pratiques variées d'apport de matière organique sont fonction du milieu, de ses disponibilités et s'apparentent parfois à des recettes de cuisine tant sont nombreux les ingrédients qui peuvent entrer dans la composition du "zezika"²⁷⁸.

La base de ce fumier est constituée par les déjections animales. Dans l'histoire des rois malgaches, une des premières pages est consacrée à la nécessité du parc à boeuf: "*Chez le peuple, il convient d'ajouter la construction d'un parc à boeufs. Que l'on possède ou non des animaux, peu importe, le parc est de rigueur. C'est en tout cas un endroit pour rassembler les résidus, déchets, débris divers qui serviront pour les rizières*" (Callet, 1908). L'utilisation du fumier est certainement très ancienne, déjà décrite par Mayeur en 1785.

Les déjections animales sont si importantes que l'on rencontre souvent des enfants qui en ramassent dans des "sobika" (paniers) sur les parcours. Il est nécessaire d'y ajouter des déchets végétaux comme les pailles et fanes résidus de récolte, du "bozaka"²⁷⁹ (Aristida sp.) coupé sur les tanety, des feuilles d'aloès ou de légumineuses arbustives (mimosa) ainsi que

²⁷⁷ Les amendements organiques interviennent également en libérant du phosphore fixé, par substitution de composés organiques au niveau des hydromorphes de fer et d'aluminium et par complexation de l'aluminium échangeable (diminution de la toxicité aluminique responsable de la faible fertilité physico-chimique de ces sols) de Giudici, 1990

²⁷⁸ dont fumier est une traduction approximative

²⁷⁹ Aristida ascensionis, Aristida mulicaulis dont le vrai nom malgache serait Kifafa. Toutes les graminées des prairies brûlées fréquemment sont dominées par les Aristida confondues sous le nom générique de Bozaka = herbe

les cendres qu'elles proviennent du foyer ou qu'elles aient été fabriquées spécialement pour enrichir le fumier.

Les sources d'information sur ces pratiques paysannes sont relativement diversifiées. Il s'agit essentiellement

- des enquêtes des avant projets sommaires de réhabilitation portant sur les quatre PPI du Vakinankaratra qui concernent les achats, les choix de parcelle et les techniques d'utilisation,
- des avant projets sommaires des neuf PPI des Cirva d'Antsirabe et Ambositra qui permettent pour leur part d'apprécier au niveau de l'exploitation, périmètre par périmètre les quantités achetées, leur prix et leur destination. Il est donc possible de savoir qui a recours à des achats de matière organique et pourquoi.

Mais les achats, s'ils sont importants à comprendre pour apprécier les stratégies ne concernent qu'une petite partie de la matière organique employée, l'essentiel étant produit sur l'exploitation. Les enquêtes de suivi évaluation de l'ODR²⁸⁰ examinent parcelle par parcelle, sur rany, sur rizière et sur pépinière, l'utilisation de cette matière organique, les techniques d'application, la provenance, le transport et la main d'oeuvre utilisée. La présentation des résultats d'enquête par zone ou par Cirva fait apparaître la variabilité à l'intérieur de la région étudiée.

En plus des nombreuses observations directes sur le terrain, il est possible de se référer à des approches plus qualitatives réalisées par Rakoto (1991) en Imerina ainsi que dans certaines régions du Vakinankaratra (Laconde et Roudaut-1991 par exemple).

LES TECHNIQUES DE FABRICATION

Ces techniques sont variées entre les zones et les périmètres de la région. Le soin dans la préparation est très liée à la densité de population et, de façon négative, au cheptel et à la biomasse disponible. A Mandoto ou à Soavina on se contentera bien souvent de poudrette de parc (déjections non pailées), à Ambohibary, Faratsiho ou Ambohimandroso, les techniques de fabrication pourront être très élaborées.

le fumier de parc ou zezi-pahitra

Le parc à boeuf décrit par Rakoto (1991) "ne peut se concevoir sans la litière de graminées. En saison des pluies, cette litière a une double fonction: recouvrir les déjections des animaux et constituer à terme, le zezi-pahitra, "engrais du parc" destiné aux rizières. On alimente ainsi la litière en graminées, dès que la pluie rend boueux le lieu de stabulation nocturne. Il est préférable de déverser un matériel végétal asséché depuis plusieurs jours.

²⁸⁰ Une grande partie des informations contenues dans les questionnaires d'enquêtes du suivi évaluation de l'ODR comme des Avant Projets Sommaire de réhabilitation n'a jamais été analysé ni même dépouillé. Une part importante du travail a consisté en une reprise des données de base pour en retirer les informations intéressantes.

La récolte de ces plantes herbacées est sélective et délaisse les espèces dont la tige se décompose très lentement, comme, par exemple, Aristida²⁸¹. Les tiges arrivent au parc en touffes d'environ quarante centimètres de longueur, avec la partie terreuse superficielle qui "augmente la quantité d'engrais". A ces graminées s'ajoutent d'autres matériaux herbacés: les restes de ration de paille de riz servie au parc, les feuilles du maïs consommé par le ménage et, dans l'Est de l'Imerina, même le laim-bary²⁸² est récupéré pour la litière. Urines et déjection se déposent sur cette litière. Les boeufs piétinent l'ensemble et la décomposition qui s'ensuit est le processus essentiel qui le fait mûrir et permet d'obtenir l'engrais. Plus il y a de précipitations, plus il faut apporter de graminées pour offrir une couche sèche aux animaux: la production d'engrais sera d'autant plus importante."

Cette description est valable pour les zones à forte densité de population et forte intensité culturale. La fabrication de fumier de parc dans le Moyen Ouest est extrêmement simplifiée notamment par l'absence de transfert de fertilité des tanety et des rizières vers le parc. Les résidus de culture sont souvent brûlés pour la cuisine et ce ne sont que les cendres qui sont jetées dans le parc. De plus, les animaux se nourrissent pendant la journée sur les parcours mais il est rare que de la nourriture leur soit donnée au parc. Les adventices provenant du sarclage des rizières sont également apportées (souvent après séchage pour les exploitations des Hautes Terres). Du fait de la fréquence moindre des sarclages dans le Moyen Ouest, de la distance parcelles domicile supérieure, il n'y a généralement pas utilisation de ces adventices dans les parcs. Le produit obtenu dans les parcs du Moyen Ouest diffère de celui des Hautes Terres par la quantité obtenue par animal, la richesse chimique et l'aspect.

Le calendrier de fabrication

La pratique la plus courante consiste à sortir le fumier de la fosse ou du parc au mois de juillet août et à l'entasser près du parc dans un endroit à l'abri du soleil et de la pluie, puis à le transporter au champ pour l'épandre après le labour²⁸³.

Ce calendrier traditionnel est bousculé dans les exploitations qui pratiquent la culture de contre saison sur rizière. L'épandage ayant lieu avant cette culture, la maturation du produit est modifiée par un temps moins long entre la sortie du parc ou de la fosse et l'application.

A partir du mois de septembre, pendant la période précédant les pluies, on apporte dans la fosse des tébris de végétation naturelle bozaka, sorokahitra²⁸⁴, tambilona²⁸⁵, sciure de bois, fanes des cultures, adventices, déchets ménagers (épluchures, cendres). Pendant toute la saison des pluies on rajoute les mêmes produits lorsque le parc commence à s'embourber.

²⁸¹ Cela ne semble pas vrai pour le Vakimankaratra et le Nord Betsileo où une grande partie du paillage est constitué avec de l'Aristida.

²⁸² matière végétale intercalée entre les pieds de riz, fauchée avec le riz.

²⁸³ 77% des parcelles reçoivent le fumier après le labour. Les apports avant labour semblent particuliers à la région d'Ambohimandroso.

²⁸⁴ bozaka avec terre

²⁸⁵ reste de fourrage autour de la mangeoire

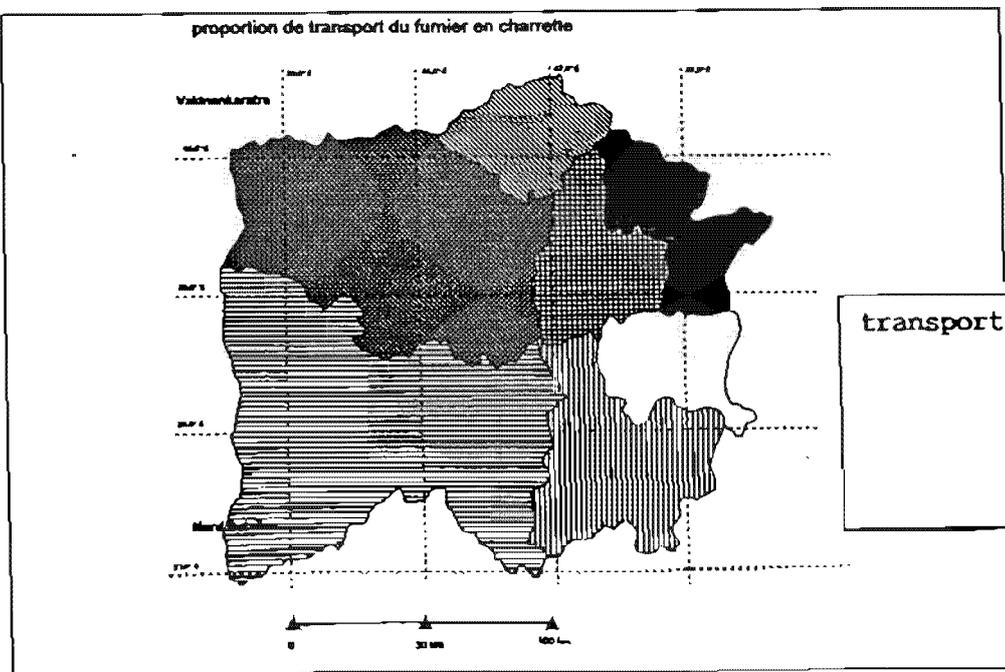
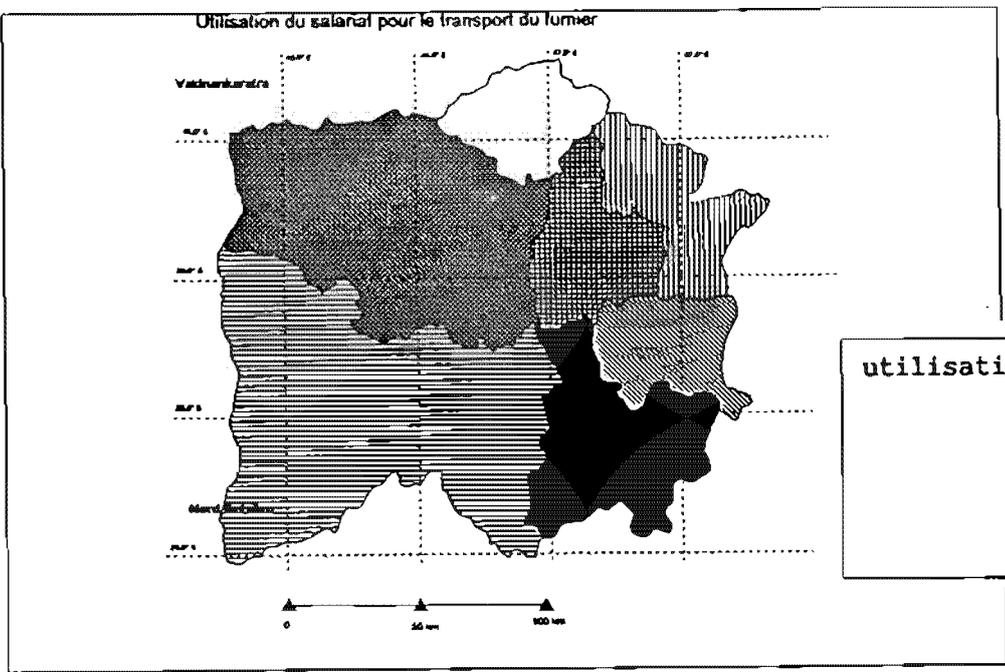
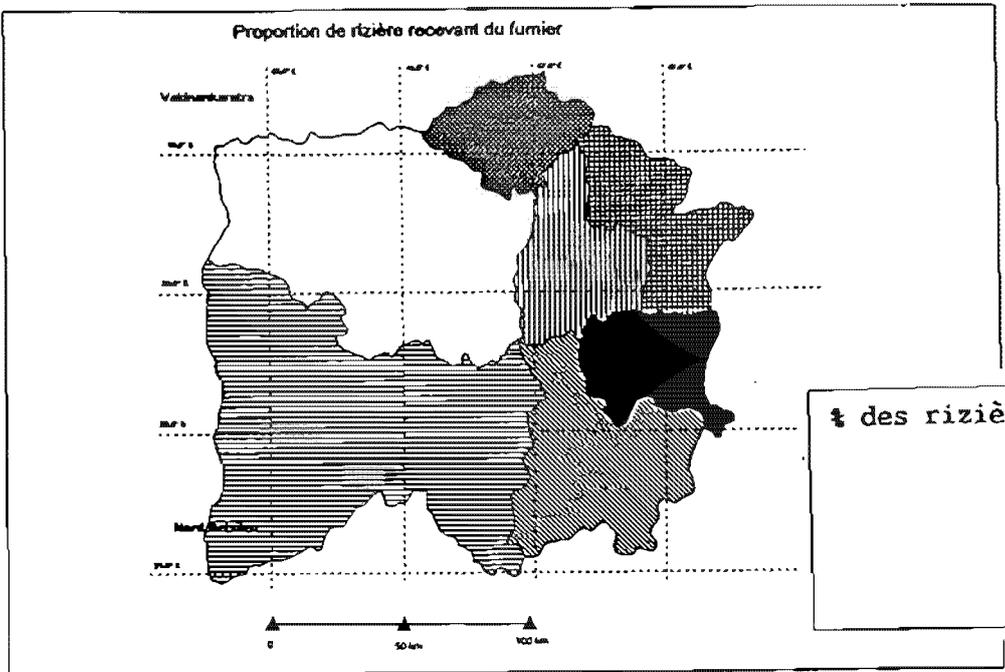
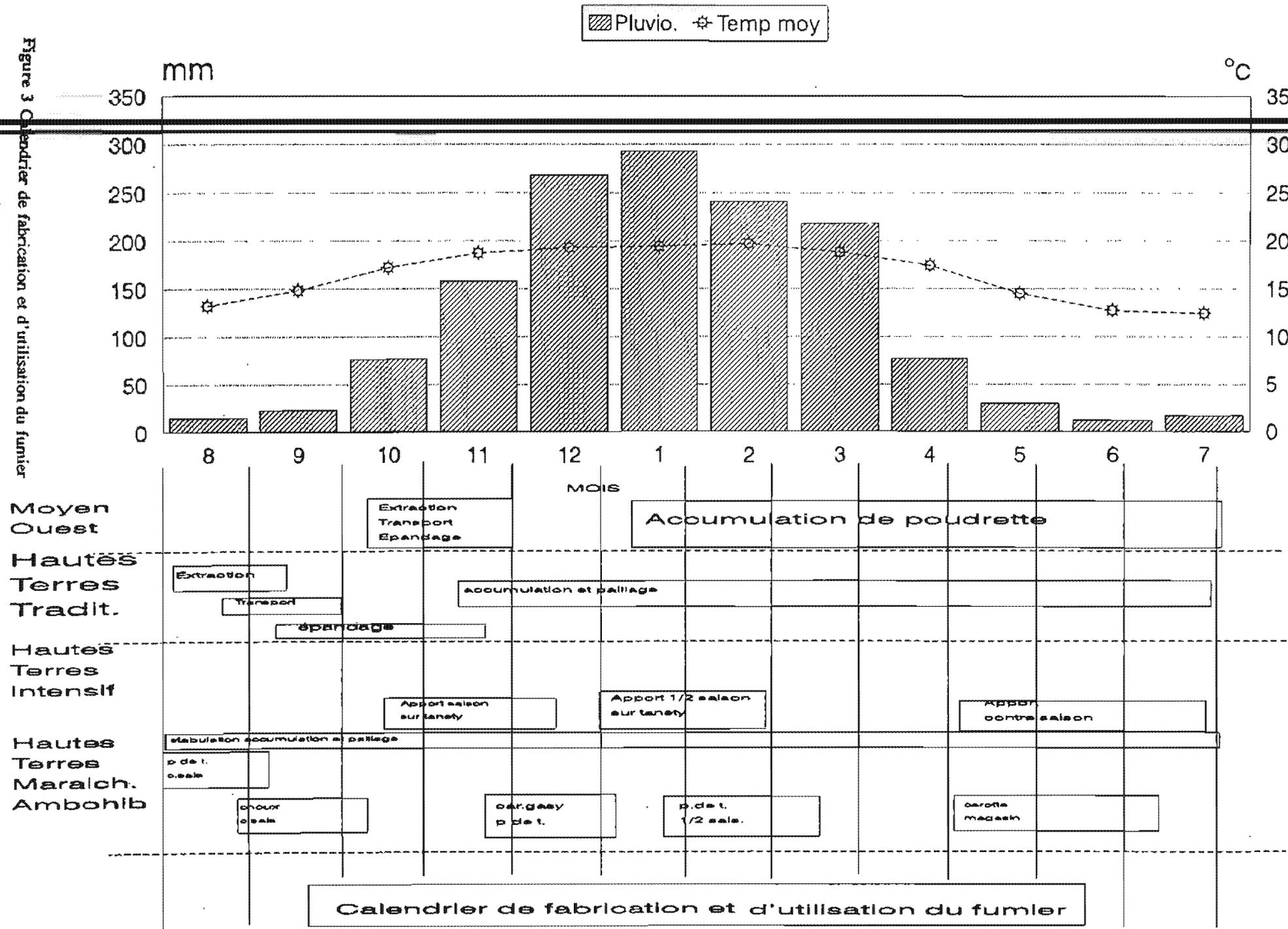


Figure 3 Calendrier de fabrication et d'utilisation du fumier



Certains ont recours à la main d'oeuvre salariée (3 hommes jour par charrette).

D'après les enquêtes de suivi évaluation de l'ODR, la main d'oeuvre utilisée pour les manipulations de matière organique est surtout familiale (24% des rizières selon l'enquête 1987-1988) contre 10 % des rizières utilisant l'entraide et la main d'oeuvre salariée et 67% sans utilisation de matière organique. Cette tendance générale ne doit cependant pas faire oublier les spécificités locales.

L'entraide n'a pas été différenciée de la main d'oeuvre salariée. Dans certaines zones, c'est un travail facilement confié aux "Mpikarama"²⁸⁷ constitués essentiellement par des travailleurs journaliers sans beaucoup de terre louant leur force de travail à la journée.

Des différences entre les zones apparaissent du point de vue de la main d'oeuvre salariée ou de la main d'oeuvre familiale, la région d'Ambositra se singularisant par un recours plus important à cette main d'oeuvre salariée (cf carte utilisation du salariat pour le transport du fumier).

Le transport et les méthodes d'épandage

Le fumier est transporté au moyen de sobika ou avec des charrettes. Une sobika de matière organique pèse en général de 10 à 20 kg, une charrette de 250 à 300 kg. Cette charrette a apporté une véritable révolution dans la gestion de la fertilité en permettant de transporter des éléments fertilisants en quantité importante sur des distances beaucoup plus grandes.

Le fumier est presque toujours apporté en plein champ sur rizière et au poquet sur les cultures pluviales ou de baiboho²⁸⁸. La fumure organique du taro (saonjo) se fait au trou. Comme pour l'apport de fumier sur les rizières qui se fait après labour pour éviter une dilution de la matière organique apportée dans une grande quantité de terre, le paysan recherche une concentration en localisant ce fumier.

Le transport de fumier en charrette est beaucoup plus développé dans le Vakinankaratra que dans le Nord Betsileo (cf carte proportion du transport du fumier en charrette). Ces données sont d'ailleurs concordantes avec l'étude du nombre de charrette (chapitre 4.3) montrant le sous équipement relatif du Nord Betsileo. Il est cependant possible d'observer la faiblesse de la liaison entre disponibilité en charrette et fertilisation organique des rizières, les exploitations de la partie Hautes Terres du Nord Betsileo compensant, au prix d'un travail important, par du transport en sobika.

L'élevage en stabulation

Pour les vaches laitières et les porcins élevés en stabulation, les déjections sont sorties chaque jour et entassées dans une fosse irriguée par le purin et l'eau de nettoyage de la stabulation, paillée avec tous les déchets disponibles. Le fumier est généralement sorti des fosses entre

²⁸⁷ littéralement celui qui travaille

²⁸⁸ burretes de berge

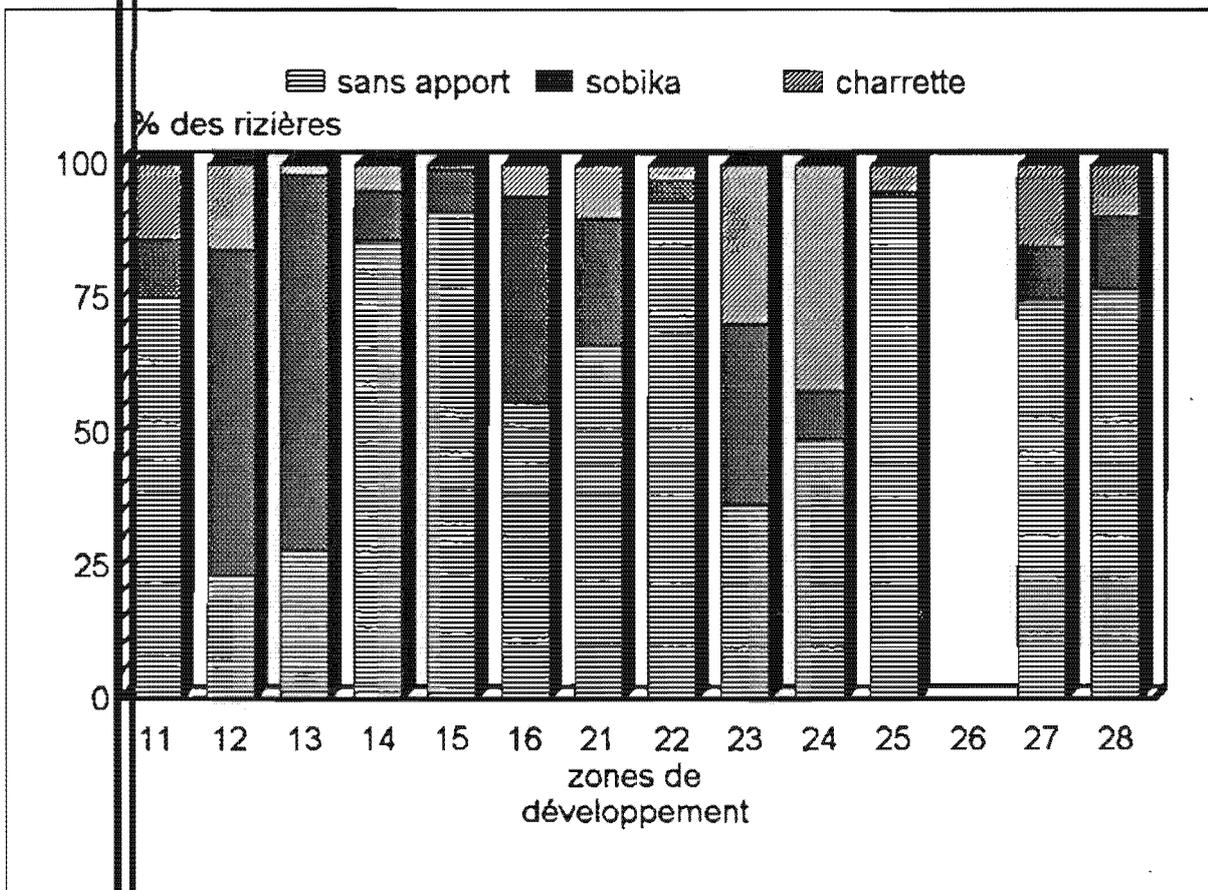


Figure 5 Répartition du type de transport pour le fumier sur rizière (données du suivi évaluation ODR 1987-1988)

le mois de mai et le mois d'août. Parfois des petites pyramides sont construites et recouvertes de mottes de terre en attendant l'épandage du fumier au mois d'octobre.

Le produit obtenu dans les fosses d'engraissement des boeufs est un produit intermédiaire entre celui des parcs dont il a certaines propriétés obtenues par un piétinement continu (mélange intime des déjections et des matières végétales) et les fosses des stabulations (importance des restes d'alimentation dans la composition du fumier).

Les quantités produites

Il est possible, selon les estimations des paysans, de produire

- avec une paire de boeufs de trait de sept charrettes (2 tonnes à Soavina) à 15 charrettes (4,5 tonnes) à Ambohibary selon l'intensité du paillage et de la stabulation;
- avec deux vaches laitières en stabulation 35 charrettes (10 tonnes);
- avec un boeuf de fosse de 15 à 30 charrettes (4 à 9 tonnes) en six mois cette quantité étant très dépendante de la pluie;
- avec une truie en stabulation 60 sobika par mois (2 charrettes/mois soit 7 tonnes par an).

Les alternatives pour ceux qui ne possèdent pas de bovin ou de porcins

Il apparaît clairement que l'utilisation de fumier de parc est liée à la possession d'animaux. Néanmoins, les paysans qui n'en possèdent pas peuvent acheter du fumier (cf les achats de matière organique), ou se faire confier un ou plusieurs animaux. Les contrats sont différents selon les localités et les rapports qui existent entre le propriétaire et celui qui reçoit l'animal. Dans certains cas le propriétaire fournit la nourriture, dans d'autre cas son rôle se borne à confier l'animal. Celui ci ne sort généralement pas de l'enclos dans lequel il est parqué pour y être engraisé. Le plus gros avantage qu'en retire le paysan qui en a la charge est le bénéfice de fumier pour ses propres terres.

Certains exploitants sans animaux peuvent également bénéficier d'une partie du fumier en participant à l'entretien d'un animal sous forme de "*coupe de graminées pour la litière du parc, don de tiges de riz, de fourrages du regain du riz*" (Rakoto, 1991).

Pour ceux qui ne peuvent disposer de parc, un trou est creusé près de la maison. Dans ce trou sont jetées les cendres (qui peuvent être en grande quantité lorsque la cuisine est faite avec de la paille de riz, des fanes de haricot et de maïs comme à Soavina) et les déchets ménagers. Il n'y a pas recherche d'une maturation du produit, le trou étant vidé lors de la plantation de culture maraichère ou de tabac.

Le compost

Certains voient dans le compost la panacée supprimant une transformation par le bétail coûteuse en énergie (Landais et al.). Les facteurs limitants liés au travail pour récolter les produits à composter, à l'eau nécessaire pour un bon compost, à l'enrichissement microbien par les animaux sont négligés dans cette vision.

Les techniques de compostage ont été proposées par les organismes de développement (URER, DDR) pour les exploitations qui ne possèdent pas de boeufs ou pour les parcelles cultivées trop éloignées ou difficilement accessibles à partir de l'exploitation.

En 1987-1988, ces parcelles représentaient 10% des pépinières, 3% des rizières et 5% des parcelles de tanety.

Des trous sont creusés pour accumuler les matières végétales mélangées avec quelques bouses trouvées autour. Des couches de terre sont intercalées avec ce mélange. Ces matières sont entassées jusqu'au mois d'avril (fin des pluies) et recouvertes d'une couche de terre au mois de mai pour laisser mûrir jusqu'au mois d'octobre. Certains ne couvrent pas de terre mais mettent en place une ombrière et arrosent tous les trois jours. La disponibilité en eau est souvent un facteur limitant pour la fabrication d'un bon compost. Dans la région d'Antanidtsy où l'on fabrique beaucoup de *ranomena*²⁸⁹, l'eau et la terre utilisés lors de la distillation permettent d'obtenir une décomposition beaucoup plus rapide et le compost est, d'après les paysans, de bien meilleure qualité.

²⁸⁹ *linérament eau rouge*: produit de distillation des os de boucherie. Ce distillat possède des usages multiples notamment en pharmacopée traditionnelle.

5.2.2 Variabilité dans la composition de produits utilisés pour la fumure organique

La variabilité dans la composition des apports organiques est un thème étudié depuis longtemps en Afrique de l'Ouest mais pour lequel, peu de références sont disponibles sur Madagascar. Les auteurs étudiant cette question font remarquer la diversité des produits et le peu de rigueur utilisé dans leur définition: fumier, poudrette, compost.

Le tableau 52xx présente, avec l'aide de quatre sources, la variabilité de cette composition. Trois sources proviennent des Hautes Terres malgaches, une, plus générale, d'Afrique de l'Ouest. Les moyennes et les fourchettes de valeurs Afrique de l'Ouest - Madagascar sont comparables, la variabilité interne aux Hautes Terres considérable.

Tableau 5 Compositions des fumiers en éléments minéraux selon différentes sources (en % de la matière sèche): Haut de Sigy (1967) source 1, IRAM (301) source 2, Arrivets (1989) source 3, Coulomb (1980) cité par Landais, Lhoste et Guérin (1990) source 4

	min	1 moy	max	min	2 moy	max	min	3 moy	max	min	4 moy	max
N	0,2	1,4	1,95	0,24	0,94	2,58	0,8	1,3	1,7	0,9	1,39	2,5
P ₂ O ₅	0,29	1,14	3,02	0,09	0,48	3,9	0,5	0,75	1	0,3	0,52	0,8
K ₂ O	0,28	1,21	2,69	0,19	0,94	3,96	1,1	1,6	3,4	0,3	1,68	4,26
CaO	0,07	0,56	1,14	0,04	0,53	1,42	0,5	0,8	1,6	0,6	1,1	1,4
MgO	1,15	1,7	1,97	0,1	0,33	1,41	0,3	0,5	1	0,3	1	1,2
Hum.	3	58	76	8,8	52	80	55	70	83	21	45,5	66
MO				8,5	34	70	21	42	64	13	45	89

Haut de Sigy (1) Analyse de 23 fumiers dans le Vakinankaratra milieu contrôlé et milieu paysan
 IRAM (2) Analyse de 30 fumiers en milieu paysan Antsirabe, Ambohitra, Fianarantsoa
 Arrivets (3) Analyse de 8 fumiers sur les Hautes Terres milieu contrôlé
 Coulomb (4) Analyse de 7 fumiers Burkina Faso et Sénégal milieu contrôlé

Certains auteurs insistent sur la difficulté de caractériser un type de fumier, même lorsque les modalités de sa fabrication sont connues: la désignation "déjection de bovins paillées avec de l'aristida pendant la saison sèche" par exemple ne peut renseigner avec précision sur les teneurs en élément minéraux.

La première source de variabilité provient des fèces elles mêmes qui présentent des variations dans leur composition en fonction de l'espèce, de la saison et du régime alimentaire (Landais et al. 1990).

Cette variabilité peut ensuite être caractérisée par l'humidité: Hamon (1972) estime qu'une teneur en eau de 50 % est optimum pour la décomposition des principales substances carbonées avec une consommation minimum d'azote. Il n'est pas rare de voir des paysans d'Ambohitra, soucieux de faire un bon fumier et le trouvant trop sec, détourner une rigole

d'évacuation des eaux de pluie pour arroser leur fosse. Qualité et quantité ainsi que le rythme²⁹⁰ du paillage interviendront également.

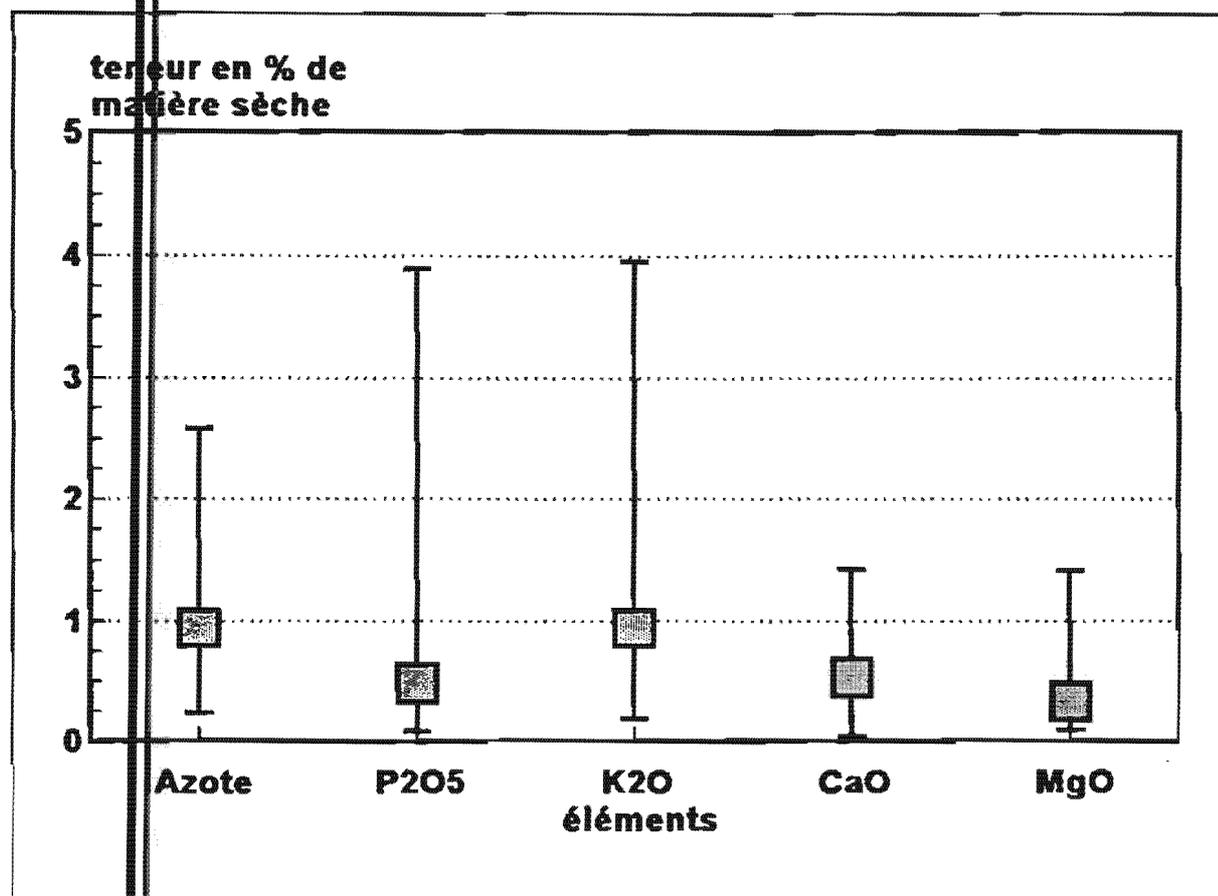


Figure 6 Variation de la teneur en éléments minéraux dans l'analyse de 30 fumiers prélevés en milieu paysan sur les Hautes Terres (IRAM 301)

Le taux de matière organique varie beaucoup selon les échantillons. Les cendres insolubles sont essentiellement constituées par de la silice qui peut être d'origine végétale (pailles et chaumes ingérés ou incorporés dans la litière) ou d'origine extérieure (apport de terre, sorokahinga ...).

Parmi les éléments minéraux, phosphore, potassium et magnésium sont ceux qui varient le plus (C.V. supérieurs à 100 %) alors que pour l'azote et le calcium, ces coefficients sont de l'ordre de 50 %. Les données pour l'étude de la composition du fumier en fonction de la profondeur sont insuffisantes pour faire apparaître les différences constantes (résultats de Hamon (1972) et Coulomb (1980) montrant des diminutions de la teneur en éléments minéraux lorsque l'on descend dans un profil vertical d'une fosse à fumier).

²⁹⁰ il est indispensable d'attendre le fractionnement assez poussé de la paille avant d'apporter une nouvelle couche (Hamon, 1972)

5.2.3 OÙ APORTE-T'ON DU FUMIER?

Une des premières questions qui se pose est la destination de la fumure organique disponible sur l'exploitation: sur les 970 exploitations enquêtées en 1987-1988 par le suivi évaluation de l'ODR, une fiche descriptive avait été remplie pour chaque parcelle des 970 exploitations indiquant notamment la surface de la parcelle et la quantité de fumier apporté.

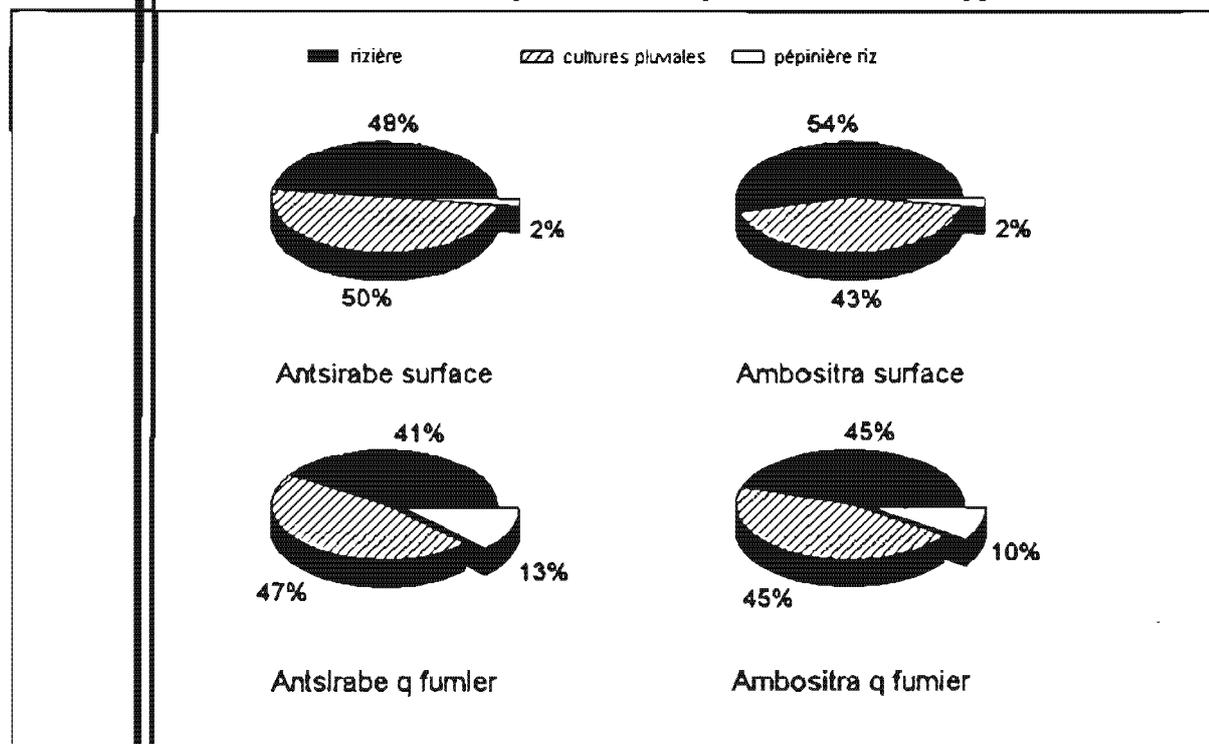


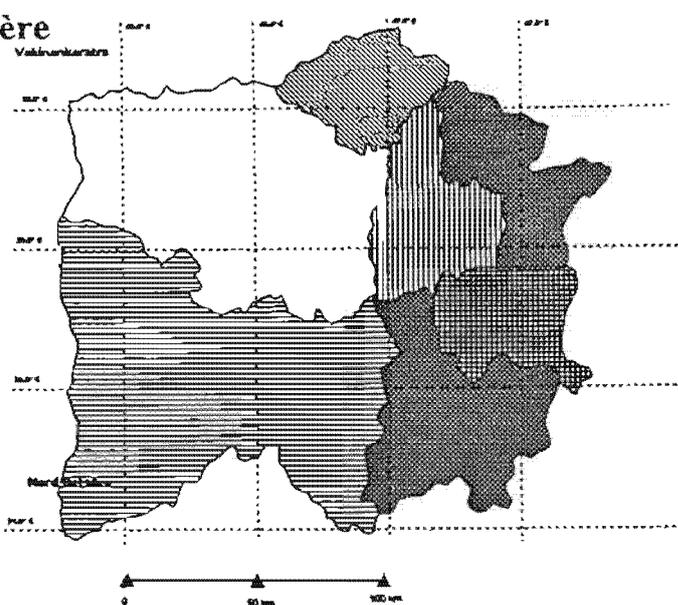
Figure 7 Comparaison entre les proportions de surface et les affectations de fumier (données ODR 1987-1988)

Tableau 6 Les surfaces et les quantités de fumier agrégées par Cirva (pour les exploitations enquêtées) donnent les résultats suivants:

	Antsirabe	Ambositra	Total
surface en rizière	250ha (47.5%)	309ha (54%)	559ha (51%)
surface en culture pluviale	265ha (50.4%)	246ha (43%)	511ha (47%)
Surface en pépinière riz	11ha (2%)	14ha (2%)	25ha (2%)
Quantité de fumier apporté sur rizière (en tonnes)	969T	825T	1.794T
Quantité de fumier apporté sur tany (en tonnes)	1108T	835T	1.943T
Quantité de fumier apporté sur pépinière riz (en tonnes)	299T	179T	478T
proportion sur rizière	40.8%	44.9%	43%
proportion sur tany	46.6%	45.4%	46%
proportion sur pépinière	12.6%	9.7%	11%

Proportion du fumier apporté

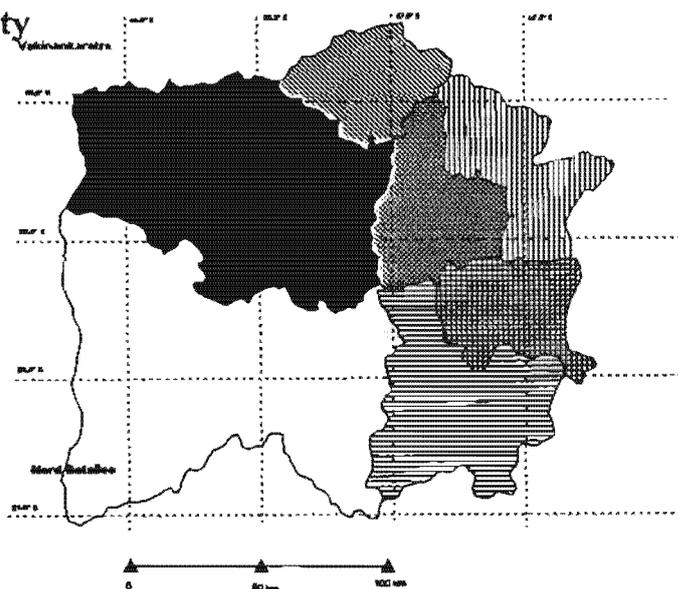
Sur rizière



% du fumier sur TB



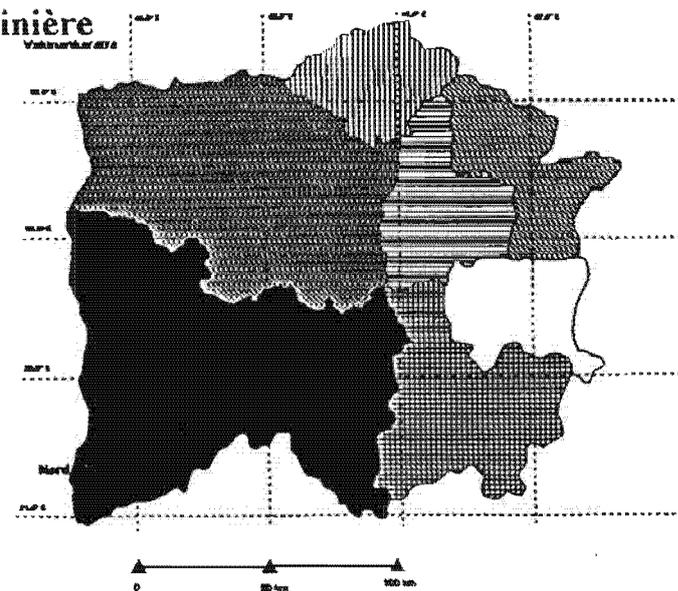
sur tanety



% du fumier sur ty



sur pépinière



% du fumier sur pépinière



Le paysan gère donc ses disponibilités en matière organique entre les cultures pluviales et irriguées. L'homogénéité apparente qui ressort de ce tableau ne doit pas faire oublier les hétérogénéités qui existent à l'intérieur des circonscriptions:

En effet, les disponibilités en matière organique varient de façon importante selon les zones de vulgarisation.

Tableau 7 Répartition des surfaces et du fumier selon les zones de vulgarisation de l'ODR (enquête 1987-1988)

	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	27	28
% surface en rizière	38	47	36	33	45	36	50	60	55	51	39	46	36	38
% surf. en pépinière	2	4	3	3	3	3	3	2	3	3	1	2	2	2
% surf. en tanety	60	50	61	64	52	61	48	38	43	46	60	52	62	60
Apport moyen sur riz T/ha	3	17	13	1	1	13	3	1	9	5	1	12	3	1
sur pépinière t/ha	25	26	17	15	12	18	13	10	43	15	11	85	14	7
sur tanety t/ha	2	12	13	1	0	4	3	2	13	4	2	8	2	12
% du fumier sur riz	37	53	35	26	23	60	45	10	43	49	8	47	36	3
% sur pépinière	20	7	3	34	48	8	11	22	10	8	8	17	10	2
% sur tanety	43	40	62	40	30	32	44	68	47	43	84	36	54	95

De grandes hétérogénéités apparaissent entre les zones mais également à l'intérieur des zones.

Il est cependant possible de constater dans le tableau que les pépinières reçoivent toujours un minimum de 10 tonnes de fumier par hectare. La pépinière occupe de 1 à 4% de la surface et reçoit de 2 à 48% du fumier. Les zones 14 et 15 dans lesquelles les pépinières reçoivent près de la moitié du fumier produit correspondent aux régions de Soavina et Ambatofinandrahana caractéristiques du Moyen Ouest. La rizière occupe une part variant entre 33 et 60% de la surface cultivée et reçoit de 3 à 60% du fumier produit. Mises à part les rizières avec contre saison, les apports sur rizière, quand ils se font, n'ont pas lieu tous les ans mais plutôt en fonction de la baisse de production de la parcelle ce que les paysans expliquent en disant: "Ampifandimbiasina ariana zezipahitra ny tany". Les affectations du fumier sur tanety varient de 30 à 95%. Les fortes proportions de la matière organique produite appliquées sur les cultures sèches correspondent aux souhaits de l'URER qui proposait la fertilisation minérale pour les rizières et le maximum de matière organique sur les cultures sèches. La répartition a évolué avec le développement des cultures de contre saison. Les enquêtes de 1990-1991 ont montré que toutes les parcelles de contre saison sur rizière recevaient des doses importantes de matière organique.

La clé actuelle de répartition du fumier semble être par ordre de priorité décroissante:

1. la pépinière rizicole,
2. les cultures de contre saison sur rizière,
3. les cultures de tanety,
4. les rizières.

Des différences importantes sont dues à la situation des zones dans les Hautes Terres ou sur le Moyen Ouest. La comparaison est possible en agrégeant les zones de Soavina et Ambatofuarandrahana pour Ambositra avec celle de Betafo Ouest pour Antsirabe qui constituent la partie Moyen Ouest, l'agrégation des 13 autres zones représentant les Hautes Terres:

Tableau 8 Comparaison Hautes Terres Moyen Ouest pour la répartition du fumier

	Hautes Terres		Moyen Ouest		Somme	% moyen
	sommes surfaces enquêtées ha et tonnes de fumier	%	Sommes surfaces enquêtées ha et tonnes de fumier	%		
Surface en rizière	332 ha	56 %	228 ha	45 %	560 ha	48 %
Surface en tanety	244 ha	42 %	267 ha	53 %	511 ha	50 %
Surface en pépinière	18.6 ha	3 %	5.9 ha	2 %	25 ha	2 %
Fumier rizière	1738t	45 %	56.4t	15 %	1734t	40 %
Fumier tanety	1716t	45 %	227t	63 %	1943t	50 %
Fumier pépinière	401t	10 %	77t	21 %	478t	10 %

Si la répartition des surfaces rizière - tanety - pépinière reste à peu près la même dans les deux parties, il n'en est pas de même pour l'allocation de la matière organique. Dans chaque cas, les pépinières rizicoles sont favorisées: 10 % du fumier pour 3 % des surfaces sur les Hautes Terres, 21 % du fumier pour 2 % des surfaces dans le Moyen Ouest. Le paysan des Hautes Terres répartit son fumier entre rizière et tanety, celui du Moyen Ouest réserve ce dont il dispose pour les tanety.

Le tableau 9 apporte des informations complémentaires en précisant les doses: les usages sont complètement différents dans le Moyen Ouest peuplé pourtant essentiellement de paysans issus des Hautes Terres. Arrivé dans un milieu autorisant des exploitations moins exigeuses, le paysan abandonne une partie des techniques traditionnelles d'intensification.

Tableau 9 Comparaison de l'utilisation de la fumure organique sur les Hautes Terres et dans le Moyen Ouest

	Hautes terres	Moyen Ouest
Fertilisation organique des rizières	62 % des rizières ne reçoivent pas de matière organique dose moyenne 5.3 t/ha	95 % des rizières ne reçoivent pas de matière organique dose moyenne 0.25 t/ha
Fertilisation organique des pépinières	dose moyenne 23 t/ha de nombreux types de fumures organiques sont utilisés y compris de très sophistiqués	dose moyenne 13 t/ha la fumure organique sur pépinière est constituée essentiellement par de la poudrette de parc
Fertilisation organique des tanety	dose moyenne 6.8 t/ha les pratiques sont diversifiées	dose moyenne 0.85 t/ha dans le moyen ouest d'Ambositra 83 % des tanety ne reçoivent pas de fumure organique Dans le moyen ouest d'Antsirabe 38 % des surfaces de tanety restent sans fumure organique 57 % reçoivent de la poudrette de parc

En CIRVA d'Ambositra, les zones de Soavina et Ambatofinandrahana représentent respectivement 23.5 % et 30.2 % des surfaces en rizière mais n'utilisent que 3.5 % et 1.2 % du fumier apporté en rizière dans la CIRVA.

La répartition sur les cultures pluviales

Sur les cultures pluviales, il est également possible de voir des différences d'apport en fonction des spéculations

Tableau 10 Doses moyennes de matière organique en fonction des systèmes retrouvés sur tanety

	Antsirabe % surface tanety	fumier dose en T/ha	Ambositra % surface tanety	fumier dose en T/ha	Moyenne % surface tanety	fumier dose en T/ha
jachère	8,9	0	7,0	0	7,95	0,00
maïs haricot	18,2	6,4	8,5	5	13,35	5,70
maïs seul	19,9	4,9	6,2	1,9	13,05	3,40
manioc	14,8	1,2	5,4	2,8	34,40	2,00
patate douce	3,5	8,1	11,5	6,5	7,50	7,30
pomme de terre	3,0	15,5	0,5	11,5	1,75	13,50
riz pluvial	4,4	5,9	1,1	1,5	2,75	3,70

Le fumier est réservé en priorité à la pomme de terre ou à la patate douce puis au maïs avec ses différentes associations. Certaines cultures comme l'arachide ou le manioc reçoivent des doses moyennes bien inférieures. La faiblesse de l'utilisation de fumier sur riz pluvial à Ambositra peut s'expliquer par la persistance de certaines zones de riz sur brûlis (*tavy*) sans apport de matière organique.

La proportion de parcelles recevant et ne recevant pas de fumier permet de comprendre le choix des cultures sur lesquelles la matière organique est apportée:

Tableau 11 Proportion de parcelles ne recevant pas de fumier selon les cultures

	Antsirabe	Ambositra
Maïs Haricot	12,7	49
Maïs seul	11	65,3
Manioc	86,7	62
Patate douce	39	40
Pomme de terre	15	4
Riz pluvial	25,7	31

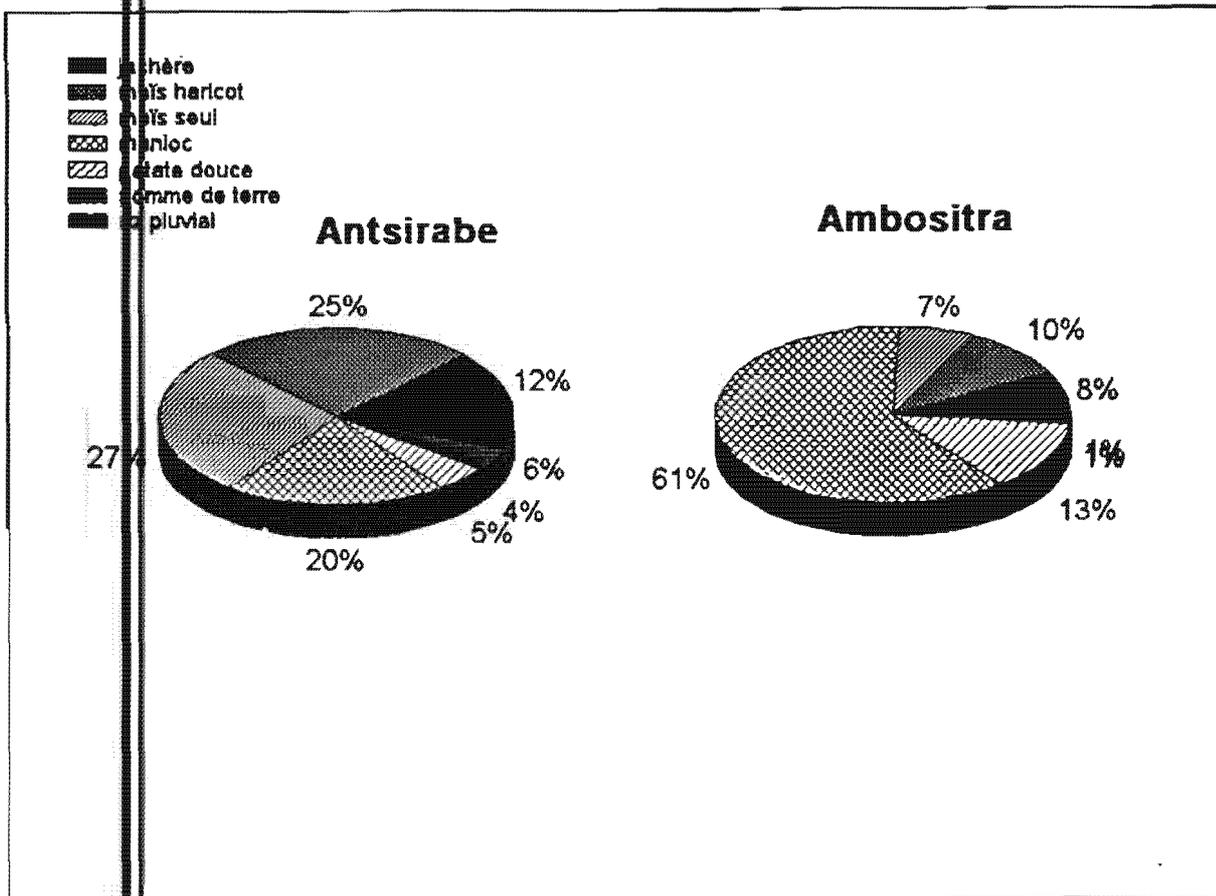


Figure 8 répartition des surfaces en culture pluviale par Cirva (données ODR 1987-1988)

Il est possible de voir dans la comparaison entre les Cirva un comportement plus "merina" à Antsirabe où les paysans choisissent dans une large mesure de défavoriser le manioc "qui peut se débrouiller sans fertilisation" pour apporter le fumier sur les autres cultures. A Ambositra, le comportement est plus "betsileo" en répartissant de façon plus équitable le fumier entre les différentes cultures. A Ambositra, la pomme de terre, culture moins connue que les autres ne représentant pas des surfaces très importantes dans cette circonscription, est particulièrement favorisée.

Les raisons de "non application" de matière organique

Ces raisons ont été étudiées par le suivi évaluation de l'ODR lors des enquêtes de la saison 1989-1990 portant sur l'échantillon suivant:

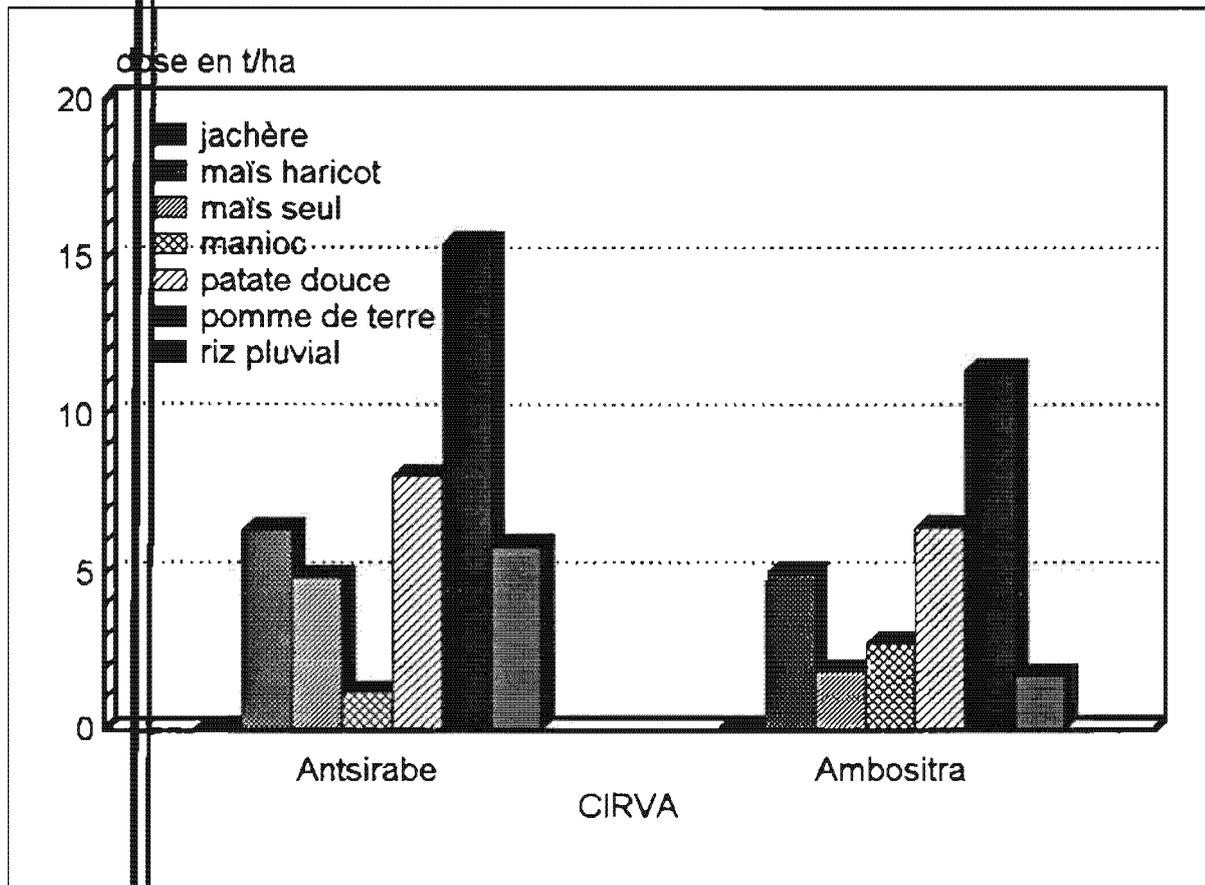


Figure 9 dose moyenne de fumier selon les cultures (données ODR 1987-1988)

Tableau 12 Nombre de parcelles enquêtées par le suivi évaluation ODR 1989-1990 (Cirva Antsirabe et Ambositra)

	Antsirabe	Ambositra
Rizière	489	465
Tanety	178	981
Contre saison	109	82

La fertilisation organique est pratiquement utilisée de façon systématique en culture de contre saison et il n'y a pas alors d'apport de fumier lors de la saison rizicole qui suit. Les résultats de ces enquêtes ont été les suivants:

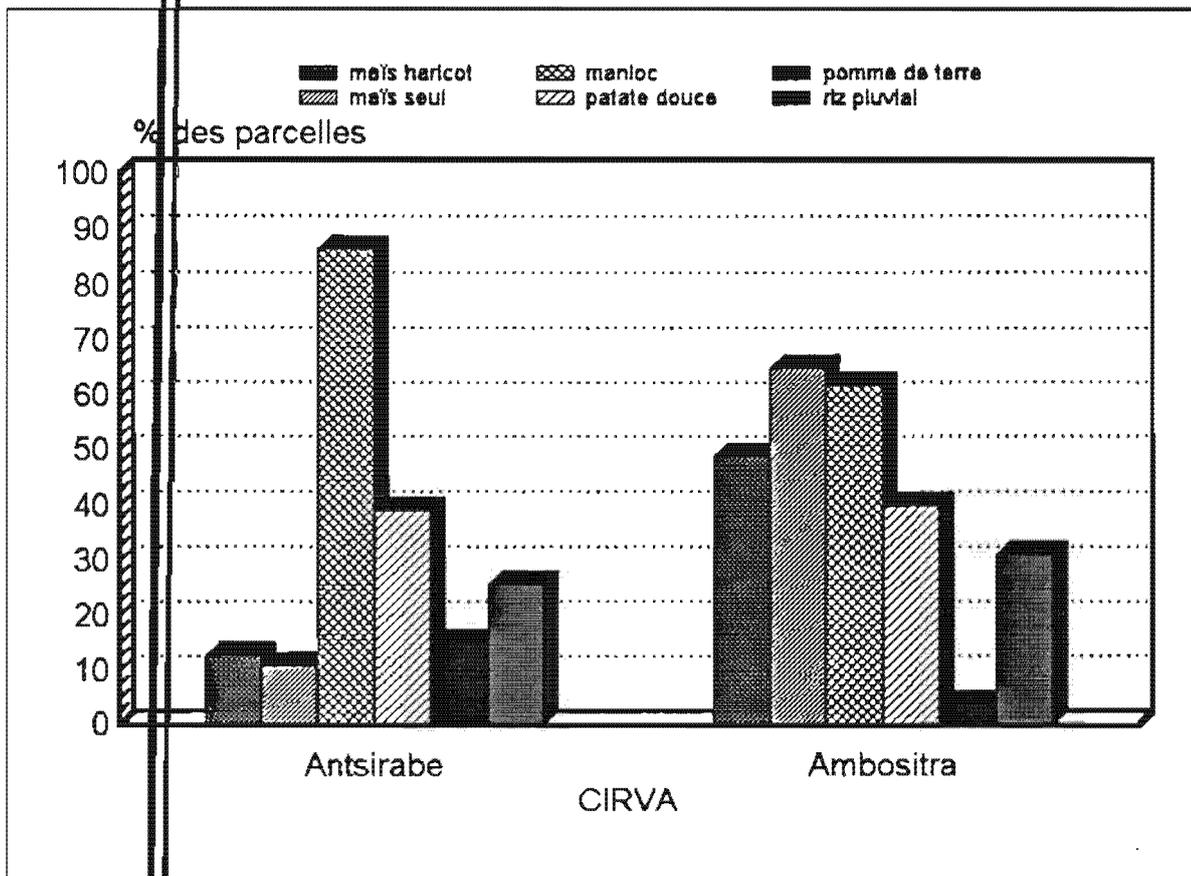


Figure 10 proportion de parcelles ne recevant pas de fumier selon les cultures pluviales (données ODR 1987-1988)

Tableau 13 raison évoquée pour ne pas apporter de la matière organique (suivi-évaluation ODR 1989-1990)

	rizière		tanety	
	Antsirabe	Ambositra	Antsirabe	Ambositra
Manque de fumure organique	100	72	37	43
fumier trop cher		3	4	1
sol encore fertile		3	39	49
Autres		7	20	7

C'est donc le manque de disponibilité sur l'exploitation qui empêche les exploitants d'utiliser le fumier. Si le prix ne semble pas un facteur limitant, c'est surtout parce que l'achat de fumier reste limité à un certain nombre d'exploitants aisés et que ces achats de fumier ne font pas partie des traditions. La "fertilité" du sol est considérée comme encore suffisante pour une bonne partie des tanety à Antsirabe comme à Ambositra.

La nature de la fumure organique employée

Le paysan différencie nettement les formes de fertilisation organique employée selon les cultures et les disponibilités. Des résultats sont disponibles selon les zones des Cirva d'Antsirabe et Ambositra²⁹¹. Les formes les plus courantes identifiées étaient le fumier de parc, de fosse ou d'étable pour les bovins, le fumier de porc ou de volaille et le compost.

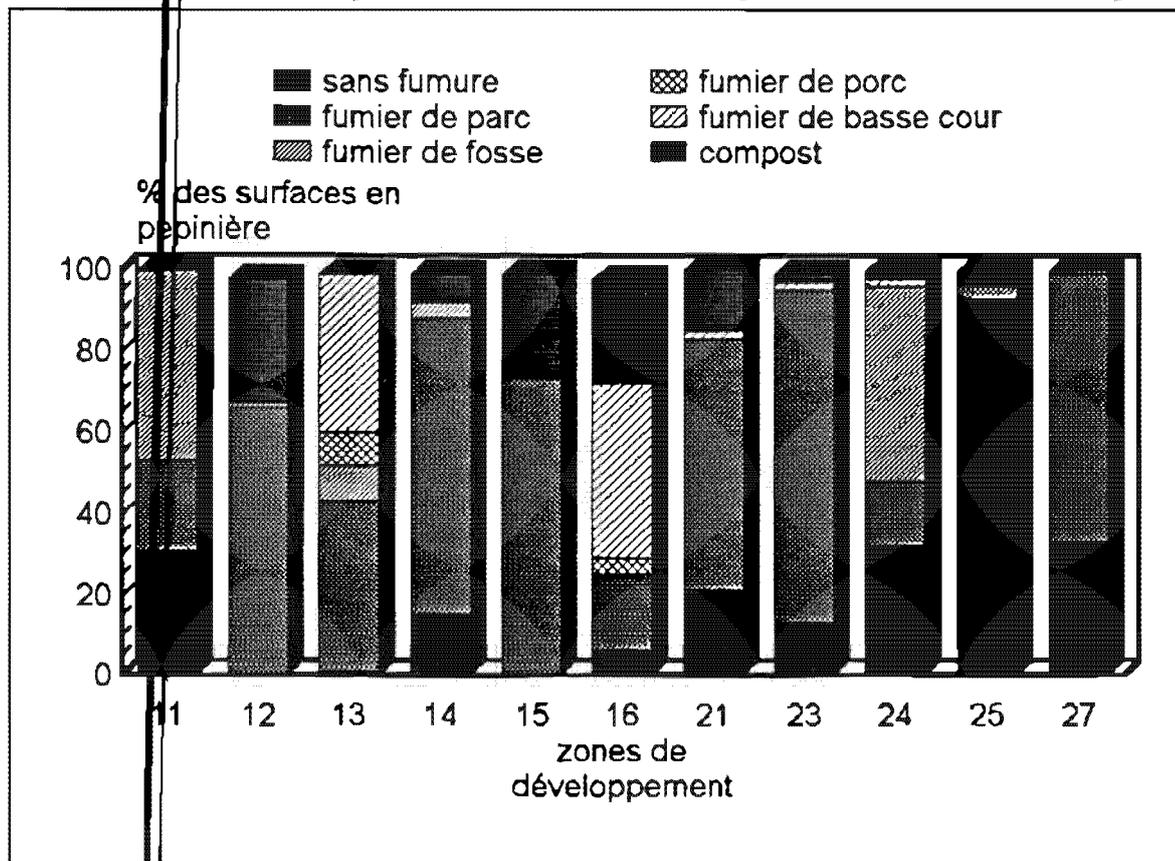


Figure 11 Répartition des pépinières rizicoles selon la nature de la fumure organique apportée (données ODR 1988-1989)

Tableau 14 Proportion des surfaces de parcelles de pépinières rizicole selon la nature de la fumure organique apportée (enquête ODR 1987-1988)

	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	27	28	mo
sans fumure organique	31	0	1	15	0	6	21		13	32	93		33		23
fumier de parc	22	66	42	73	73	18	62		82	16	3		66		47
fumier de fosse	47	1	9	4		1				48					10
fumier de porc			8			4							1		1
fumier de basse cour			39			43	2		3	1					8
compost		31		7	26	26	16		2	3	4				10

²⁹¹ Enquête de suivi évaluation 1988-1989

Tableau 15 Proportion de la surface en rizière en fonction de la nature de la fumure organique reçue (enquête ODR 1987-1988)

	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	27	28	
sans fumure organique	65	47	26	92	92	57	57	97	43	70	100	56	93	75	70
fumier de parc	27	0	55	8	6	29	41	1	57	28		8	7	14	20
fumier de fosse	9	50	8									37		4	6
fumier de parc			2						2					3	1
fumier de basse cour			44												
compost		3	5		2	14	2	3						3	10

Tableau 16 Proportion des surfaces de tanety en fonction de la nature de la fertilisation organique reçue

	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	27	28	
sans fumure organique	76	36	48	82	84	67	47	65	11	21	38	12	21	10	57
fumier de parc	10		18	16	13	3	22	28	84	67	57	88	79	9	27
fumier de fosse	13	62	8	1										19	5
fumier de parc	1		23	1		3	3			3					4
fumier de basse cour						8									1
compost		3	3		3	19	28	7	4	9	5			62	5

L'examen des résultats par zone ne permet pas de faire ressortir de comportement régionalisé par rapport à la nature de la fumure organique apportée si ce n'est les faibles proportions de rizières fumées dans le Moyen Ouest et la diversité des fumiers utilisés sur pépinière. La variabilité des comportements à l'intérieur d'une zone paraît souvent plus importante que les différences entre zones.

Les apports en fonction de la couleur du sol

La description paysanne des sols et de leur aptitude à produire est basée en grande partie sur la couleur. Il est intéressant de vérifier si des apports de fumier se font de façon préférentielle en fonction de la couleur. Pour cela, la comparaison entre la proportion des surfaces totales de sol de cette couleur et la proportion des surfaces recevant du fumier ayant cette couleur est réalisée.

Sur pépinière, les sols noirs dominent à Antsirabe. Ils sont suivis de près par les sols gris à Ambositra. Ces sols noirs et gris sont moins fumés que les autres à Antsirabe mais pas à Ambositra. La proportion des pépinières recevant du fumier étant très importante, les différences étant minimes, il s'avère difficile d'en tirer des conclusions.

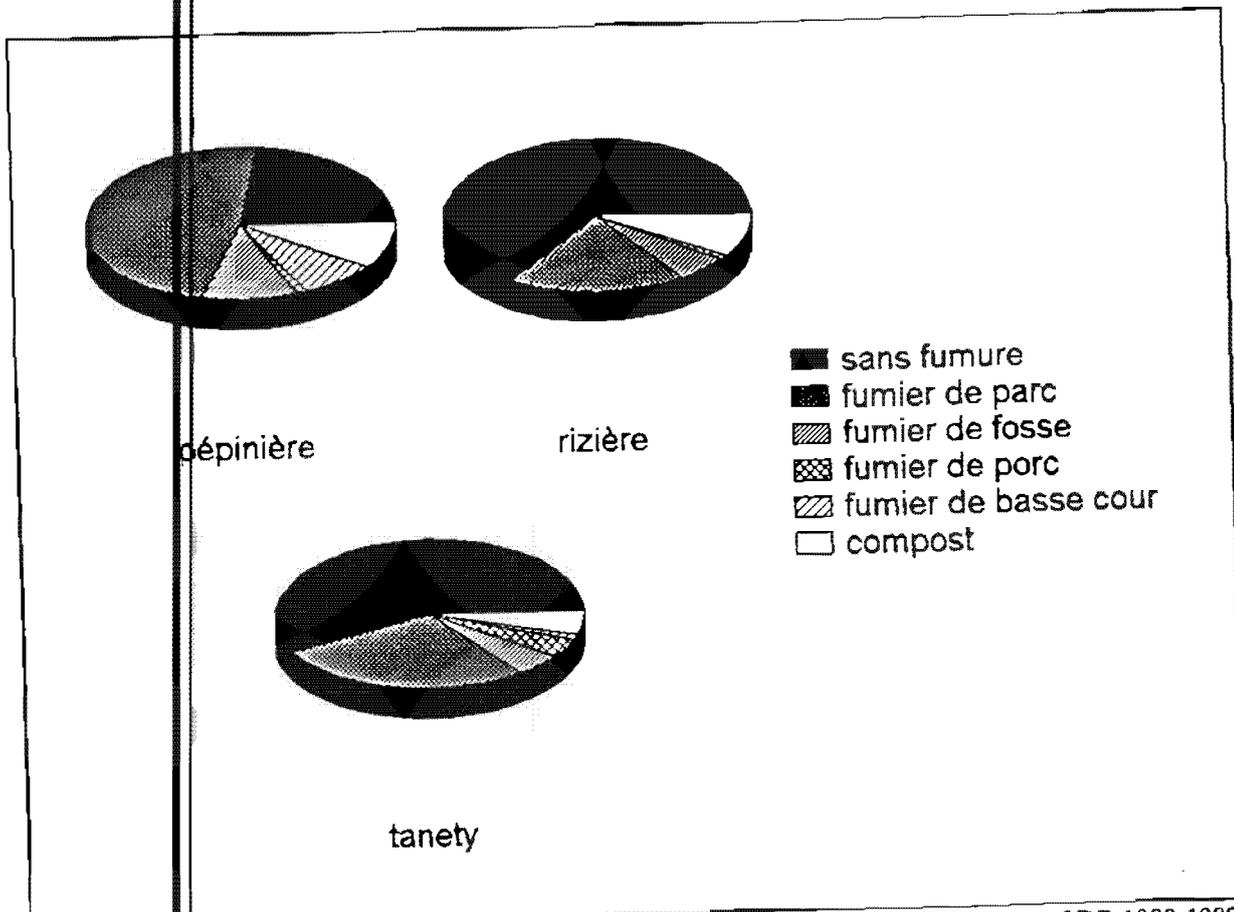


Figure 12 Importance des différents types de fumure selon la parcelle de destination (données ODR 1988-1989)

Sur rizière, les sols noirs et gris dominent également. Des comportements différents apparaissent entre Antsirabe qui privilégie les sols gris et Ambositra les sols bruns.

Sur tanety, les sols rouges dominent. Les comportements sont analogues à Antsirabe et à Ambositra favorisant les sols noirs et bruns au dépens des sols rouges. Ces observations confirment la priorité donnée au fumier ferment pour la minéralisation par rapport au fumier apport d'éléments minéraux. Les études d'affectation du fumier en fonction de la couleur du sol mériteraient d'être approfondies pour préciser certaines tendances qui semblent se dégager.

Les achats de matière organique

Ces achats sont limités et semblent réservés à certaines catégories d'exploitants, le fumier étant l'input par excellence produit sur l'exploitation. Les enquêtes des avant projets sommaires de réhabilitation permettent de savoir où l'on achète du fumier et pour le mettre sur quelle culture. Les APS sur les 4 PPI nous donnent les résultats suivants:

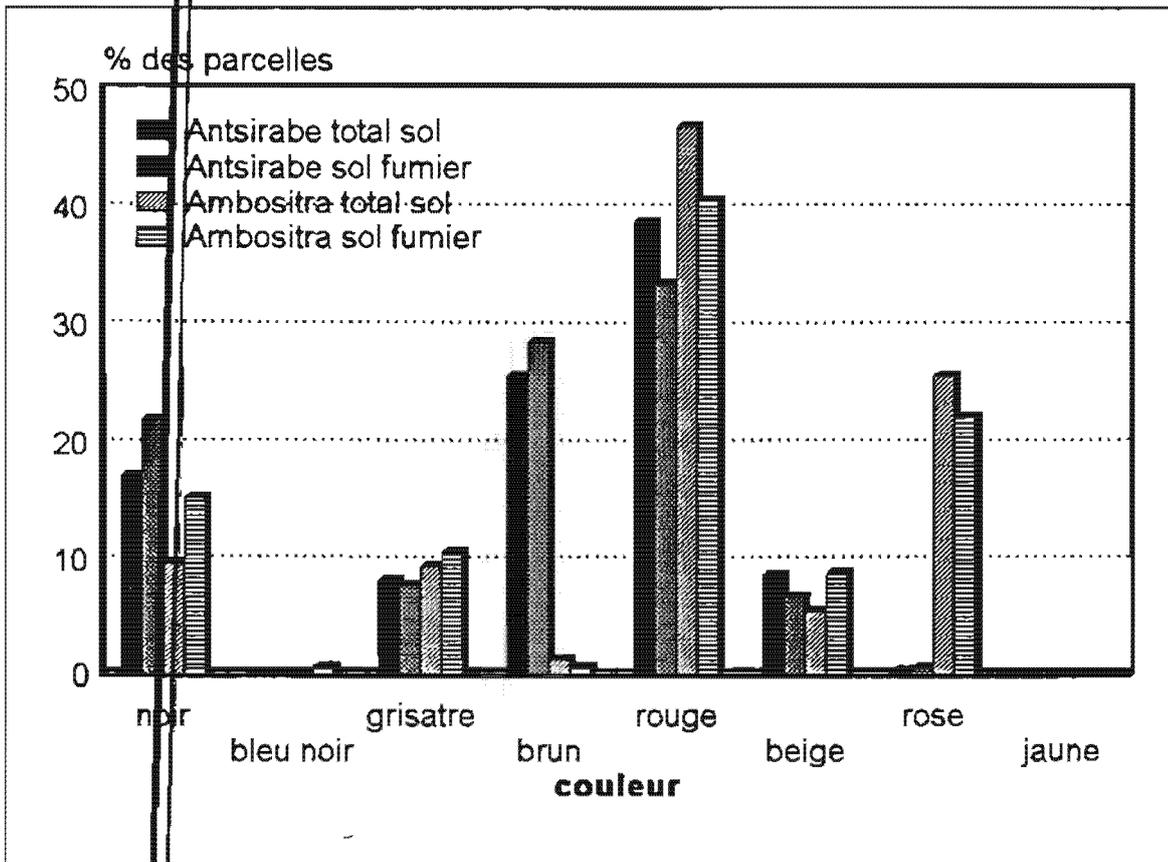


Figure 13 apport de fumier en fonction de la couleur du sol sur tanety (données ODR 1988-1989)

Tableau 17 Achats de fumier en comparaison sur la riziculture seule et la riziculture avec pomme de terre de contre saison, en proportion de parcelles de rizière

		riz seul	riz avec p. de terre
Ambohitany	riziculture seule	4.5%	
	riziculture avec CS	3%	10%
Manandona	riziculture seule	6%	
	riziculture avec CS	13%	10%
Iandratahy	riziculture seule	0.5%	
	riziculture avec CS	5%	10%
Vinanirany	riziculture seule	0.5%	

Les achats de fumier sont limités à 10% des parcelles. Néanmoins la pomme de terre de contre saison apparaît comme suffisamment attractive pour susciter des achats de fumier dans des exploitations qui n'en possèdent pas en quantité suffisante.

Lors des avant projets sommaires sur les 9 PPI d'Antsirabe et Ambositra des questions sur les achats de fumier au niveau de l'exploitation ont été posées :

Tableau 18 Proportion d'exploitation achetant du fumier en fonction du périmètre et des cultures

	Faratsiho	Fitakimerina	Ambato.	Ikabona	Ikianja	Isaha	Ivato	Vatambe	moyenne
sur le riz	4,5	15,4		3,23	0	13,2	0	4,7	5,13
sur cult. pluriale	1,8	4,6		6,5	0	0	0	3,6	2,06
sur contre saison	9,9	0		0	0	0	0	0	1,24
total	16,2	20	0	9,73	0	13,2	0	8,3	8,43

Les données recueillies concernant la valeur du fumier utilisé permettent de calculer par régression un prix du kg de fumier. Les coefficients de détermination obtenus permettent de penser qu'il n'existe de grosse variations ni en fonction de la qualité du produit, ni en fonction des quantités achetées.

Il est possible de trouver en revanche des variations selon les lieux: Pendant la même enquête, le kg de fumier valait 4.8fmg à Ikabona, 7 fmg à Fitakimerina, 9.1 à Isaha (Ambositra) et 15.1 à Faratsiho. Ces chiffres sont cohérents avec ceux du suivi évaluation de l'ODR qui donnent la même année (89-90) une moyenne de 7 fmg/kg à Antsirabe et de 4.7 à 5.9fmg par kg à Ambositra.

Les prix et les données concernant l'achat semblent montrer une plus grande habitude des transactions sur le fumier à Antsirabe qu'à Ambositra.

Relations dose de fumure organique et la distance parcelle domicile

Il est possible de s'attendre à des relations étroites entre la dose de fumier apporté et la distance séparant la parcelle du domicile où la matière organique est élaborée. Un premier histogramme concernant les quatre premiers PPI montre que les parcelles ne sont généralement pas très éloignées.

Les calculs de régression permettent d'obtenir des coefficients faibles dus, sans doute, à la possibilité d'utiliser la charrette pour les parcelles éloignées. La fabrication de compost sur le champ même semble encore un phénomène marginal réduit à quelques régions comme Antanifosy.

Relation entre la dose de fumure organique et la surface de la parcelle

La relation semble un peu plus étroite entre la dose et la taille de la parcelle: les apports de fumier sont plus importants sur les petites parcelles que sur les grandes

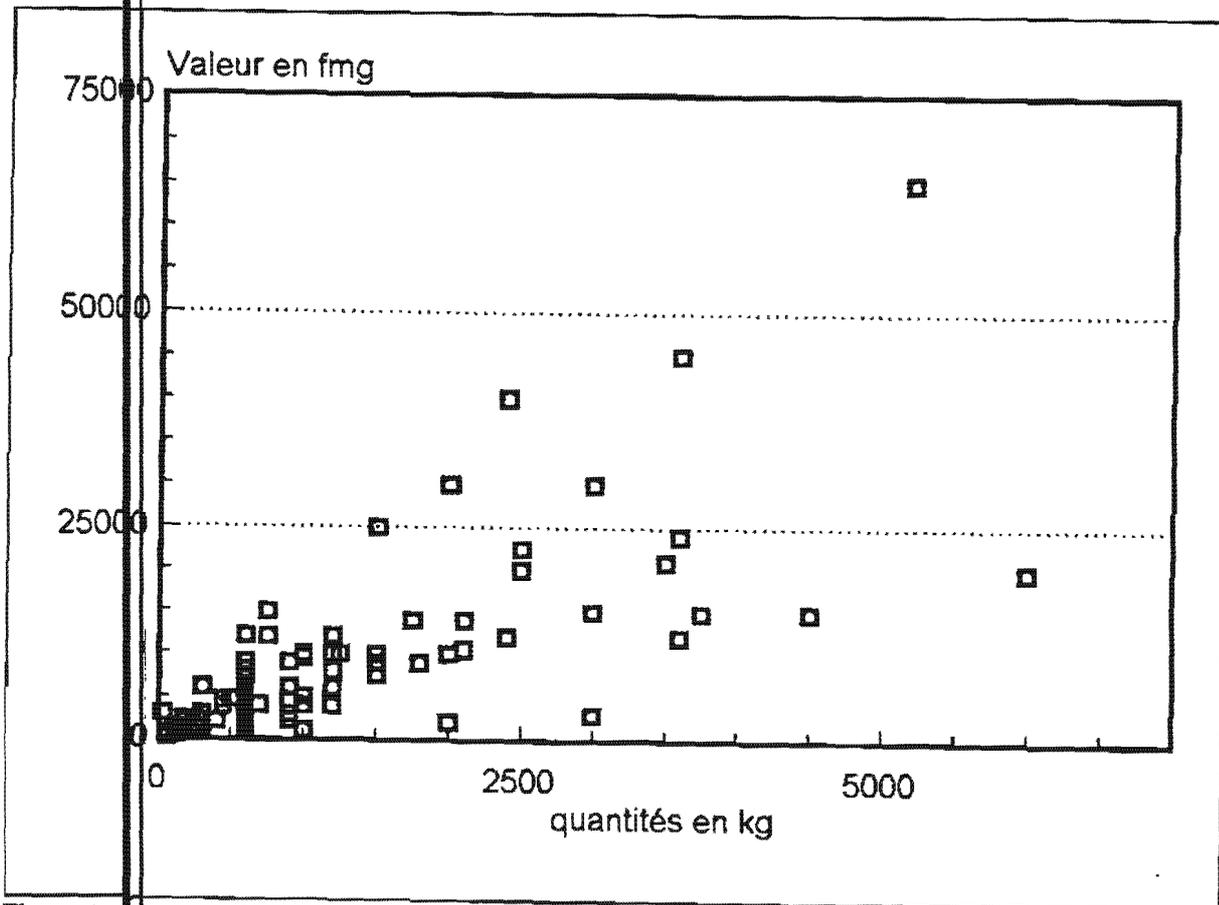


Figure 14 Valeur du fumier à Antsirabe en fonction de la quantité achetée (données ODR 1990-1991)

Selon la disponibilité en animaux, les cultures pratiquées, la pression des vulgarisateurs, la tradition, des pratiques très différentes de fabrication et d'utilisation de la matière organique peuvent être identifiées. De fortes interactions "pratiques - type de parcelle sur laquelle le fumier sera apporté" sont observées. Selon le type de culture et selon les caractéristiques pédologiques, les quantités apportées, les modes d'épandage et les effets recherchés seront très différents. Dans certains cas, c'est l'aspect "apport de ferment" pour une amélioration de la minéralisation de la matière organique en excès qui sera recherchée, dans d'autres cas ce sera la disponibilité en éléments minéraux, dans d'autres encore, une amélioration des propriétés physiques du sol. Les différences entre zones sont symptomatiques de comportements régionaux de choix dans l'affectation du travail pour la fabrication, dans l'affectation du revenu pour l'achat de la matière organique mais aussi pour l'utilisation sur tel type de culture ou de parcelle. Des nuances très importantes à ces comportements régionaux sont apportés par les comportements individuels liés à une situation particulière. Comme pour la gestion de l'eau, le poids de la tradition est fort ce qui ne signifie pas que des évolutions ne sont pas observées.

Un certain nombre d'hypothèses sont vérifiées grâce aux données disponibles:

- les techniques de collecte de fabrication, d'épandage sont d'autant plus fines que les disponibilités en matériau transférable, transportable, transformable et en surface cultivable est plus faible;

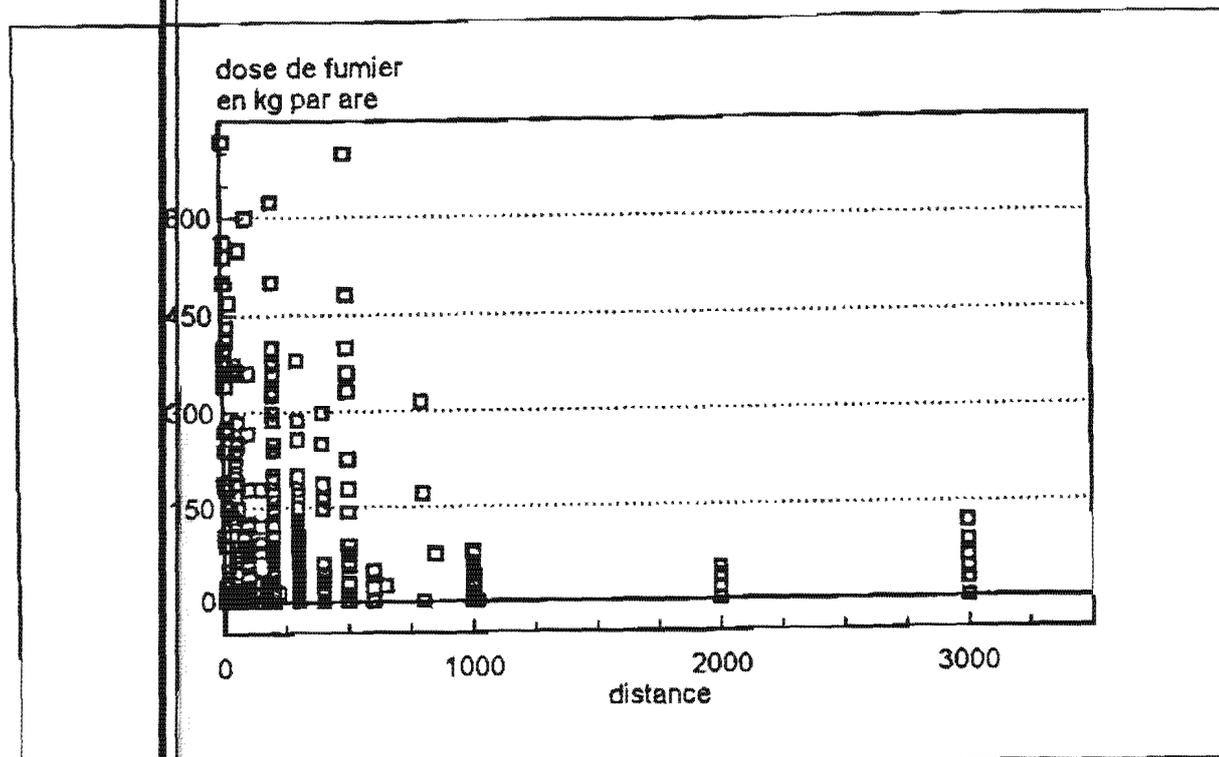


Figure 15 dose de matière organique en fonction de la distance entre l'exploitation et la parcelle (données ODR 1990-1991)

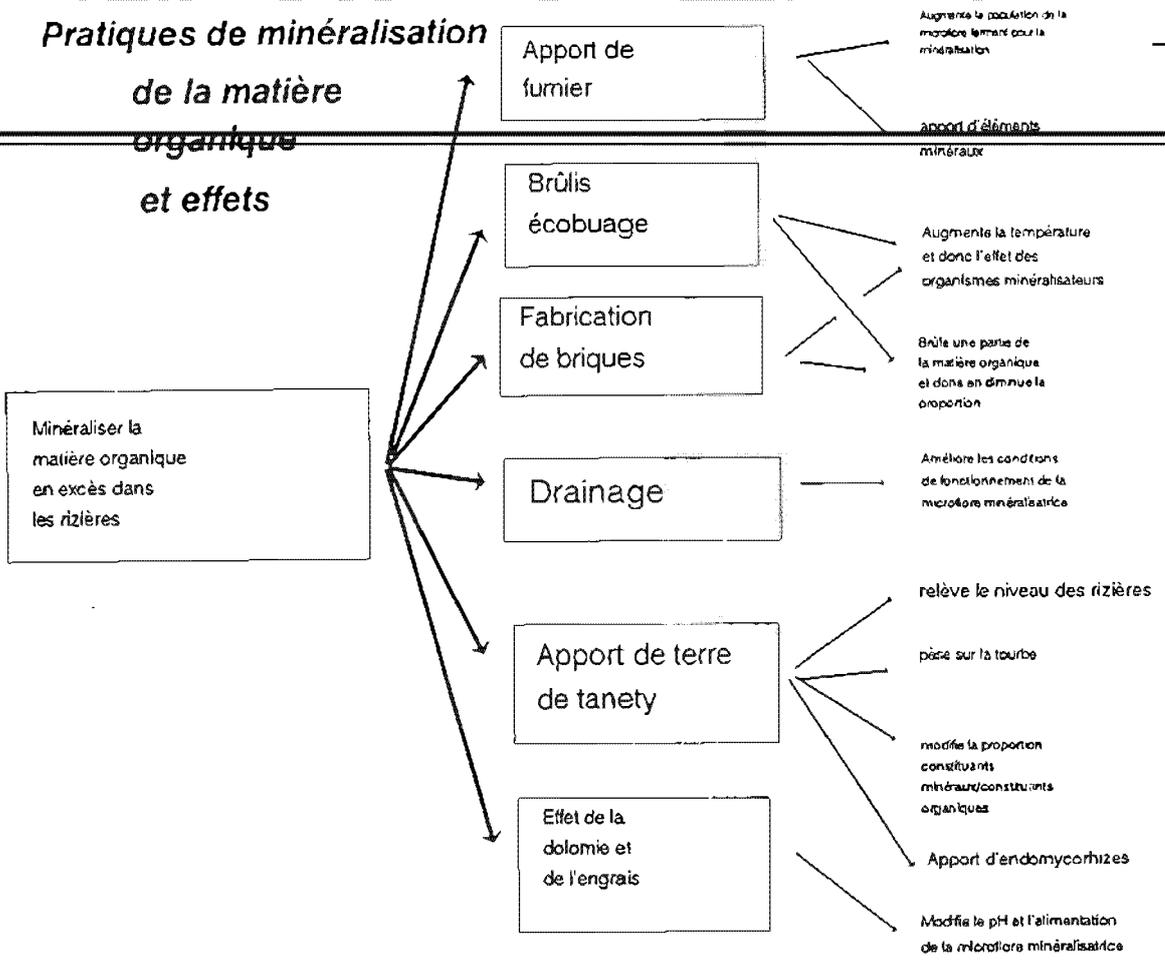
- Il existe des stratégies de fumure:
 - * affectation sur certaines cultures considérées comme prioritaires ou comme répondant mieux à la fumure que les autres;
 - * affectation à des surfaces plus proches nécessitant moins de temps et de travail de transport du fumier, sur des cultures risquant moins le vol car mieux surveillées de la maison;
 - * apports localisés pour éviter des dilutions trop importantes qui minimisent les effets

- Il existe une variabilité des stratégies et des traditions correspondant à une variabilité des conditions du milieu et à la connaissance de la variation de ces conditions: type de fertilisation en fonction de la couleur du sol, de la position de la parcelle dans le paysage.

Des études complémentaires sur le rôle de la matière organique, (taux de la matière organique du sol et matière organique transférée) et les stratégies paysannes dans ce domaine devront être réalisées.

Sur rizière, les niveaux trop élevés de matière organique entraînent le "piégeage" des éléments minéraux et de grandes difficultés à obtenir des productions élevées. Les techniques permettant de réduire ces niveaux doivent être étudiées. Une augmentation des quantités d'eau disponibles pour le repiquage permettrait déjà de développer drainage et labour de fin de cycle. Les techniques de réchauffement par brûlis ou par écobuage devraient être étudiées dans un programme d'envergure et comparées aux techniques traditionnelles comme l'apport de terre de tanety.

Figure 16 Pratiques de minéralisation de la matière organique et effets



Ces études commencées avec des moyens insuffisants par le projet "Riz d'altitude (FOFIFA-CIRAD) devraient permettre de connaître les effets de différentes techniques (cf figure), les possibilités d'appropriation par les riziculteurs et les risques encourus si les précautions nécessaires ne sont pas prises: assèchement irréversible, combustion de la couche tourbeuse entraînant une baisse du niveau de la rizière, déséquilibres nutritionnels (dus en général à un excès d'azote permettant une augmentation du tallage fertile mais une grande stérilité des épillets). Pour cela de nombreux paramètres restent encore à déterminer: arrière effet et rythme (toutes les 1, 2, 3...saisons), intensité quantité de terre de tanety, de végétaux à apporter pour l'écobuage, niveau de drainage), les combinaisons de techniques (par exemple, quelle fumure apporter avec l'écobuage?), précautions à prendre.

5.3 Intensifier ou extensifier? La fumure minérale clé du développement ou illusion du technicien?

Dans les facteurs sur lesquels les paysans peuvent jouer, l'argent est sans doute celui sur lequel le technicien peut avoir le plus d'influence. Le paysan peut décider d'affecter plus ou moins d'argent dans la production agricole et répartir ces sommes de façon différente entre les différents intrants et les salaires. Cette proportion reste généralement faible, située en moyenne en dessous de 25 % pour l'agriculture et l'élevage (cf tableau 4.11). Cette proportion s'élevait à 11 % en 1962 et à 13 % en 1973 sans compter le salariat²⁹².

Lorsque l'on examine les dépenses pour la riziculture, les engrais représentent de 3 à 25 % selon les périmètres (figure 52 à 55 dans la quatrième partie). De grandes variabilités peuvent être observées (figures 52 à 55 dans la quatrième partie):

- du point de vue de la nature et de l'importance des charges de production pour des productions végétales selon le système de culture (variation de un à cinq entre les moyennes par périmètre²⁹³); ces investissements correspondent à des dépenses en nature et en intrants pour la main d'oeuvre: préparation du sol (plantation semis ou repiquage, entretien et récolte), pour les intrants (semences, produits phytosanitaires, fumier et engrais).
- du point de vue de la place des engrais à l'intérieur de ces systèmes. La dose recommandée par la recherche correspond à un maximum qui n'est pratiquement jamais dépassé. Entre la dose recommandée et l'absence d'apport, toutes les situations sont possibles selon les systèmes de culture: un système riz - pomme de terre recevra presque toujours une fumure minérale par opposition à une culture de manioc qui n'en recevra jamais. Des variations pourront être également observées selon les périmètres car l'accès aux approvisionnements et au crédit est très variable.

Pour mieux comprendre ces phénomènes, il est intéressant d'examiner:

- quels sont les paysans qui utilisent le plus la fumure minérale (périmètre, structure d'exploitation) ?
- sur quelles cultures ?
- quel est l'effet des politiques agricoles sur cette utilisation ?
- quelle est la concordance entre les résultats des expérimentations agronomiques et les pratiques des paysans ? En effet, depuis des décennies, de nombreuses expérimentations sont réalisées pour déterminer quelles sont les doses d'engrais à appliquer dans telle ou telle condition sur telle ou telle culture. Ces expérimentations font apparaître un intérêt plus grand pour certaines cultures que pour d'autres en terme d'intérêt financier de la fumure minérale.

²⁹² salariat qui s'élevait à 2 % en 1962, 10 % en 1973

²⁹³ il faut rappeler que les variations inter-périmètres sont moins fortes que les variations intrapérimètres;

5.3.1 L'engrais et les possibilités d'augmentation de la production

Les agronomes étudiant les cultures dans leur milieu ont observé dès le début de leurs essais une réponse significative aux engrais. En effet, une proportion importante de sols présente de bonnes propriétés physique mais de fortes carences minérales qui peuvent être corrigées par des apports d'engrais minéraux²⁹⁴ et organiques. La fertilisation des sols a été une porte d'entrée privilégiée pour agir sur la production agricole.

Müntz et Rousseaux (1901), considérant les analyses des sols qu'ils avaient reçu réalisaient les remarques suivantes:

*" les analyses ayant montré quels sont les éléments qui manquent aux terres, examinons la possibilité d'améliorer celles ci par l'apport des engrais et des amendements. Nous voyons, d'une façon générale, que l'acide phosphorique fait défaut dans le plus grand nombre de cas, tout au moins dans les régions où dominent les terres rouges. Des engrais phosphatés y produiront certainement de l'effet. "*²⁹⁵

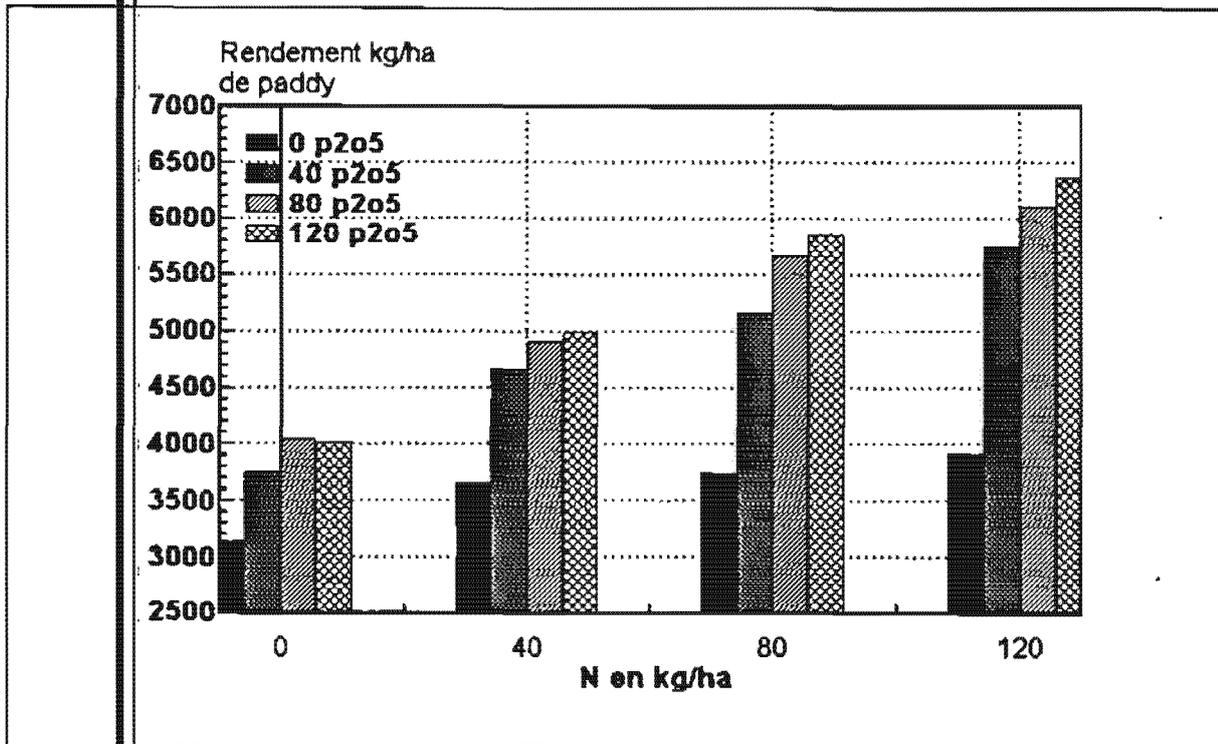


Figure 17 Rendements moyens (paddy) selon les niveaux de N et P2O5 d'après Dulcire et Losseaux (1992)

²⁹⁴ les engrais minéraux sont des mélanges pouvant contenir un ou plusieurs éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium éventuellement d'autres éléments) sous forme minérale, fabriqués en usine et conditionnés pour la vente. Les agronomes ont pris l'habitude d'exprimer les éléments fertilisants $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N pour l'azote, de P_2O_5 pour le phosphore, de K_2O pour le potassium. On désigne souvent les engrais par trois nombres inscrits sur les sacs d'engrais indiquant les pourcentages en poids des éléments nutritifs dans l'engrais, 11-22-16 signifie 11 % d'azote, 22 % de potassium, 16 % de Potassium.

²⁹⁵ Müntz et Rousseaux (1901) pp 207

Les réponses aux engrais sont effectivement généralement bonnes: on retiendra par exemple les résultats fournis par le programme engrais malgache (PEM) FAO qui s'est achevé en 1992.

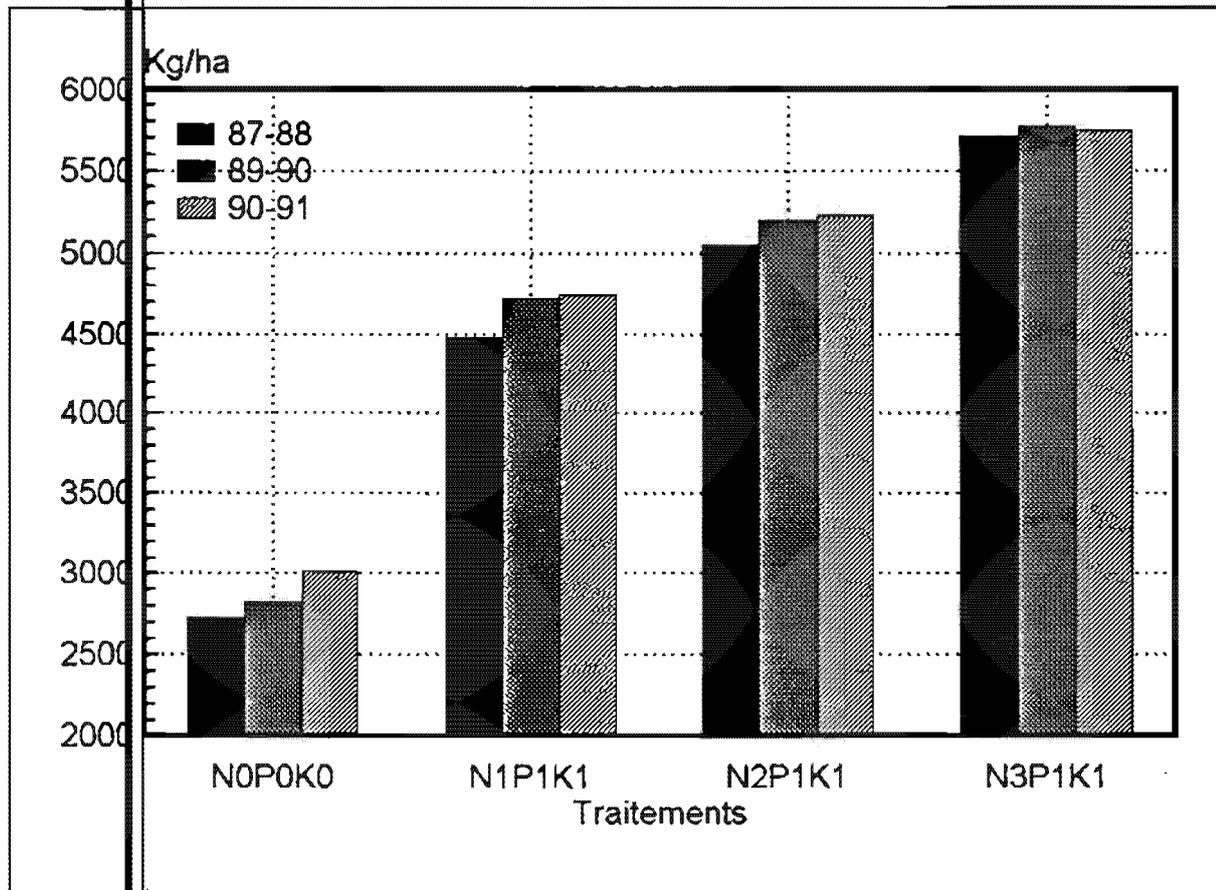


Figure 18 Réponse du riz (rendement paddy) à l'azote sur 78 sites des Hautes Terres pendant 3 années N1 = 40, N2 = 80, N3 = 120, P1 = 66, K1 = 48 d'après Dulcire et Losseaux, 1992

Parmi les milliers d'expérimentations effectuées pour examiner la réponse des différentes cultures à tel élément fertilisant, à tel engrais, à telle combinaison de fertilisant²⁹⁶, une série d'essais conduits sur le riz²⁹⁷ sur les Hautes Terres, très importante dans son extension géographique (82 sites situés entre Fianarantsoa et Tananarive), dans le temps (ces sites ont été suivis pendant au moins trois campagnes successives) et dans le nombre de traitements (18) permet d'estimer la réponse moyenne aux différents éléments fertilisants.

Cette série d'essai représente une masse importante de renseignements de bonne qualité.

Les apports d'engrais augmentent de façon très significative les rendements (figures 18 et 19).

²⁹⁶ y compris le fumier, le compost, la dolomie, la chaux

²⁹⁷ les exemples sont pris de préférence sur le riz parce qu'il s'agit d'une culture réalisée presque toujours sans association ce qui facilite l'appréciation de l'effet de l'engrais et parce que c'est la culture pour laquelle on dispose du plus grand nombre d'observations et de références.

Il est possible de noter une remarquable stabilité interannuelle des moyennes des traitements et donc de l'efficacité moyenne des engrais. Les différentes combinaisons essayées permettent des extrapolations donnant des résultats stables au cours des années: l'optimum obtenu avec l'ensemble des données se situerait autour de 301 unités d'azote et 178 unités de P_2O_5 pour un rendement de 7765 kilogrammes de paddy par hectare (Pit, 1993). Remarquons cependant que sur ces rizières cultivées pour la plupart d'entre elles depuis plusieurs décennies, les paysans qui visent des rendements de 2500 kg ha^{-1} peuvent les atteindre sans prendre le risque de s'endetter pour des engrais.

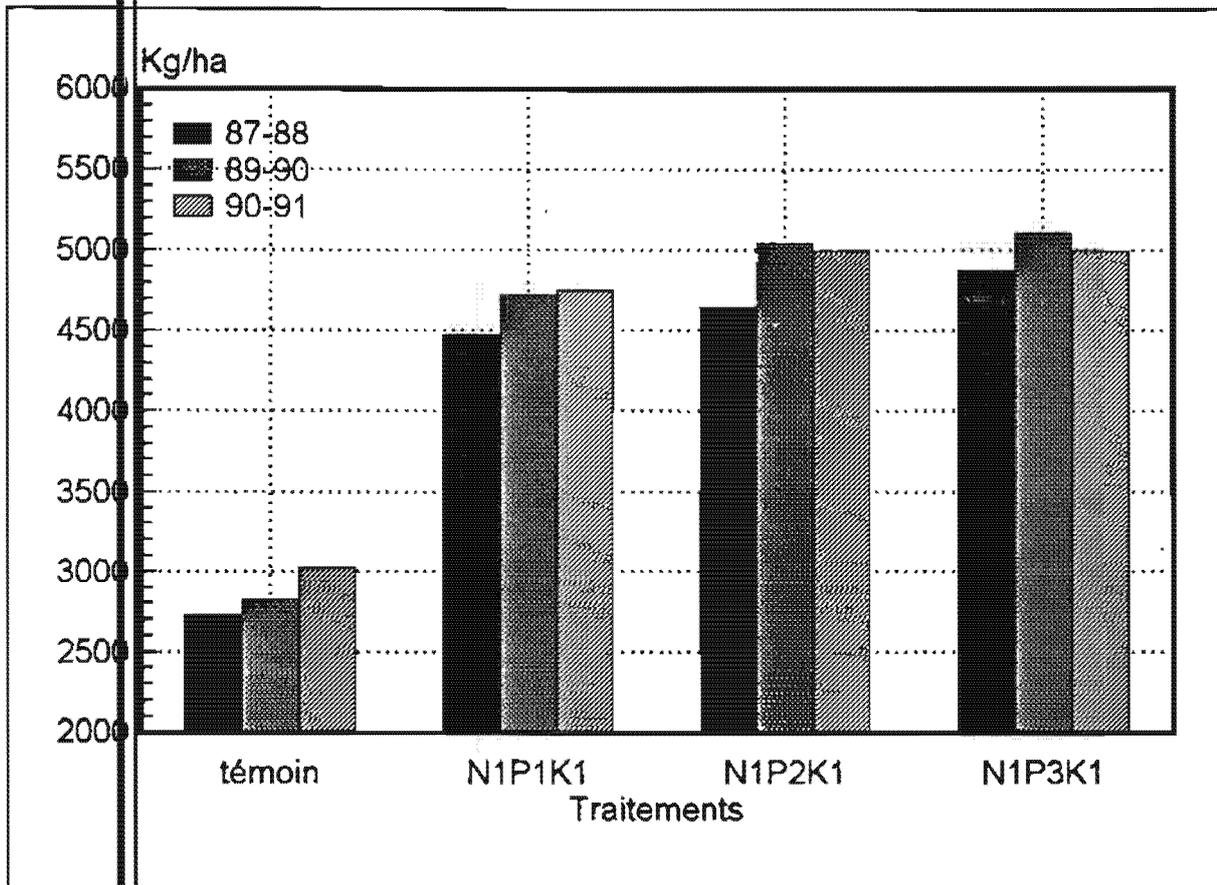


Figure 19 Réponse du riz au Phosphore sur 78 sites des Hautes Terres pendant 3 années; données du projet engrais FAO; $P_1 = 40$, $p_2 = 80$, $p_3 = 120$

L'ensemble des expérimentations réalisées sur le riz (Roche et al. 1956 à 1970, IRAM, PEM, FOFIFA, ODR) va dans le même sens. Les essais conduits sur le maïs, l'arachide, le blé et la pomme de terre montrent également une bonne réponse à l'engrais.

L'appréciation de l'augmentation de la production peut se faire par le calcul de la production supplémentaire apportée par un kilogramme d'engrais²⁹⁸.

²⁹⁸ ce calcul ne peut se faire que lorsque l'on se trouve dans la partie linéaire de réponse aux engrais ou alors pour une formule de fumure donnée.

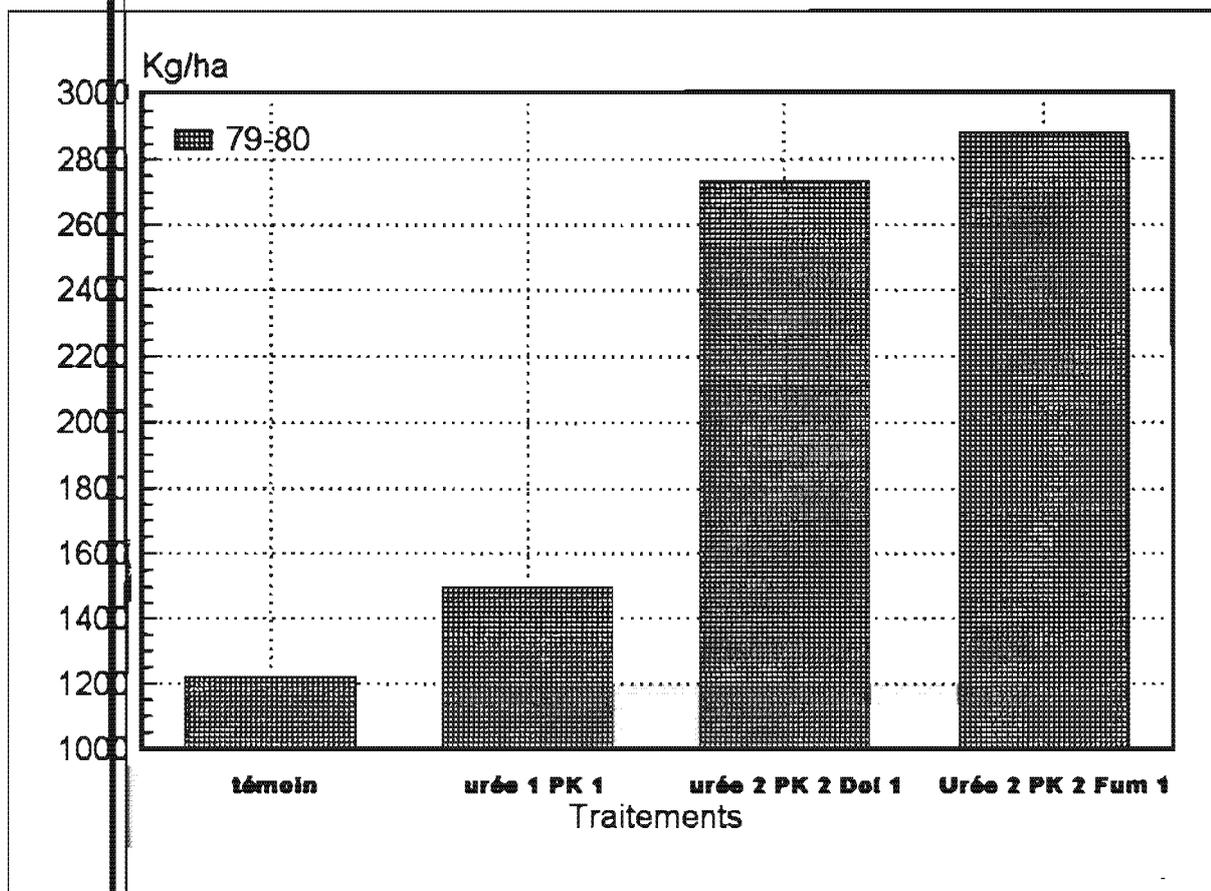


Figure 29 Réponse du maïs aux engrais sur les Hauts Terres 210 sites; données programme engrais; urée 0-150-300kg, PK 0-150-300kg, dolomie 0-300kg, fumier 0-500kg

Tableau 19 productions moyennes pour un kilogramme d'engrais (PEM-FAO, 1986) :

	moyenne pondérée	minimum	maximum
paddy (riz irrigué)	9.5	6	15
paddy (riz pluvial)	7.5	6	9
maïs	4.5		
blé	5.3	4.2	6.1
arachide	6.2	5.7	6.8

Cette productivité varie bien évidemment en fonction de l'année, de la formule utilisée et de certaines conditions qui seront développées plus loin.

Les études sur les rendements des rizières en milieu paysan

Les enquêtes des avant projets sommaires de réhabilitation sur les quatre PPI permettent, par l'étude détaillée de 1533 parcelles de rizières d'examiner la liaison entre l'apport d'engrais et le rendement en paddy.

Les études de corrélation entre le rendement du riz et l'utilisation d'engrais sur le riz font apparaître des corrélations et des coefficients dans les équations de régressions particulièrement stables entre les périmètres. Le rendement en paddy est considéré comme une fonction linéaire de la dose d'engrais du type²⁹⁹:

$$\text{rendement en paddy en kg par are (R)} = a \text{ dose d'engrais en kg par hectare (D)} + b.$$

Le coefficient "a" exprime le supplément de rendement en kg obtenu pour chaque kg d'engrais supplémentaire, le nombre "b", le niveau de rendement (en kg par are ou en quintaux par hectare) du témoin sans engrais.

Tableau 20 Relation entre le rendement et la dose d'engrais; parcelles portant du riz sans contre saison

lieu	a	b	r ²
Ambodibary	3.1	22	0.34
Manandona	4.92	22	0.28
Iandratsay	4.5	24	0.3
Vinavinony	3.7	23	0.17
Moyenne	4	22.8	0.28

Tableau 21 Relation entre le rendement et la dose d'engrais sur le riz; parcelles portant du riz et de la pomme de terre

lieu	a	b	r ²
Ambodibary	2.52	30	0.47
Manandona	4.42	23	0.49
Iandratsay	3.12	18	0.27
Moyenne	3.35	23.7	0.41

Par rapport à un rendement de base sans engrais variant de 1800 à 3000 kg de riz par hectare, chaque kg d'engrais apporterait entre 2.5 et 5 kg de paddy supplémentaire ce qui

²⁹⁹ cette relation de linéarité entre le rendement et une dose de n'importe quel engrais peut paraître un peu hasardeuse et les r² semblent prouver les limites de la linéarité de la relation. Il est possible d'autre part de considérer que les rendements parcelles sont difficilement agrégeables. Les résultats représentent cependant bien la réalité observée sur le terrain.

est inférieur aux données du tableau 19³⁰⁰ dans lequel 1 kg d'élément fertilisant apporterait entre 5 et 15 kg de paddy supplémentaire³⁰¹. La variabilité du rendement est moins forte (coefficient de détermination plus élevé) dans le cas d'une rotation riz - pomme de terre que pour le riz seul. L'efficacité des engrais est meilleure à Manandona (en basse altitude) que dans les autres périmètres. Les corrélations sont bien meilleures si l'on ne considère que les parcelles ayant reçu de l'engrais, 22 % des rizières en moyenne (le coefficient de détermination r^2 varie alors de 0.5 à 0.75). Il est aussi intéressant d'étudier la liaison du rendement en paddy avec l'engrais apporté sur la pomme de terre:

Tableau 23 parcelles recevant de l'engrais sur le riz et sur la pomme de terre de contre saison

lieu	a	b	r^2
Ambolobary	5.7	24	0.35
Manandona	7.37	22	0.45
Iandrahasay	8.53	17	0.60
Moyenne	7.2	21	0.47

Les coefficients du tableau . . . sont obtenus uniquement pour les parcelles recevant de l'engrais sur le riz. Les corrélations sont beaucoup moins intéressantes pour les parcelles qui ne reçoivent pas d'engrais sur le riz. Les rendements de base sans engrais sont comparables mais chaque kilogramme d'engrais y apporte un arrière effet particulièrement intéressant.

L'engrais permet donc d'augmenter la production. L'ensemble des expérimentations et les observations des résultats en parcelles paysannes mettent en évidence cette augmentation systématique (linéaire dans la fourchette des doses utilisées) de la production par l'utilisation d'engrais. Selon le type d'essai, le type d'engrais apporté et même selon le type d'analyse des données, les résultats divergent. Les rendements obtenus en milieu paysan montrent une augmentation de la production beaucoup moins importante que les résultats en milieu contrôlé.

Il est également possible d'observer une grande variabilité entre les périmètres mais aussi à l'intérieur des périmètres (r^2 relativement faibles, toujours inférieurs à 0.6 en milieu paysan). L'augmentation de la production due aux engrais est donc sujette à de grandes variations entraînant chez les paysans des stratégies limitant la fertilisation minérale aux cultures (cf 534) et aux sites³⁰² qui répondent bien et où les risques sont limités.

³⁰⁰ 1kg d'unité apporte 0.46 unité d'azote, 1 kg de 11.22.16. 0.49 unité d'éléments fertilisants NPK confondus

³⁰¹ les résultats moyens annoncés par Roche et Dufournet (1967) donnent 25.5 kg de paddy par kg de N, 11.4 par kg de P_2O_5 et 12.2 par kg de K_2O pour les doses étudiées

³⁰² l'application sur les sites qui répondent bien ou dans les endroits où les risques sont limités correspond à des affirmations difficiles à démontrer avec les données disponibles mais l'observation quotidienne des pratiques et les questions posées systématiquement sur ce sujet vont dans la même direction qui correspond à ce que l'on appelle le "bon sens paysan"

5.3.2 L'intérêt économique de la fertilisation minérale doit être étudié

L'augmentation de la production ne peut se faire à n'importe quel coût. Dès 1901, Müntz et Rousseaux attiraient l'attention sur la rentabilité de cette fertilisation insistant surtout sur les aspects du transport et de la distribution qui restent toujours d'actualité:

" Mais il faut envisager aussi le côté économique de la question. Des engrais concentrés (...) peuvent être amenés par mer sans frais excessifs; ce sont les transports sur terre qui sont coûteux.

Sur les côtes, à proximité des ports de débarquement, il sera sans doute possible de recourir à ces engrais importés d'Europe, comme on le fait, sur une grande échelle, sur d'autres points de la mer des Indes. Il en sera de même sur le parcours des lignes ferrées, si les tarifs sont suffisamment réduits, et sur celui de beaucoup de cours d'eau, que les pirogues des indigènes remontent facilement. Mais ailleurs, dans les localités très éloignées, il ne semble pas possible, à l'heure actuelle d'amener les engrais à un prix de revient qui puisse en rendre l'emploi rémunérateur.

*C'est donc surtout dans les localités desservies par les bateaux ou les pirogues et par les chemins de fer que nous voyons la possibilité d'améliorer les terres par les engrais chimiques.*³⁰³

Prudhomme en 1908 estime les coûts trop élevés pour les sols rouges du centre de Madagascar:

"On arriverait certainement en leur apportant à la fois tous les éléments qui leur manquent à leur donner un peu de fertilité, mais tenter une pareille opération constituerait à coup sûr une erreur économique, surtout dans le centre de Madagascar. Il y a plutôt lieu de les exploiter dans leur état actuel naturel, c'est à dire sans essayer d'y faire des travaux cultureux pénibles ou coûteux."³⁰⁴

Les notions de marge brute³⁰⁵ et de rapport valeur / coût représentant le rapport entre la valeur de l'augmentation de la production autorisée par l'utilisation des engrais et le coût des engrais doivent alors être introduites.

Pour le rapport valeur / coût, une limite est fixée à deux, sensée représenter la borne inférieure de l'incitation à l'utilisation. Si les résultats d'une expérimentation sur une formule de fumure dans des conditions données permettent d'obtenir un rapport valeur coût supérieur à deux, il est possible d'espérer que les cultivateurs seront incités à utiliser cette formule.

³⁰³ Müntz et Rousseaux (1901) pp 208-209

³⁰⁴ Prudhomme (1908) p 455

³⁰⁵ valeur totale de la production à laquelle le coût des intrants a été enlevé

Tableau 23 rapports valeur coût moyens (PEM-FAO, 1986) :

	minimum moyen	maximum moyen
paddy (riz irrigué)	1.6	5.6
paddy (riz pluvial)	1.5	3.3
maïs	1.3	1.5
blé	1.5	3.9
arachide	1.9	5.5

L'étude de ces rapports valeur / coût entraîne un certain nombre de questions:

- quelle précision accorder aux valeurs du rendement retenues pour le calcul de la valeur de l'augmentation de la production. Les écarts types et coefficients de variation observés sont souvent importants (cf en 533 l'étude de la variabilité des résultats);

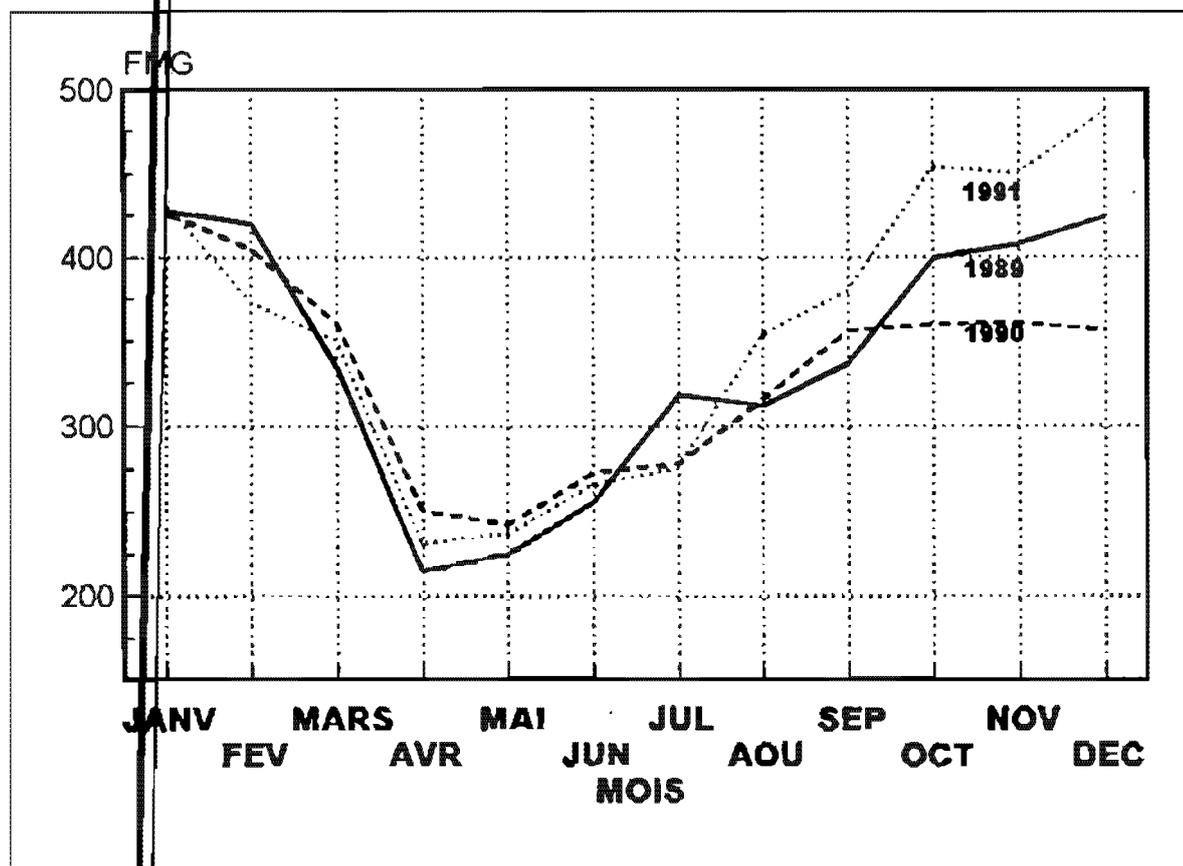


Figure 21 Variation du prix du paddy sur le marché d'Ambohibary (source suivi des marchés RD PPI)

→ quel prix prendre pour valoriser la production? On note en effet de grandes variations dans l'espace et dans le temps, en particulier pour les produits dont les prix sont fortement saisonnalisés. Faut-il prendre les prix au moment de la récolte, période où les producteurs pressés par des besoins d'argent ont tendance à commercialiser une partie de leur récolte, ou bien ceux de la période de soudure lorsqu'il faut acheter ces produits pour la consommation ou pour les semences? (variation des prix du riz blanc, de la pomme de terre). Un rapport de 1 à 2 ou à 2.5 entre les prix de différentes périodes de l'année n'a rien d'étonnant (cf figure 21 et 22). Il faudra ainsi considérer différemment ce rapport selon les exploitations: pour un paysan qui peut stocker tout le paddy nécessaire à sa consommation, il faudra considérer le prix au moment de la récolte. En effet, une augmentation de production sera vraisemblablement commercialisée à ce moment là. Il en va tout autrement pour le paysan dont la production est insuffisante et qui doit en acheter, le plus souvent au moment de la soudure. Une augmentation de production devrait permettre d'en acheter moins. Le prix du riz à prendre en compte dans ce cas sera proche du prix le plus élevé.

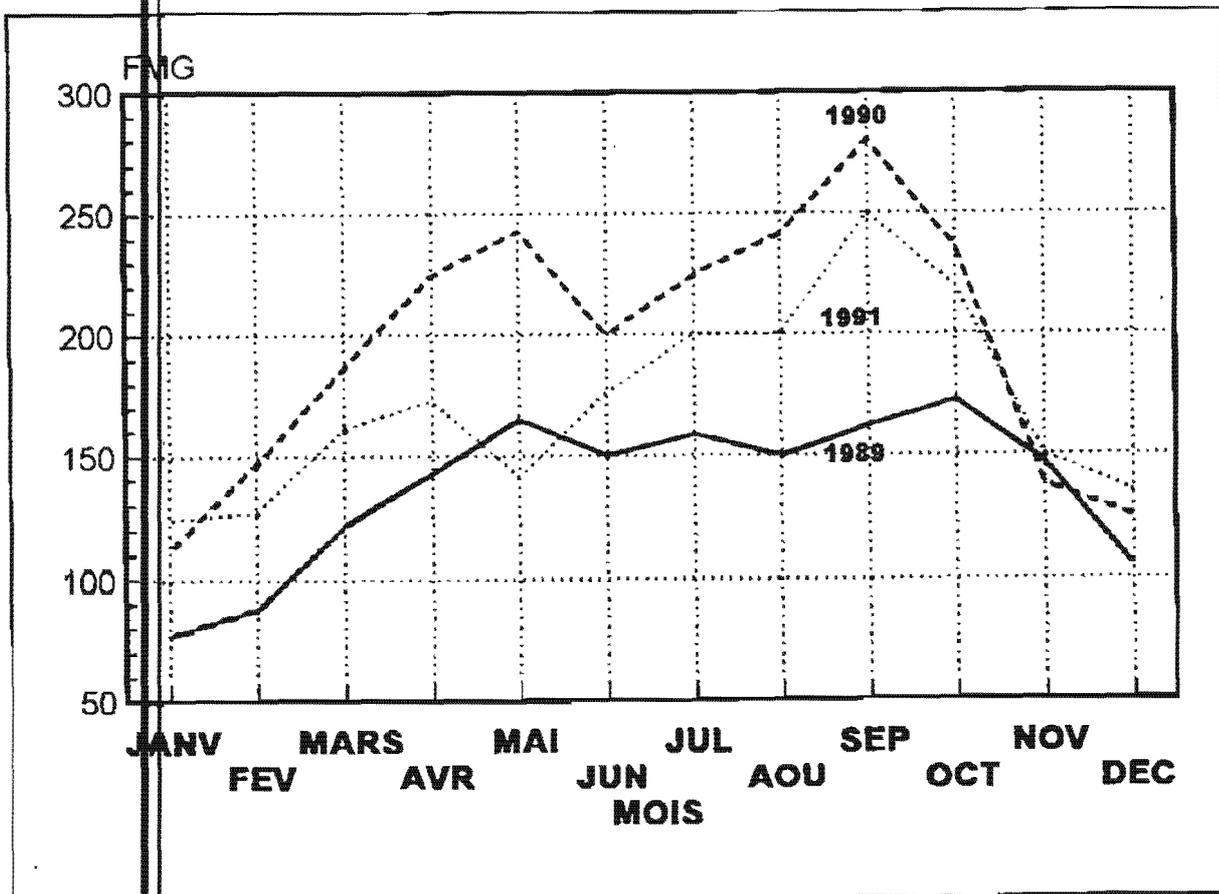


Figure 22 Variation des prix de la pomme de terre sur le marché d'Ambohibary (source suivi marché RD PPI)

→ lorsque les prix sont réglementés (comme cela a été le cas jusqu'en 1986), faut-il prendre les prix officiels ou les prix du marché noir?

- comment prendre en compte les ventes sur pied où le prix de la convention qui s'établit entre le vendeur et l'acheteur se situe bien en dessous des prix de marché à venir? Le cultivateur, talonné par des besoins d'argent urgents se sent en position de faiblesse devant l'acheteur. D'après Ranaroso (1991)³⁰⁶, les ventes sur pied pourraient constituer 25% des ventes de paddy à Ambohibary.
- la recherche de rapport valeur coût intéressant n'entraîne t'elle pas une recherche trop importante de produits à forte réponse aux engrais ou à prix unitaire élevé sans réellement prendre en compte les souhaits de ceux qui cultivent et qui ont parfois d'autres objectifs (comme se nourrir...). La recherche de l'amortissement d'un investissement fertilité sur les Hautes Terres (Haut de Sigy, 1968-1969-1971) a entraîné le recours à des cultures valorisant bien les apports d'engrais mais que les paysans n'étaient pas prêts à adopter. De nombreuses études ont ainsi été faites sur les fourrages (chloris, melinis) sans que ces fourrages passent dans le milieu.

Le rapport valeur coût avoisine bien souvent la valeur de deux. Lorsque l'on considère l'imprécision et le risque sur le résultat, il est possible de rechercher une marge de manœuvre plus importante. Le rapport s'exprimant de la façon suivante

(production avec le traitement engrais - production du témoin sans engrais) * prix du produit

nombre de kg d'engrais * prix du kg d'engrais

est égal à

Production engrais - production témoin	*	Prix du produit
nombre de kilogramme d'engrais		Prix des engrais

il s'avère important de suivre l'évolution de ce rapport prix des produits sur prix des engrais.

L'étude de ce rapport (figure 23) entraîne certains commentaires, l'évolution du prix du paddy et de celui de l'engrais n'étant que très peu liées.

L'évolution du prix du riz:

Le prix du riz a connu de nombreuses crises pendant la période coloniale³⁰⁷ puis depuis l'indépendance. Ces variations de prix ont été étudiées par différents auteurs et notamment Yung (1986) qui distingue plusieurs périodes:

La période 1960-1973 pendant laquelle les intervenants des secteurs privés et public ont coexisté. Pendant cette période, un système de contrôle des prix³⁰⁸ visait à assurer au niveau du producteur l'achat à un prix satisfaisant du paddy vendu et à limiter au niveau du

³⁰⁶ p 79

³⁰⁷ crises étudiées par Feugas (1979)

³⁰⁸ Bureau de Commercialisation et de stabilisation des prix du riz et du paddy supprimé en 1972 (Ramamonjisoa 1985)

consommateur les augmentations de prix. Ce contrôle s'est avéré efficace pour augmenter à la fois prix et production jusqu'en 1967.

De 1967 à 1970, des investissements importants ont permis de fortes augmentations de la production mais n'ont pas empêché une stagnation du prix au producteur. A partir de 1970, la dégradation des prix au producteur semble aller à l'encontre des efforts d'investissement³⁰⁹. Pélissier (1976) remarque que dès 1971, malgré les subventions gouvernementales, le rapport de prix entre l'engrais et le paddy est jugé faiblement encourageant par les paysans.

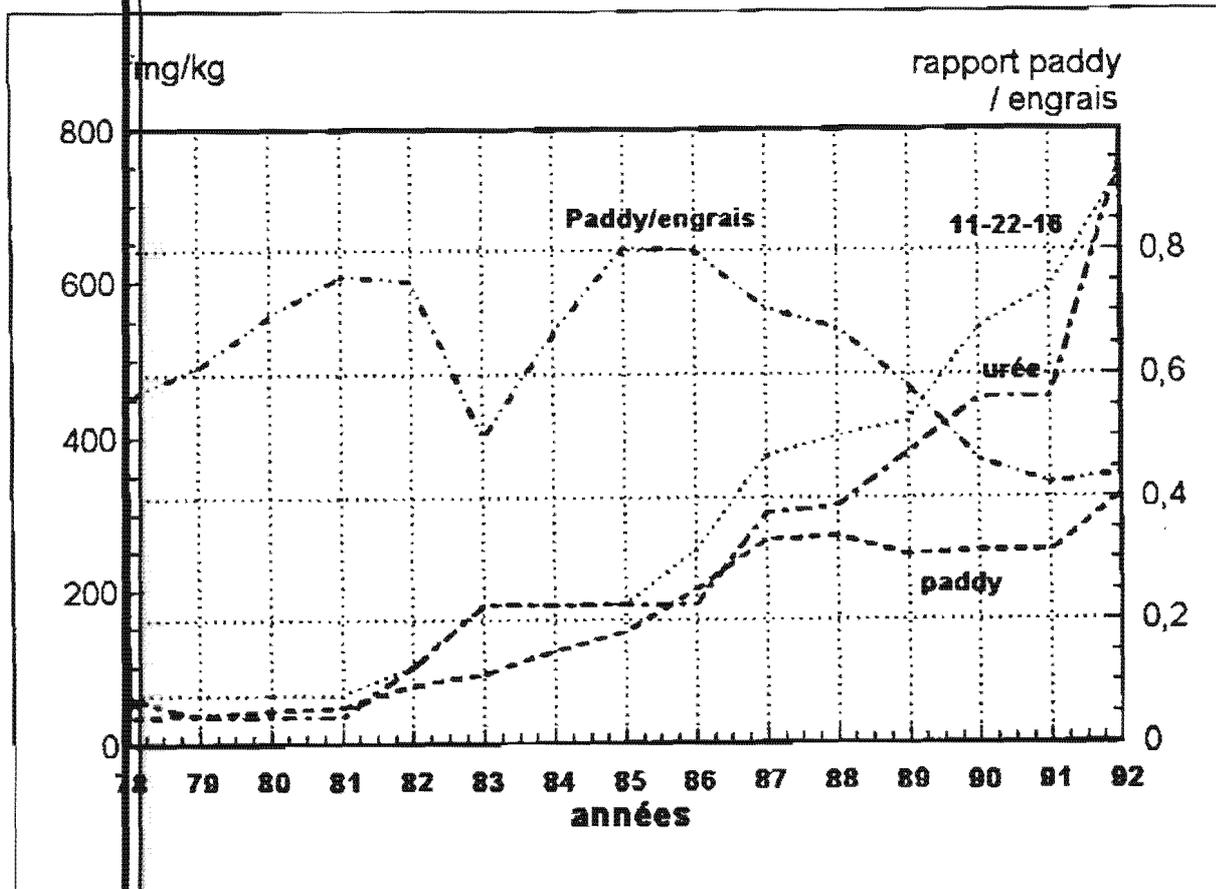


Figure 23 relation entre le prix du paddy et celui des engrais entre 1978 et 1992

de 1974 à 1983, l'Etat a voulu contrôler l'organisation de la filière riz et de son fonctionnement par l'intermédiaire de sociétés d'Etat telles que la SINPA³¹⁰. Encadrement des prix à la production et à la consommation, limitations ou autorisations préalables ont empêché la liberté de cette filière. Pendant cette période, un dixième de la production était

³⁰⁹ ce qui entraîne le commentaire suivant de l'AIRD (cité par Yung, 1986) : " au début des années 1970, le prix du paddy est resté constant, et malgré l'utilisation accrue des engrais, la production a stagné complètement".

³¹⁰ Société d'Intérêt National pour la Production Agricole à laquelle des objectifs très ambitieux de commercialisation mais aussi de développement étaient assignés. De 1974 à 1977, la SINPA a eu le monopole de la collecte. Ce monopole est devenu d'Etat en 1977, les intervenants comprenant en plus de la SINPA, les sociétés d'aménagement et les sociétés d'Etat COROI, ROSSO, SOMACODIS et SICE

collecté (1974-1980). Cette quantité a presque diminué de moitié en 1981 et 1982³¹¹. En effet, les sociétés d'Etat perdaient de l'argent à collecter du paddy et elles ont diminué la collecte pour minimiser leurs pertes. De 1973 à 1977, les prix officiels de collecte ont augmenté puis baissant jusqu'en 1982 sont devenu "anti-incitatifs" à la production et ont permis le développement d'un important marché parallèle. Les prix du riz en ville, lorsqu'ils ont été soumis à ces marchés parallèles, ont augmenté brusquement suscitant des mécontentements. Yung (1986) remarque en caricaturant que cette période peut être caractérisée par une politique peu incitative de collecte de riz et, paradoxalement, par une politique de distribution encourageant, grâce à des subventions étatiques, le développement de la consommation de riz. Cette contradiction au sein de la filière était résolue par un recours massif aux importations.

A partir de 1983, les prix et la collecte sont libérés³¹², tout en maintenant des prix planchers, les importations sont limitées ce qui entraîne une hausse des prix aux producteurs et une augmentation très importante des prix de détail. Pendant la saison 1984-1985, avec le début de la libéralisation, un mois de février catastrophique (nombreux cyclones) entraîne une hausse des prix.

A partir de 1987, l'intervention des stocks tampons³¹³ empêche les prix du riz blanc et, indirectement, du paddy d'atteindre des niveaux trop élevés. Les prix restent stables jusqu'en 1991 où les événements politiques entraînent à nouveau une hausse des prix.

Pélissier (1976) note que les riziculteurs seraient sans doute disposés à intensifier la culture du riz si leur travail était correctement rémunéré, c'est à dire "*si une intervention sur les prix rendait payants les surplus de riz que l'emploi de l'engrais lui permettrait de mettre sur le marché*". Mais comme le signale Benz (1991), "*divers facteurs internes sont incriminés mais ils ne sont pas les seuls: la pression exercée par les exportateurs importateurs au moyen du riz bon marché et facilement disponible a largement incité les pays africains à s'approvisionner sur le marché international plutôt que d'appuyer la production locale*".

Les prix du paddy et du riz blanc varient donc de façon complètement indépendante de ceux des engrais. Le riz est à Madagascar, comme dans beaucoup de pays d'Afrique, un produit stratégique auquel on ne peut toucher sans risques de mouvements sociaux. D'une façon générale, les interventions politiques sur le prix du riz ont toujours visé une amélioration de la situation des consommateurs plutôt que celle des producteurs.

³¹¹ Pelbre Murtz citée par Yung. (1986 p 65)

³¹² "le gouvernement estime que le système d'administration des prix et de monopole de la collecte et de la commercialisation appliqué jusqu'ici n'est pas de nature à susciter une réaction favorable de la part des producteurs pour améliorer la production" déclaration du Ministère de la Production Agricole et de la Réforme Agraire citée par Yung (1986)

³¹³ stock d'intervention approvisionné par les importations qui sert à défendre un prix plafond sur les marchés

Les paramètres déterminant les prix des engrais

Après avoir examiné quels sont les facteurs qui influencent les prix des produits, il est intéressant de voir ceux qui influencent les prix des intrants. La première réponse des paysans lorsqu'il leur est demandé ce qu'il est possible de faire pour améliorer leur condition de production est, de façon quasi unanime: "les engrais sont trop cher, il faut que les prix baissent". Pour mieux comprendre cette réponse, il faut garder à l'esprit le fait que de nombreux paramètres ont pu influencer sur ce prix. La détermination du prix de l'engrais est, en effet un phénomène complexe dans lequel interviennent un certain nombre de facteurs dont l'importance et le poids respectif ont varié au cours des quarante dernières années.

Le prix des engrais devrait être fixé de façon mécanique à partir du prix FOB³¹⁴ en tenant compte de certains coûts à chaque stades de la filière d'approvisionnement (cf figure 24). Selon la théorie libérale qui prévaut actuellement, ce sont les conditions macro-économiques qui déterminent l'intérêt d'utiliser une fumure minérale sur une culture dans des conditions données et non la capacité d'une formule de fumure à augmenter une production³¹⁵ qui peut fixer le prix de l'engrais³¹⁶.

De nombreux éléments sont intervenus pour modifier ce prix de l'engrais (cf figure 25).

Le prix des matières premières a connu une augmentation importante suivant les chocs pétroliers. La valeur du franc malgache a fortement baissé par rapport au dollar ou au franc français passant de 1 franc français pour 50 francs malgaches à une valeur qui tend maintenant vers 1 franc français pour 500 francs malgaches.

Les subventions, instrument politique ou économique d'incitation ont varié de 0 à 50 % en fonction du moment. Ces subventions ont commencé dans les années 1950 pour s'arrêter en 1961, repris en 1965 pour s'arrêter à nouveau en 1987. Les taux étaient très variables selon les époques (de 0 % à plus de 50 %) et à, une même date, entre les différents engrais pour favoriser certaines formes au dépens d'autres. Pendant l'époque du GOPR, elles étaient divisées en subvention sur le prix d'achat et subvention sur les frais d'approche pour permettre un même prix dans les magasins éloignés des axes de communication et dans les grands centres.

³¹⁴ free on board

³¹⁵ l'augmentation moyenne de la production autorisée par l'engrais est estimée. Le prix de l'engrais est calculé pour conserver un rapport valeur de l'augmentation de la production sur coût de l'engrais supérieur à deux.

³¹⁶ ceci est d'autant plus vrai pour les pays qui ne disposent pas d'autre secteur que l'agriculture pour subventionner la production agricole

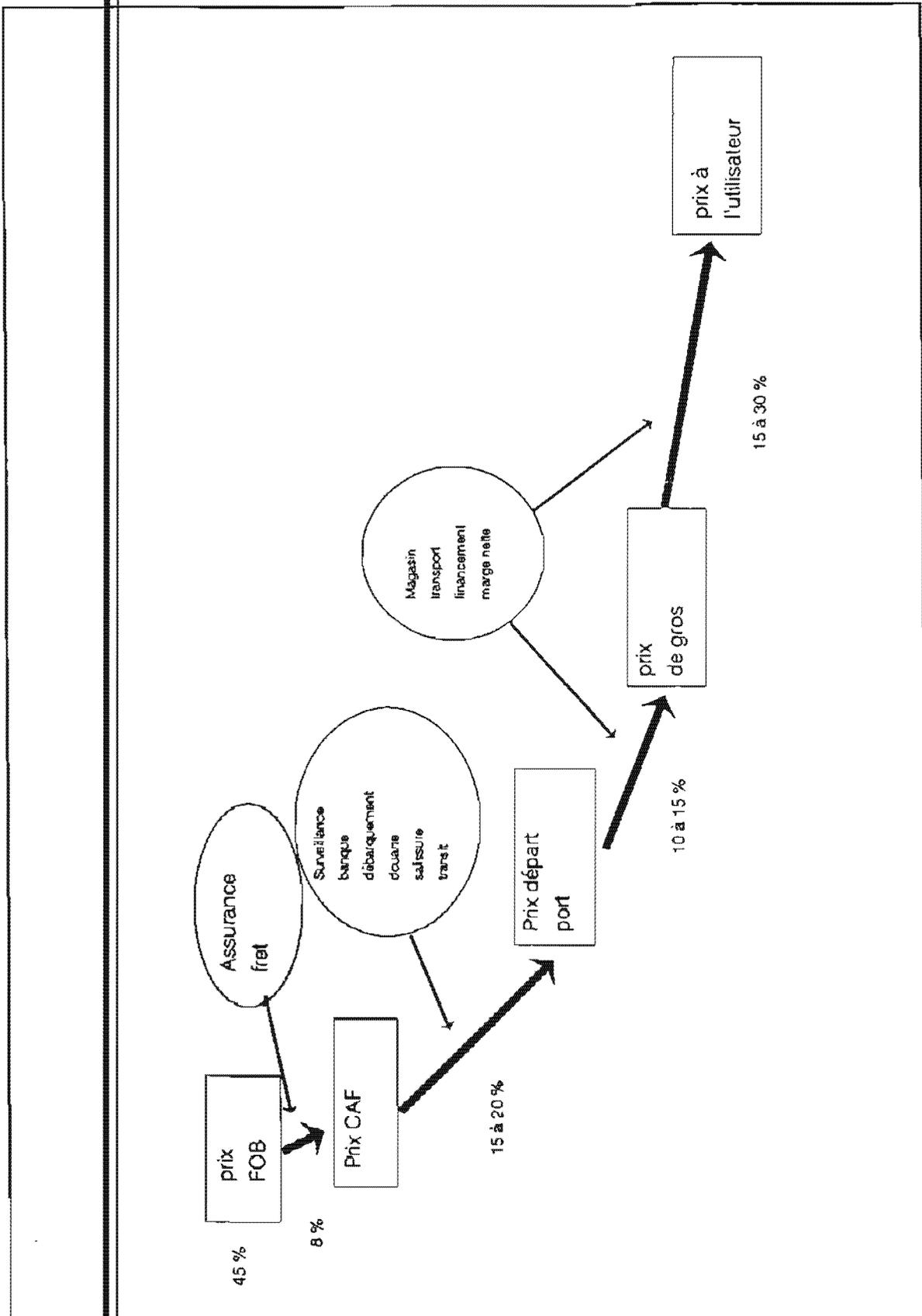


Figure 24 Exemple de constitution du prix de l'engrais dans un système d'économie libérale avec concurrence

Tableau 24 Subventions (fmg/kg) aux engrais supportées par le Budget de l'Etat malgache pendant le GOPR (Caqueray, 1971)

Type d'engrais	subvention sur prix achat	subvention sur frais d'approche	total subvention	prix engrais subventionné	prix engrais sans subvention	% subvention
Sulfate ammonium	0.17	4.2	4.37	17	21	19.2
urée	1.62	4.2	5.8	25	30.8	18.9
PK 21-6	5.12	4.2	9.3	13	22.2	41.6

La subvention aux engrais reste dans beaucoup d'esprit un des meilleurs moyens d'inciter les agriculteurs à utiliser les engrais et, à travers cette utilisation, à augmenter la production.

Les dons d'engrais représentent pour certains pays un moyen d'appuyer la production agricole malgache, d'établir ou de conserver une influence politique ou encore de venir en compensation de privilèges accordés dans d'autres domaines. C'est ainsi que se sont succédés les dons français et européens qui transitaient par le GOPR, les dons norvégiens qui s'y sont substitués à partir de 1975 et les dons japonais. Ces engrais sont donnés au gouvernement malgache qui les adjuge à une société d'Etat ou, depuis la libéralisation, au plus offrant pour alimenter des fonds de contrepartie. La Norvège a cessé ses dons en 1991 à cause du manque de fiabilité du système, une proportion non négligeable des fonds de contrepartie n'étant jamais versée.

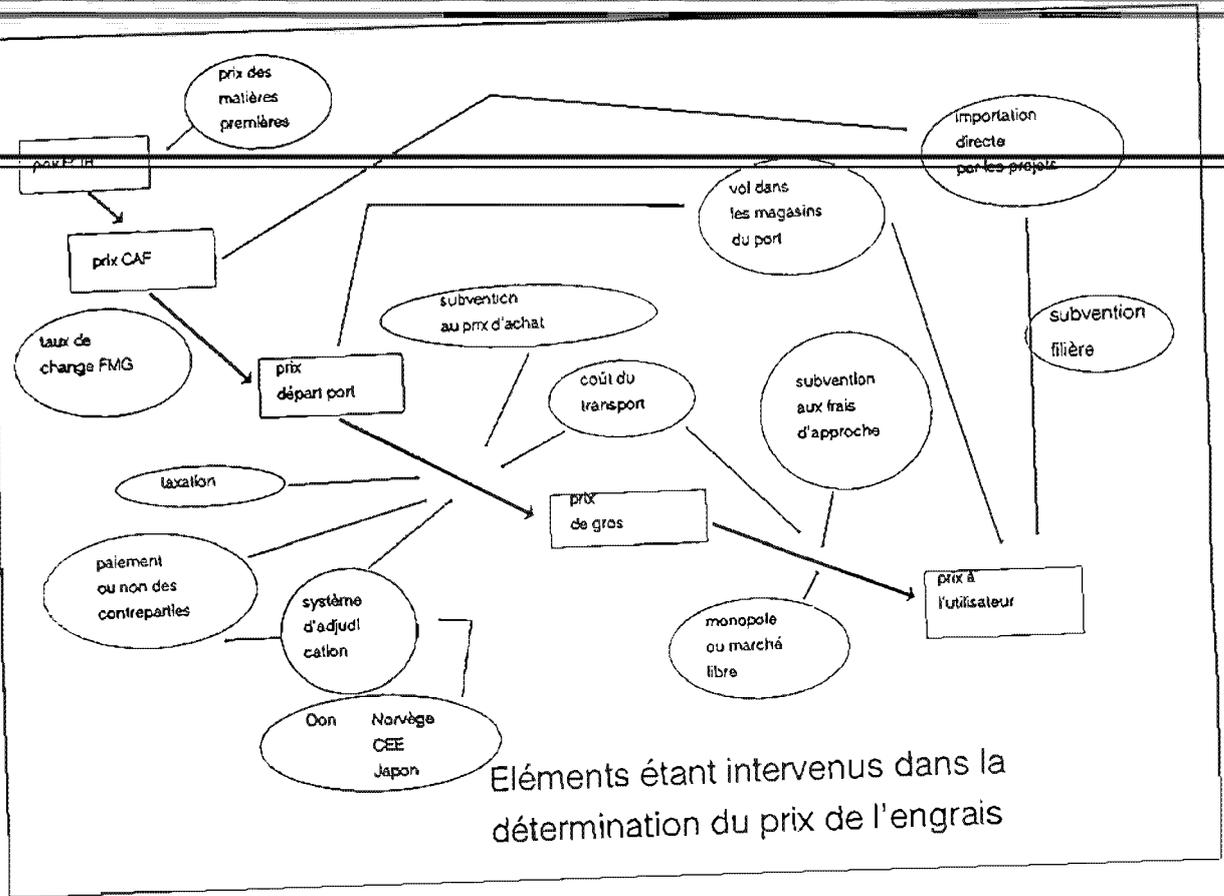
Le coût du transport est soumis à de grandes fluctuations: les frais d'acheminement sont parfois pris en charge par les projets sous forme de transferts par les camions de ce projet ou sous forme de subvention sur frais d'approche (cf tableau 24). Encadrement et libéralisation peuvent aussi jouer un rôle capital dans ces coûts: pendant le début des années 1980, pièces détachées introuvables et dégradation des infrastructures routières avaient rendu l'acheminement de l'engrais très difficile.

Les vols dans les entrepôts du port ont fait varier à certaines périodes le coût de l'engrais, les engrais volés étant revendus par de petits distributeurs indépendants qui concurrençaient de façon peu loyale les engrais de la filière officielle. La situation monopolistique de COROI a permis à d'autres périodes de réaliser des marges à la distribution substantielles.

L'ensemble de ces facteurs s'est sur-ajouté aux variations du prix CAF Tamatave dépendant des cours mondiaux et de l'importance des livraisons. Les variations reconstituées indiquent une fourchette pour le prix de cession au cultivateur allant de 110 % à plus de 300 % du prix CAF Tamatave.

Les effets de la libéralisation

Figure 25 éléments intervenus dans la détermination du prix de l'engrais



Éléments étant intervenus dans la détermination du prix de l'engrais

Il est intéressant d'examiner à la lumière des prix et quantités commercialisés sur les marchés l'évolution des rapports entre les prix des produits et ceux des engrais depuis que ces prix sont libéralisés³¹⁷. Le marché d'Ambohibary présente une activité suffisante pour réaliser de tels suivis

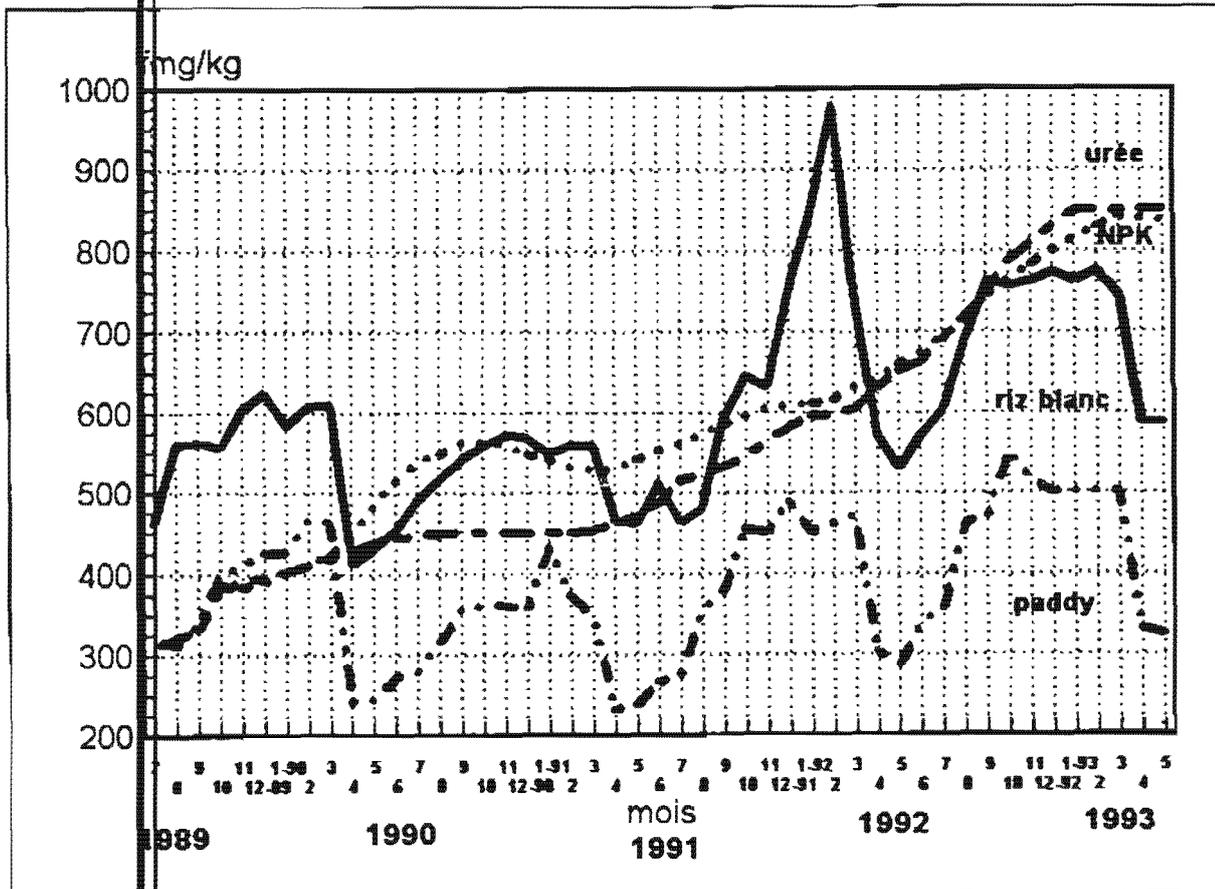


Figure 26 Variations des prix de l'engrais, du paddy et du riz blanc à Ambohibary (1989-1993) (source suivi marché RD PPI)

Les prix de l'engrais ont augmenté de façon régulière³¹⁸ et significative depuis 1989 (figure 26). Cette hausse peut être attribuée à la baisse du taux de change du franc malgache et à la suppression des subventions. Le prix du paddy, en revanche présente une régularité d'électrocardiogramme, répercutant l'incidence de la récolte sur la courbe des prix³¹⁹.

³¹⁷ les premiers effets de la libéralisation ont été perceptibles à partir de 1988

³¹⁸ la corrélation avec une tendance linéaire de croissance est
 pour le NPK $r=0.94$ la droite ayant les coefficients suivants $9.93x + 347$
 pour l'urée $r=0.92$ $10.99x + 293$
 pour le paddy $r=0.40$ $2.47x + 322$
 pour le riz blanc $r=0.56$ $4.94x + 486$

la dispersion est beaucoup plus importante pour le paddy que pour le riz blanc et, bien entendu que pour les engrais. La croissance des prix est beaucoup plus grande pour le NPK et l'urée que pour le riz blanc et de façon plus importante, le paddy. La situation devient de moins en moins favorable à l'utilisation de l'engrais sur le riz.

³¹⁹ les quantités de paddy commercialisé augmentent de façon très importante. Tout le paddy n'est pas commercialisé au marché - une grande partie est vendue sur les bords des champs, dans les hameaux ou dans des points déterminés par les riziers et collecteurs. Il est cependant évident que prix et quantités sur les marchés sont très fortement liés aux prix et quantités hors marché.

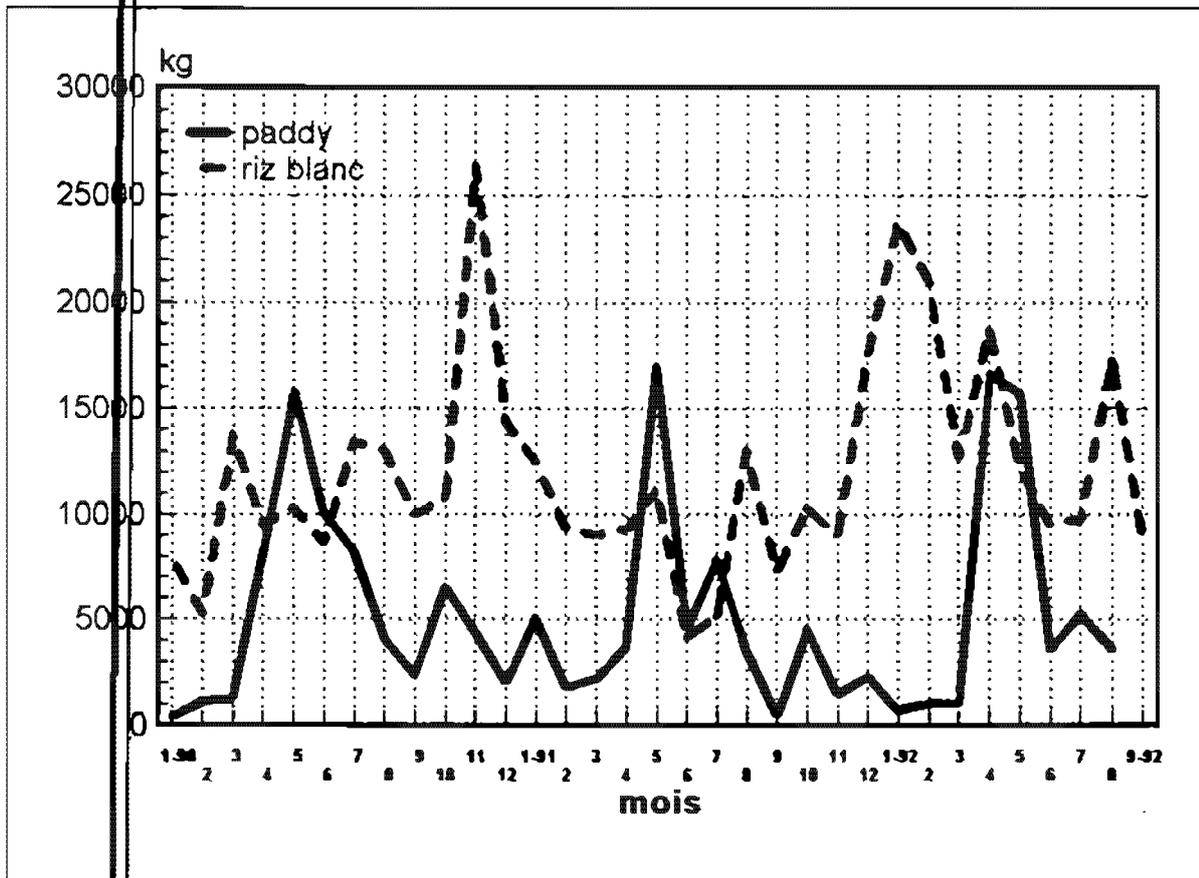


Figure 27 Variation des quantités de paddy et de riz commercialisées au marché hebdomadaire d'Ambohibary (89-93) source suivi marche RD PPI

L'étude de la variation des quantités d'engrais³²⁰ vendues par le magasin COROI d'Ambohibary les jours de marché (figure 27) laisse apparaître une tendance similaire au cours des années et donc une absence de tassement du à une évolution défavorable du rapport prix des produits sur prix des intrants.

Tableau 26 variation des quantités d'engrais vendues les jours de marché Ambohibary en kg

	1989	1990	1991	1992
urée	16840	20785	14515	18215
NPK	30810	54520	32135	37045

C'est la courbe du paddy qu'il faut examiner sur la figure et non celle du riz blanc forme sous laquelle la commercialisation par les paysans est très faible. La déconnexion des courbes

³²⁰ Il s'agit sur la courbe de moyenne mobile pour le prix des engrais. Le prix moyen mensuel du NPK est réalisé par pondération avec la quantité de chaque engrais ternaire vendu par COROI. En effet, 11-22-16, 15-15-15 et 20-10-10 sont présents simultanément à des prix différents

des prix paddy / riz blanc montre des phénomènes de spéculation sur le riz lorsque certaines périodes de soudures sont particulièrement difficiles (décembre 1991- janvier 1992 notamment). L'étude des quantités vendues sous les deux formes (riz - paddy), en mettant en évidence la complémentarité de ces deux formes -figure 27- (quand les quantités commercialisées de paddy baissent, les quantités de riz blanc augmentent) montrent que ce n'est pas le paddy qui vient d'être vendu qui est transformé mais plutôt qu'il s'agit de riz blanc en provenance de l'extérieur ou stocké en attendant une hausse des prix.

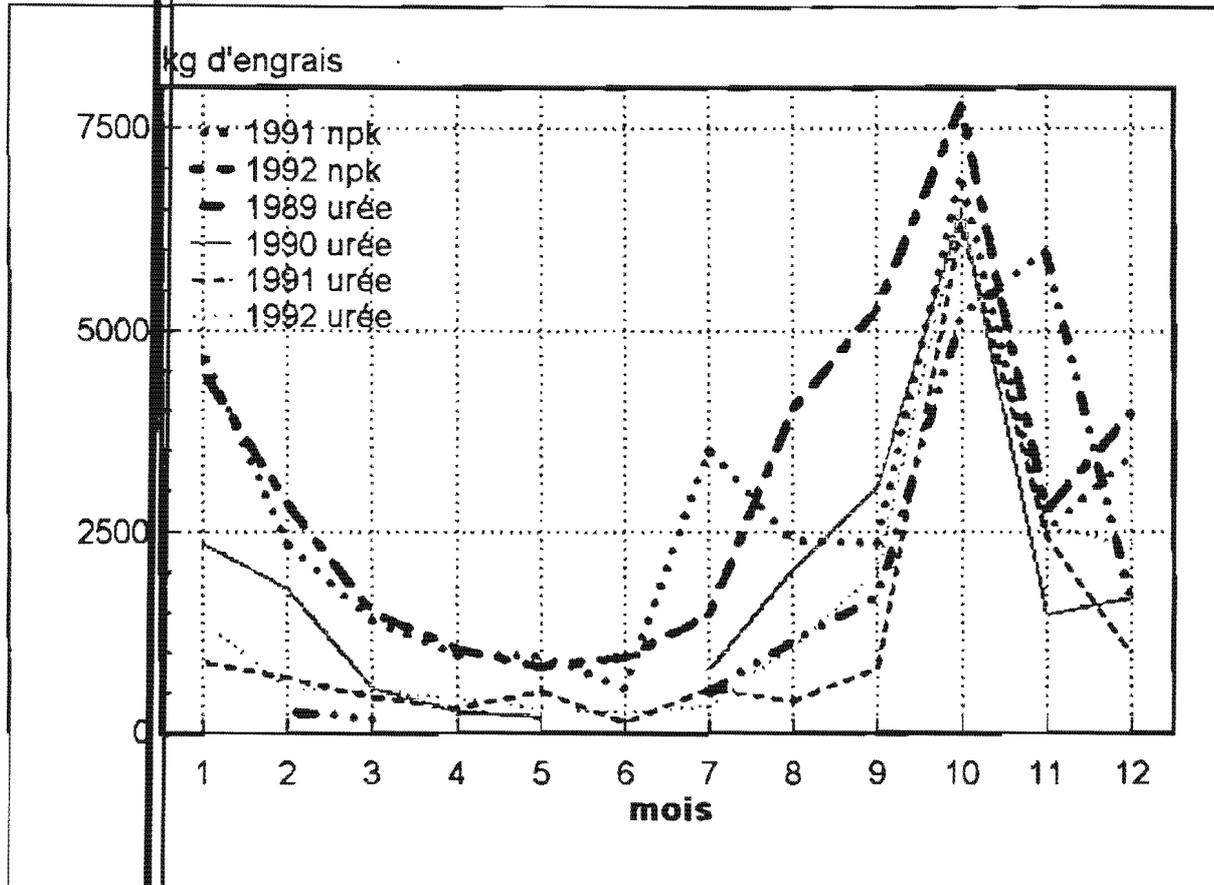


Figure 28 variation mensuelle des quantités d'engrais vendues sur le marché d'Ambohibary (données RD PPI)

Il est alors possible de se demander si les applications d'engrais ne sont pas, au moins en partie, déconnectées d'un raisonnement économique faisant plus appel au renouvellement des gestes techniques des années précédentes plutôt qu'à une réflexion sur les techniques³²¹. L'examen de la saisonnalisation (figure 28) des ventes indique également une pointe renouvelée chaque année au moment de l'application d'engrais sur la pépinière mais peu d'évolutions en fonction des opportunités (évolution des rapports prix des produits sur prix des intrants qui peuvent rendre l'utilisation d'engrais intéressante certaines années sur certaines cultures mais pas dans d'autres conditions).

³²¹ cette réflexion n'est pas plus présente dans le raisonnement de nombreux techniciens des opérations de développement qui reconduisent chaque année les mêmes fiches techniques sans jamais vérifier que les thèmes vulgarisés sont toujours pertinents.

Même s'il était possible d'établir une relation fiable entre l'apport d'engrais et le rendement (ce qui n'est pas le cas cf 5.3.1) l'avantage économique de l'application d'engrais devrait être étudié en fonction du rapport entre le prix de l'engrais et celui du produit. Quand le prix du produit connaît des variations importantes selon la saison (cas des produits vivriers saisonnalisés), des différences importantes de rentabilité peuvent être observées. Il ne peut donc être question, pour l'ensemble des produits vivriers, d'affirmer: "telle dose d'engrais est intéressante sur telle culture" si, entre autres description d'utilisation, les conditions de vente du produit ne sont pas précisées.

5.3.3 La variabilité de la réponse aux engrais

La variabilité des résultats d'expérimentation est un phénomène qui gêne toujours beaucoup les agronomes cherchant à établir des recommandations pour le développement. Les sources de variation sont nombreuses, conduisant souvent à l'utilisation de l'expression "toutes choses égales par ailleurs". Mais les choses ne sont pas égales par ailleurs, un nombre important de facteurs contribuant aux variations.

- le climat qui n'est jamais le même l'année de l'expérimentation et l'année de la mise en pratique de la recommandation; il peut même être différent à quelques kilomètres de distance pour une même année tant les masses d'air sont perturbées sur les Hautes Terres par la disposition très désordonnée des reliefs; (cf 312)
- les sols dont le type de constitution et d'évolution ainsi que l'anthropisation entraîne des inégalités dans l'aptitude à produire qui peuvent parfois se manifester au sein même d'une parcelle (cf 313);
- les techniques culturales qui varient d'un périmètre à l'autre, d'un exploitant à l'autre à l'intérieur d'un même périmètre, d'une parcelle à l'autre (en fonction de leur position dans le paysage) pour cet exploitant. En allant encore plus loin, pour un périmètre, un exploitant et une parcelle donnée, combien de fois a t'on pu observer des différences dans la réalisation d'une technique culturale parce qu'elle était effectuée par deux personnes différentes, qu'un incident climatique venait interrompre brutalement la réalisation de cette technique ou tout simplement parce que la journée avait été longue et que l'on était pressé d'en terminer ?

Pour essayer d'atténuer toutes ces sources de variabilité, des répétitions d'un même traitement sont mises en place. Ces répétitions peuvent être installées à l'intérieur d'une parcelle (ce sont les blocs) ou sur plusieurs sites. La biométrie donne des normes de variation en dehors desquelles il vaut mieux prendre beaucoup de précautions pour l'interprétation, l'extrapolation et le passage aux recommandations. Si les coefficients de variation restent souvent acceptables lorsque tous les facteurs possibles sont contrôlés (notamment l'homogénéité des techniques culturales), il n'en est pas toujours de même pour les expérimentations réalisées dans les conditions des paysans.

Force est de reconnaître que les expérimentations sur la réponse des cultures aux engrais présentent sur les Hautes Terres malgaches comme ailleurs une très grande variabilité non seulement entre les sites mais bien souvent à l'intérieur d'un même site.

Les alternatives pour le passage à la recommandation peuvent alors être les suivantes:

- peut-on proposer une formule unique, normative ou "passe partout" avec les risques de non rentabilité qui peuvent se manifester?
- doit-on rechercher des formules spécifiques qui seraient adaptées non seulement aux différents types de sols, mais également aux différents systèmes de culture (en prenant en compte association et rotation) ou, encore mieux, aux principaux types de systèmes

de production. Le problème est alors de savoir combien de formules spécifiques il est possible de gérer et comment, grâce à des critères simples, les utilisateurs pourront savoir qu'ils se trouvent dans une situation ou dans une autre.

La détermination de la formule "passe partout"

Le travail consiste en une manipulation de données obtenues sur des sites où la courbe de réponse aux engrais est concave pour arriver à déterminer le nombre d'unité fertilisante par élément à l'optimum économique³²². Lorsque la réponse aux engrais sur un site est concave, les résultats sont retenus pour calculer cet optimum économique.

Tableau 27 Eléments de réponses du riz aux engrais dans la partie centrale de Madagascar selon les résultats du programme engrais malgache de 1978 à 1987 (in Bigot, à paraître)

	Unités à l'optimum économique	Rapport valeur coût moyen	risque estimé
Riz aquatique			
azote	63	2.5	44 %
phosphore	47	2.1	62 %
potassium	33	2.0	64 %
riz pluvial			
azote	32	1.8	94 %
phosphore	30	1.6	92 %
potassium	24	1.9	77 %

Les calculs ont été réalisés avec les prix moyens³²³ du riz et de l'engrais en 1988, en condition de marché libéralisé, sans subvention. Le risque est estimé en fréquence des dispositifs où un rapport valeur coût inférieur à deux a été obtenu (1491 sites sur le riz aquatique, 234 sur le riz pluvial). Ce risque est sous estimé par le fait que seuls les sites avec les réponses les plus favorables sont retenus et que, déjà, le choix d'un site procède le plus souvent d'une recherche de conditions favorables (notamment pour la maîtrise de l'eau).

C'est de cette façon que le type d'engrais NPK 11-22-16 a été mis au point pour le riz.

³²² En matière d'intrants et plus particulièrement d'engrais, l'objectif "maximisation du profit de la culture" se traduit par la dose qui maximise la marge. Cette dose est obtenue lorsque le coût marginal brut égale le produit marginal brut. Plus l'efficacité de l'engrais est faible, plus la courbe de réponse est aplatie, et plus la dose dite "économique" est faible (Crétenet, 1990).

³²³ avec les retombées que l'on peut avoir à utiliser des prix moyens (cf 532)

Dans leurs conclusions présentées lors du colloque sur la fertilisation des sols tropicaux à Tananarive en 1967, Roche Dufournet et Rabetrano proposent des résultats vulgarisables en pratique de fumure³²⁴:

- pour la riziculture d'altitude³²⁵:

"l'ensemble de la Province de Tananarive, le versant ouest de la province de Fianarantsoa peuvent recevoir un apport ternaire NPK 30-62-45;

on peut conseiller deux modes d'apport:

- *une première possibilité est l'apport avant repiquage de l'engrais binaire PK 21-16 à la dose de 300 kg /ha, suivi 30 à 40 jours après repiquage de l'apport de 150 kg/ha de sulfate d'ammoniaque à 21 % ou de 75 kg d'urée (48 %) en couverture;*
- *une deuxième possibilité est l'apport au repiquage de 300 kg/ha de l'engrais ternaire granulé 11-22-16 (l'azote et le phosphore sont principalement sous forme de phosphate d'ammoniaque). Cet apport peut d'ailleurs être aussi réalisé 30 à 35 jours après le repiquage en couverture. (...)*

Volontairement des formules de fertilisation simples ont été recherchées et préconisées pour les zones de riziculture d'altitude. Il est évident que ces formules peuvent être adaptées au moins dans deux cas généraux: il faut forcer sur le phosphore dans le cas des sols tourbeux ou des sols hydromorphes organiques, il faut forcer sur l'azote dans le cas des sols récents d'apport (alluvions). (...)

Apportant plus de phosphore que de potassium ainsi qu'un peu d'azote pour le démarrage de la culture, ce type d'engrais, utilisé avec de l'urée au tallage et au début de la montaison, permet statistiquement les meilleurs résultats³²⁶. Mis au point pour le riz, cet engrais ternaire a ensuite été utilisée pour déterminer des formules de fumure adaptées à l'ensemble des cultures de la région. Roche et al (1967) concluent ainsi pour les culture pluviales:

- pour la fertilisation des sols ferrallitiques en culture sèche³²⁷

la fertilisation uniformément testée 10 tonnes de fumier, 42 unités de N, 57 unités de P₂O₅, 60 unités de K₂O, dans certains cas, 500kg de dolomie, s'est avérée (...) suffisante pour constituer une fumure convenable d'entretien dans le cas des sols ferrallitiques humifères (...)

³²⁴ compte tenu de la variabilité de la réponse à la fumure et de l'importance des phénomènes d'interaction comme source de variabilité, la recommandation d'une dose standard d'engrais ne correspondra que rarement à l'optimum économique (Crétenet, 1990)

³²⁵ Roche, Dufournet et Rabetrano (1967) p 1113

³²⁶ 300 kg de 11-22-16 et 80 kg d'urée apportent 70 unités d'azote, 66 de P₂O₅ et 48 de K₂O. Une autre possibilité est d'apporter 400 kg de 15-15-15 et 80 kg d'urée (97-60-60) correspondant au même prix. Ces doses sont de toutes façon très supérieures aux possibilités de financement des paysans.

³²⁷ Roche, Dufournet et Rabetrano (1967) p 1118-1119

mais insuffisante pour constituer une fumure d'entretien sur les sols ferrallitiques rouges non humifères(...)³²⁸.

Bigot (à paraître) prônant l'engrais "passe partout" argumente ainsi sa position: "On se trouve en présence d'une utilisation de l'engrais à caractère de jardinage où toute complication dans les dosages et les formules relève d'un perfectionnisme peu utile. L'engrais composé maraîcher le moins cher, complété par quelque azote éventuel, est ce qu'il y a de mieux pour être efficace un peu partout. L'examen des réponses par plante à tel ou tel engrais dans telles ou telles conditions de culture n'a guère de signification pratique".

La prise en compte de la variabilité

Dès les premiers essais d'engrais sur le riz à Madagascar (Bonneyoy, 1934), les résultats sont exprimés vallée par vallée distinguant bien les parties hautes médianes et basses de la vallée, remarquant bien les différences de réponse selon la vallée et le niveau où l'on se place.

Par la suite, l'ensemble des agronomes réalisant une expérimentation sur les engrais s'est efforcé de décrire avec le maximum de précision les conditions d'obtention des résultats que ce soit pour arriver à une recommandation "passe partout" ou à une recommandation spécifique. Pour Vlek (1985), le degré de précision nécessaire lors de l'élaboration de carte pédologique ou d'aptitude culturale pour refléter la micro-variabilité observée dans la zone du projet semble interdire toute recommandation générale.

Lors de l'importante étude sur la fertilisation des rizières réalisée par le programme engrais malgache (FAO), après de nombreuses manipulations des résultats, Dulcire et Losseaux (1992) en arrivent à la conclusion qu'il faut nuancer les apports de phosphore en fonction du taux de matière organique³²⁹. Ce paramètre apparaît comme un "facteur fédérateur satisfaisant tant par sa facilité d'emploi que par sa bonne capacité à rendre compte des différentes formes des courbes de réponse"³³⁰.

La question du nombre de classe de taux de matière organique à prendre en compte se pose immédiatement. Il doit y avoir suffisamment de classes pour diminuer au maximum les risques d'avoir une formule de fumure non rentable, elles ne doivent pas être trop nombreuses pour que les utilisateurs sachent sans trop d'hésitation dans quelle classe se placer.

Dulcire et Losseaux proposent après discussion 3 classes: de 0 à 4 % de matière organique, de 4 à 8 % et plus de 8 %. Les réponses à l'azote (figure 29), au phosphore (figure 30)

³²⁸ insuffisante aussi pour constituer une fumure d'entretien valable sur les sols ferrallitiques dérivés de basalte où le niveau de fertilité permet déjà d'obtenir, avec ou sans fumier, des niveaux de rendements de 25 quintaux de maïs et 20 quintaux d'arachide

³²⁹ cette classification était déjà celle de l'IRAM qui distinguait par niveau décroissant de matière organique les sols tourbeux, les sols hydromorphes organiques à gley, les sols hydromorphes humiques à gley, les sols hydromorphes à pseudogley et les sols peu évolués d'apport.

³³⁰ Dulcire et Losseaux (1992) p 1

ainsi que l'interaction azote - phosphore sont nettement différenciées pour les trois classes de sol³³¹.

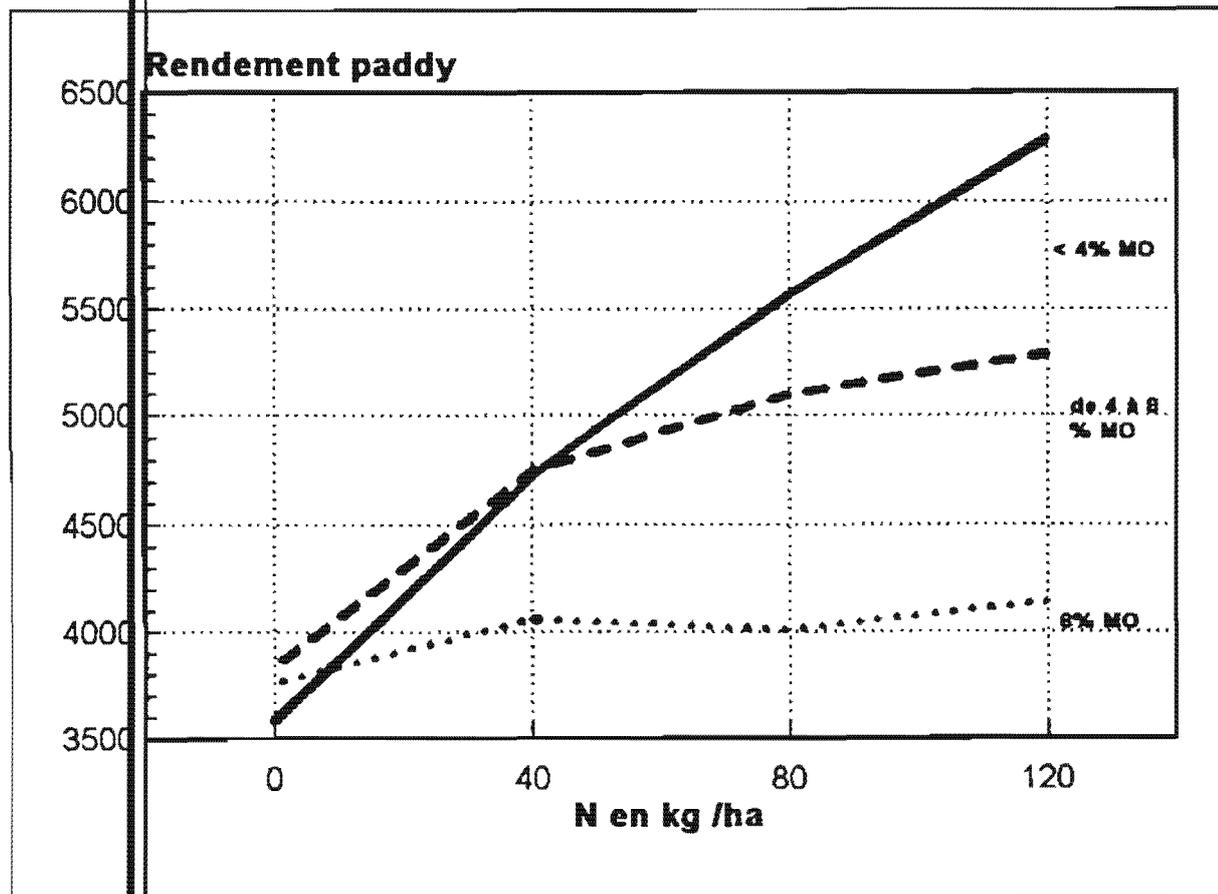


Figure 29 Réponse moyenne (kg/ha) aux niveaux d'azote pour 3 classes de sol (d'après Dulcire et Losseaux, 1992)

Cette classification rend plus complexe le travail de l'utilisateur et notamment du vulgarisateur de l'ODR qui avait l'habitude de différencier, essentiellement d'après la couleur, les sols organiques plus foncés, s'approchant souvent de la tourbe et les sols minéraux plus clairs.

Pour les cultures pluviales, la variabilité n'est pas analysée par rapport à la matière organique mais par le pH³³² qui permettra de déterminer la dose de chaux ou de dolomie à apporter en entretien ou en fumure de fond pour permettre de valoriser les apports de fumier et d'engrais minéraux. Dans certaines situations, les apports s'avèrent inutiles (rarement dépressifs), dans d'autres situations l'optimum économique sera trouvé pour des doses de 500, 1000, 2000 kg/ha, parfois en entretien, parfois en apport de fond. La généralisation de l'emploi de la

³³¹ La meilleure réponse au phosphore dans les sols très organiques pourrait être liée aux endomycorhizes intervenant dans l'absorption du phosphore par les plantes, moins développées dans les zones tourbeuses organiques (Puard, 1989)

³³² Arrivé et al. (1989) ont confirmé la liaison existant entre pH et cations bivalents échangeables

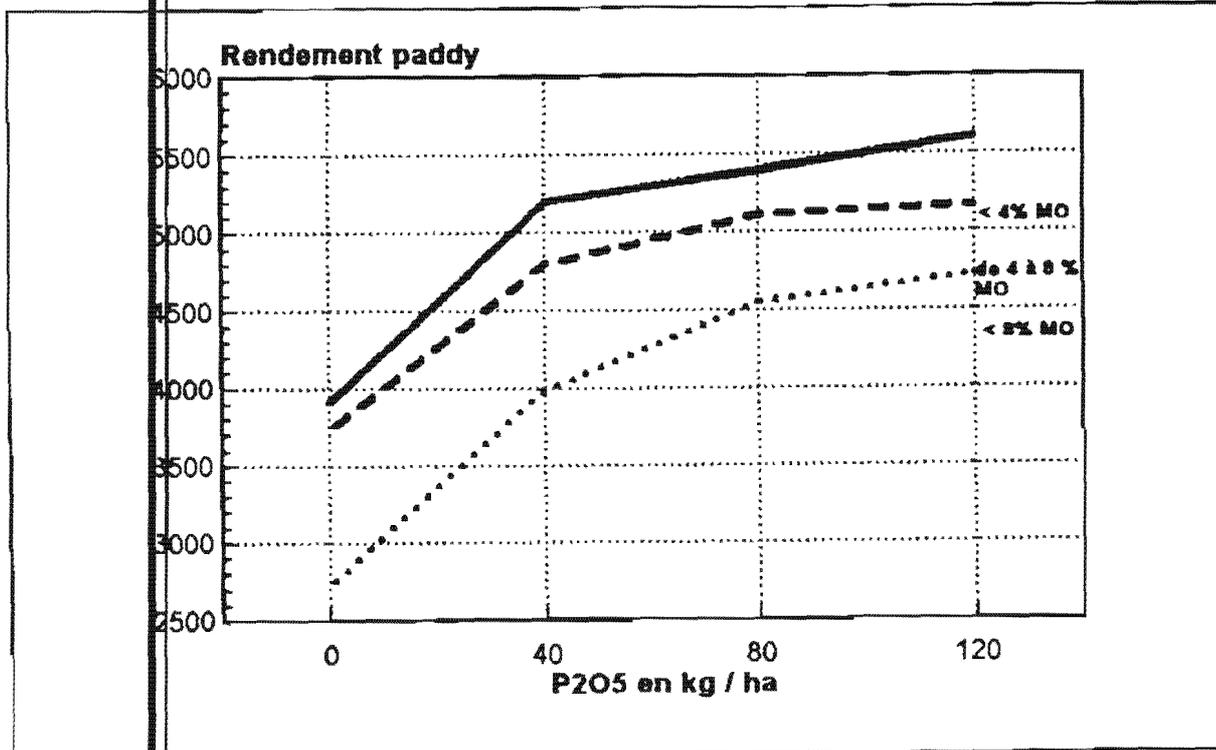


Figure 30 réponse moyenne (kg/ha) aux niveaux de phosphore pour les 3 classes de sol (d'après Dulcire et Losseaux, 1992)

dolomie préconisé par la SOMADDEX³³³ n'est donc pas justifiée dans un nombre non négligeable de situations à cause de l'inadéquation de la dose ou de la méthode d'épandage.

En fait, il est essentiel de proposer à l'utilisateur des outils faciles d'emploi qui lui permette de savoir quel engrais apporter, à quelle dose, avec quel mode d'épandage afin de limiter les risques d'une utilisation non rentable. Les outils habituellement utilisés par les agronomes n'ont pas été portés à la disposition des cultivateurs malgaches. C'est le cas des analyses de sol parce qu'elles sont d'un coût élevé et d'une interprétation demandant une formation préalable importante. L'utilisation des symptômes de toxicité ou de carences³³⁴, de plantes indicatrices³³⁵, des classifications paysannes des sols (cf 313) pourraient, en revanche, être utilisées mais ne l'ont pas été à cause d'un manque d'intérêt de la recherche dans ce domaine.

³³³ Société Malgache d'Exploitation minière, le producteur de la dolomie (ou dolomite)

³³⁴ pour la plupart des plantes cultivées les symptômes de carence ou de toxicité sont connus élément par élément. Selon les plantes ces symptômes sont plus ou moins aisément reconnaissables. Le maïs présente l'avantage d'extérioriser de façon bien reconnaissables les principales carences et toxicités. (cf en particulier Grondon, 1987)

³³⁵ dans la plupart des hameaux, il existe une ou plusieurs personnes capables de reconnaître et de déterminer dans une classification vernaculaire les noms d'une grande majorité de plantes présentes sur le terroir. Certains travaux comme ceux de Ferrier de la Bathie (1934) pourraient être repris.

Pour Félix (1976)³³⁶, "*chaque parcelle offre des particularités pédologiques ou hydrauliques qui justifient une expérimentation voire une adaptation spécifique de la fertilisation minérale*". Il poursuit en insistant sur l'intérêt de la mise en place d'expérimentations individuelles simples³³⁷ permettant à chaque cultivateur de mettre au point des systèmes de fumure pour les différentes conditions rencontrées. Ces expérimentations posent néanmoins la question de la formation d'un très grand nombre de producteurs dispersés sur un vaste territoire.

La variabilité des réponses des cultures aux engrais est donc acceptée par tous. Pour cet aspect également, il faut conjuguer variabilité dans l'espace et variabilité dans le temps. La résolution de ces questions de variabilité est différente selon les auteurs: formules passe-partout contre caractérisation plus ou moins fine du milieu avec adaptation de la formule. Le paysan semble le seul à pouvoir déterminer la formule présentant une probabilité suffisante de rentabilité sur telle parcelle pour telle culture mais il a besoin pour cela d'outils adaptés.

³³⁶ p 47

³³⁷ qui aient commencé pendant le GPR

5.3.4 La mise en pratique: une faible appropriation des résultats de la recherche

Une forte disproportion entre les quantités vendues et les possibilités d'utilisation

Quelques années après la fin du GOPR, Pélissier appréciait le comportement des riziculteurs des Hautes Terres, en particulier par rapport à l'utilisation de la fertilisation minérale car *"de toutes les techniques diffusées par l'OPR, la fertilisation par l'engrais minéral est évidemment celle dont les effets sur la production sont les plus immédiats et les plus importants. La consommation d'engrais paraît, d'autre part, fournir l'indicateur le plus précis de la modernisation du système de culture et de la volonté d'investir des paysans"* (Pélissier, 1976).

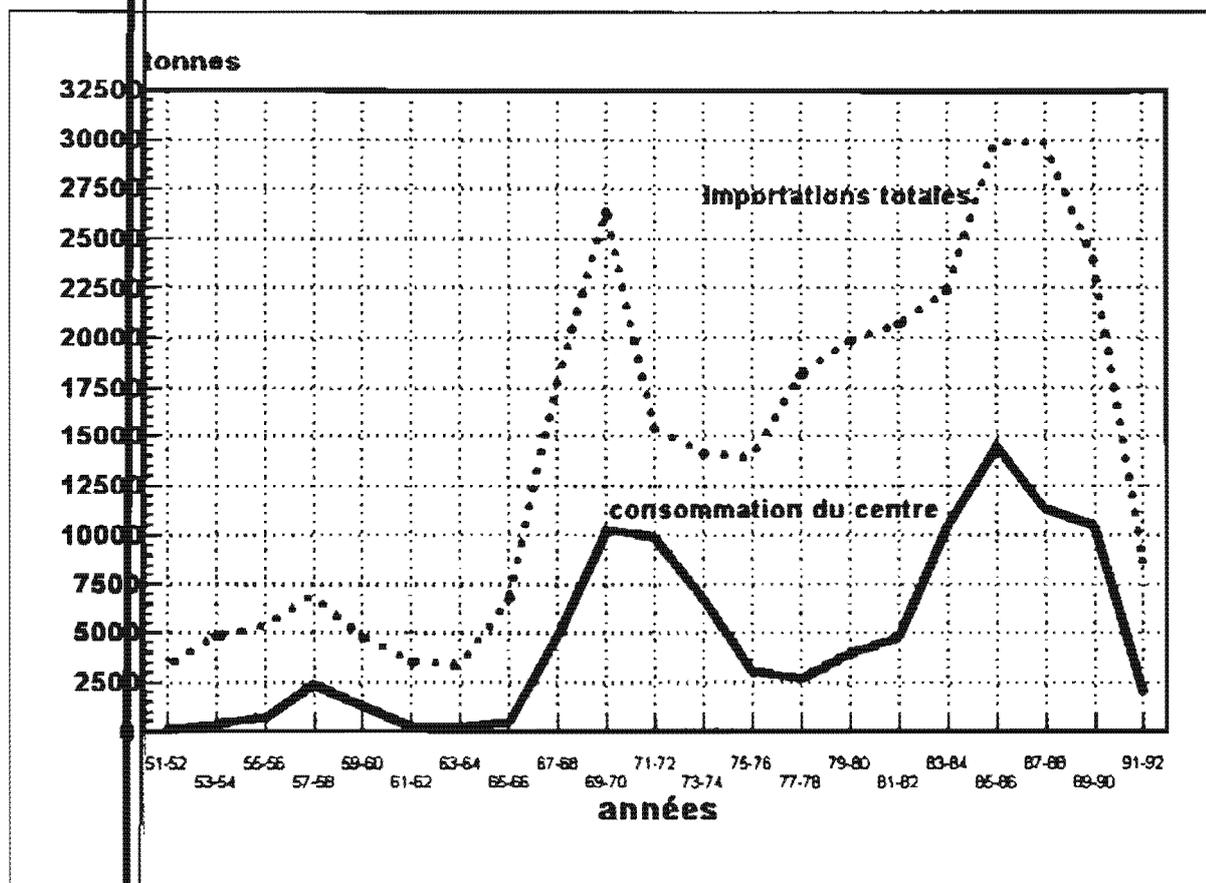


Figure 31 Utilisation annuelle d'engrais: consommation du centre de Madagascar et importations de tout le pays en tonnes de tout produit (d'après Bigot et al. 1993)

L'utilisation d'engrais minéral a toujours été faible à Madagascar. Il faut attendre 1951 pour enregistrer les premiers dons dans la banlieue de Tananarive. La consommation a augmenté jusqu'en 1971 (figure 31). Il suffit de regarder les quantités d'engrais vendues dans la région (qui est la plus forte consommatrice d'engrais de Madagascar³³⁸) et de la comparer aux surfaces cultivées pour se rendre compte que les recommandations de la recherche en matière de fumure minérale sont très faiblement prises en compte par les cultivateurs (tableau 28).

³³⁸ en dehors de la banlieue de Tananarive

Tableau 28 calcul de la quantité d'engrais consommée en 1986 par unité de surface et par exploitation d'après FIDA (1988)

	Vakinankaratra	Nord Betsileo	total
nombre d'exploitations	110 000	59 000	169 000
superficie cultivée en rizière (ha)	54 000	39 000	93 000
superficie cultivée en tanety (ha)	59 000	23 000	82 000
consommation d'engrais (tonnes)	3 400	900	4300
engrais (kg par hectare)	30	14.5	24.5
engrais (kg par exploitation)	30	15.2	25.4

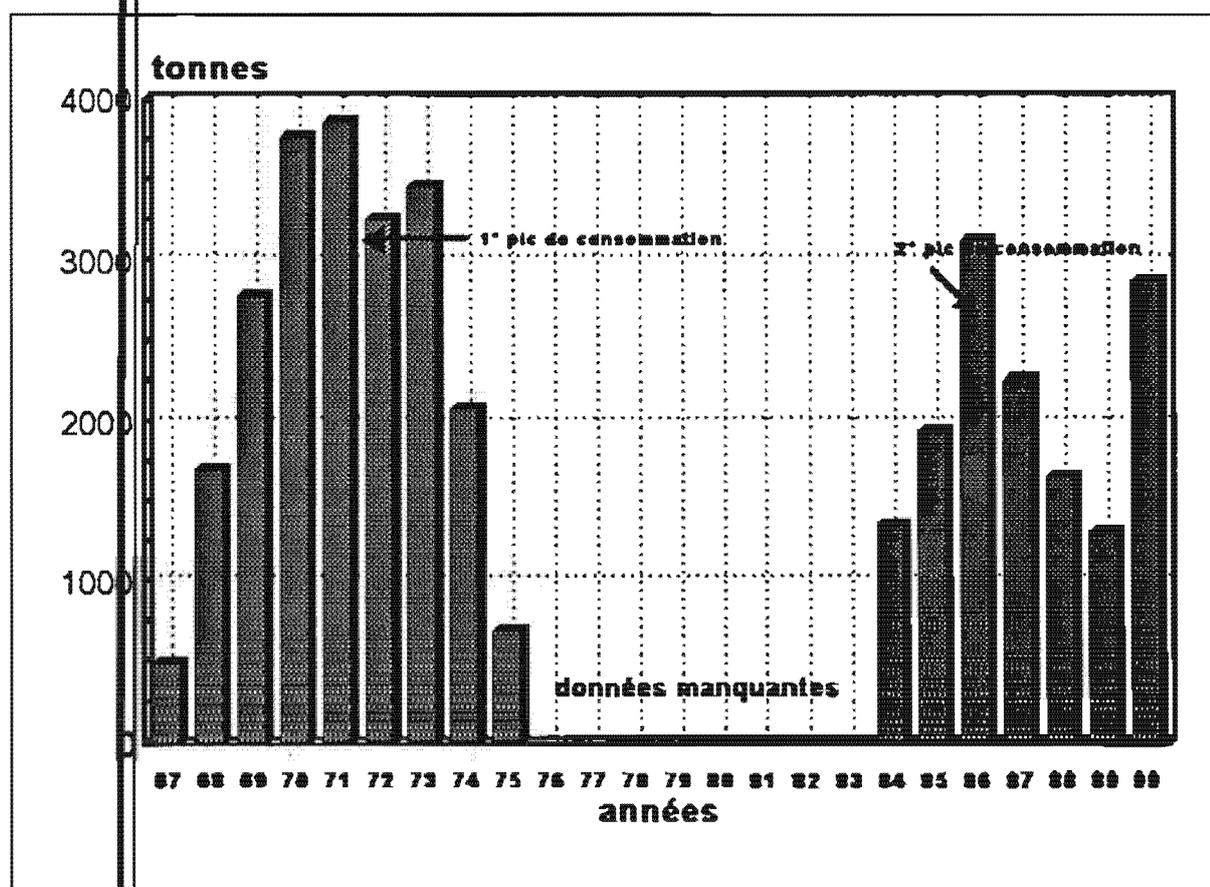


Figure 32 Evolution de la quantité d'engrais vendue dans le Vakinankaratra source GOPR ODR

En 1986, pour les 175 000 hectares cultivés dans le Vakinankaratra et le Nord Betsileo la quantité d'engrais consommée est de 4300 tonnes (toutes formules confondues) ce qui représente une consommation approximative de 25 kg par exploitation et par hectare. Les quantités vendues en 1986 constituent pourtant un second pic dans les quantités d'engrais vendues, le premier ayant été atteint en 1970-1971.

L'examen des données de l'enquête "rizicole" de 1973, juste après ce premier pic de consommation des engrais permet de mesurer la variabilité régionale dans l'utilisation.

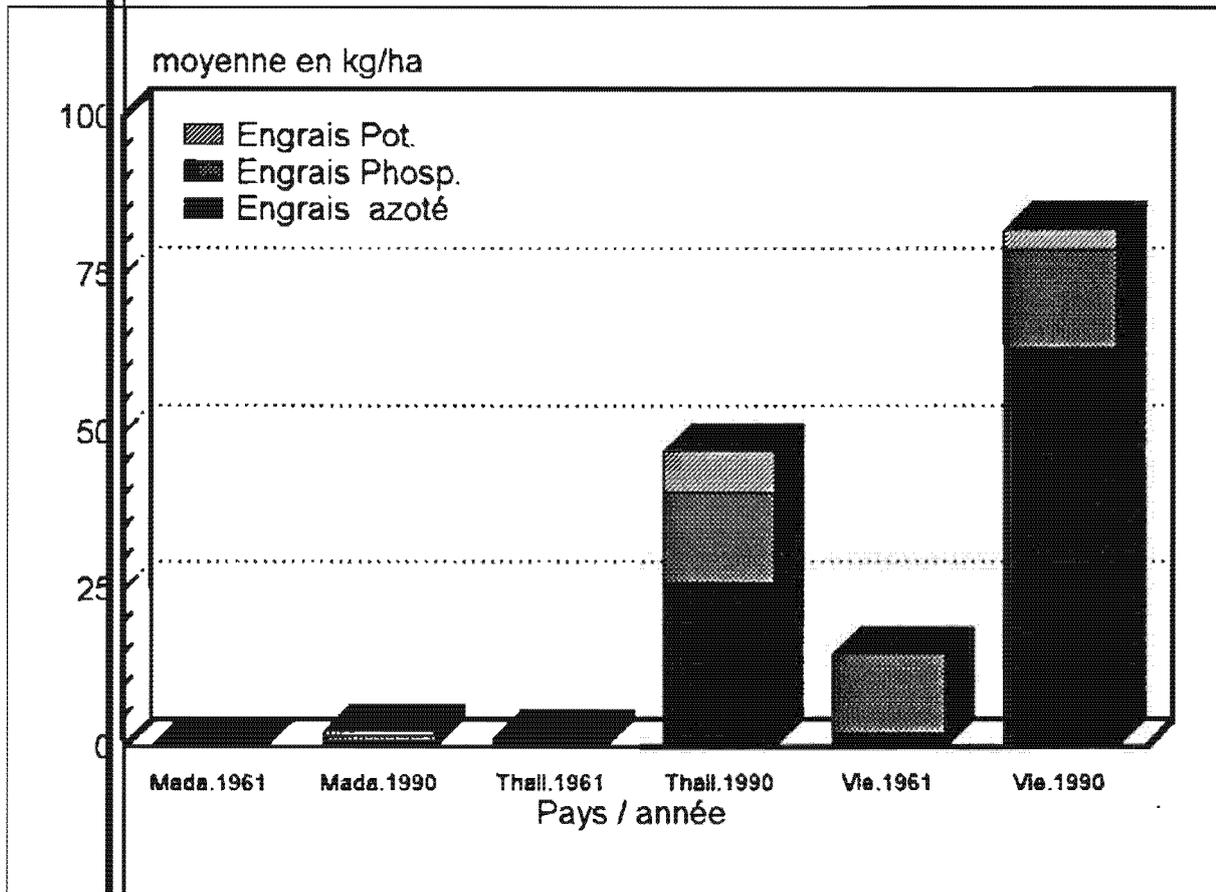


Figure 39 Evolution de l'utilisation d'engrais. Comparaison Madagascar, Thaïlande, Vietnam (source Agrostat FAO) en engrais total sur surface arable et culture permanente

Tableau 29 Calcul de la quantité d'engrais consommée par hectare et par an d'après les données de l'enquête rizicole de 1973

	Abe	Btf	Atf	Frts	Vakln	Atof	Abs	Fdr	N Bts
Nombre d'exploitation (1000)	29.9	21.1	24.5	10.3	85.9	9.1	23.4	19.2	51.7
Surface rizière (1000 ha)	14.5	15	10.6	5.6	45.8	7.2	11.1	9.7	28
Surface tanety (1000 ha)	12.6	9.5	14.7	4.9	41.8	3.7	5.6	6.5	15.8
Consommation engrais (tonnes)	406	323	886	742	2357	44	305	412	717
Engrais en kg/ha	15	13	35	70	27	4	18	25	16
Engrais en kg/expl	13	15	36	72	27	5	13	21	14

²⁹⁹ Abe = Antsirabe, Btf = Betafo, Atf = Antanifotsy, Frts = Faratsiho, Vakln = Vakinankaratra, Atof = Ambatofinandrahana, Abs = Ambositra, Fdr = Fandriana, N Bts = Nord Betsileo

La variabilité entre les sous-préfectures apparaît nettement (de 4 à 70 kg par hectare cultivé) de même que la différence entre Vakinankaratra et Nord-Betsileo qui ressemble énormément à celle observée en 1986.

Un historique des quantités consommées dans le Vakinankaratra permet de se rendre compte que, pour cette circonscription, les quantités ont varié de moins de 500 tonnes par an à près de 4000 tonnes (cf figure 32). Entre 1976 et 1983, les données ne sont pas disponibles mais il semble cependant que la consommation sur les Hautes Terres ait beaucoup diminué³⁴⁰.

Les surfaces cultivées ont peu évolué au cours des trente dernières années. Leur recensement faisait déjà apparaître des surfaces cultivées supérieures à 100 000 hectares en 1960 (Woillet, 1962) pour le Vakinankaratra. Les surfaces cultivées dans le Vakinankaratra en 1986 ne dépassent pas 113 000 hectares de rizières et *tanety*³⁴¹.

La consommation d'engrais a donc pu varier de moins de 4 kg à près de 30 kg par hectare et par an pour l'ensemble de la région, certaines zones approchant sans doute les 100 kg par hectare et par an pendant des années de forte consommation³⁴². La comparaison avec la Thaïlande et le Vietnam est éloquent : les consommations d'engrais et particulièrement d'azote par hectare ont "explosé" alors qu'elles n'ont pratiquement pas bougé pour Madagascar.

La faiblesse de ces quantités est d'autant plus surprenante lorsque l'on remarque avec Pélissier que *"contrairement aux réactions notées en certaines régions d'Afrique où se déroulent des expériences similaires, l'opinion générale des paysans malgaches à l'égard de l'engrais minéral est, de manière persistante, nettement positive"*³⁴³.

Avec des quantités aussi faibles, il est possible de se douter que ces engrais n'ont pas été répandus uniformément sur toute la surface mais que certaines zones et certaines cultures ont été privilégiées.

La distorsion existant entre les recommandations de la recherche et la mise en pratique de ces recommandations intéresse un certain nombre d'acteurs pour des raisons différentes.

Les agents du Ministère de l'Agriculture sont intéressés par les possibilités d'augmentation de la production, l'assimilant, parfois un peu trop vite, à une amélioration du niveau de vie des exploitants et à une progression des exportations de la zone.

³⁴⁰ de 1976 à 1981, Madagascar n'a pas acheté d'engrais et les dons ont été utilisés en grande partie sur le coton et la canne à sucre (Vieik, 1985) cf 53.

³⁴¹ Ravarimihaja (1992) faisant état de recensements par *Firaisamookontany* arrive à une surface légèrement supérieure de 130 000 hectares.

³⁴² Pendant les années de grande consommation, dans certaines zones favorisées, on est encore très loin des consommations des pays industrialisés. La consommation d'engrais (kg de N + P₂O₅ + K₂O) par hectare de terres labourées et de cultures pérennes était en effet en 1982 de 115 kg pour l'Allemagne, 299 pour la France... (FAO, 1987). En 1981, la quantité d'engrais utilisée sur le riz au niveau de Madagascar était de 6 kg/ha.

³⁴³ Pélissier, 1976 p 45

Les bailleurs de fonds y ont vu un moyen simple d'agir de façon très efficace et donc de bâtir des projets dans lesquels les taux de rentabilité interne ne poseraient pas de problème³⁴⁴.

Les marchands d'engrais y ont vu un grand marché de consommation dans lequel les profits seraient à la mesure des quantités vendues.

Grâce aux données sur les pratiques en matière de fertilisation minérale, assez nombreuses et espacées dans le temps, "il convient donc de s'interroger sur les raisons qui expliquent l'attitude du paysan face aux thèmes de la fertilisation minérale et, en particulier, sur celles qui l'incitent à diminuer l'emploi de l'engrais alors même qu'il en reconnaît l'intérêt"³⁴⁵.

Un premier élément d'explication vient de l'importance de la proportion de l'engrais appliquée sur le riz et non sur des cultures qui, comme la pomme de terre, ont une meilleure valorisation technique et économique de la fumure minérale.

Les engrais, pendant les périodes de grande consommation dont l'enquête rizicole de 1973 donne une idée, étaient essentiellement appliquées en rizière:

Tableau 30 calcul de la proportion de l'engrais utilisé sur le riz source enquête rizicole 1973

	Abe	Btf	Atf	Frts	Vakdn	Atof	Abs	Fdr	N Bts
engrais total vendu (tonnes)	406	323	886	741	2356	43	305	412	760
Engrais sur le riz (tonnes)	372	263	714	291	1640	36	278	262	576
% sur le riz	92 %	81 %	80 %	39 %	70 %	84 %	91 %	63 %	76 %

Seule la sous préfecture de Faratsiho, où une part importante de l'engrais était déjà utilisée sur la pomme de terre, se distingue par une proportion un peu plus faible d'engrais sur le riz. Dans le reste de la région, sur les rizières soit 50 à 60 % des surfaces cultivées, on applique de 80 à plus de 90 % de l'engrais vendu (tableau 30)

Les variations dans l'adoption de l'utilisation des engrais minéraux sur rizière

Un des objectifs du GOCR était de substituer le fumier appliqué sur les rizières par de l'engrais minéral pour permettre en même temps une augmentation de la production de paddy, une meilleure disponibilité en paille pour l'alimentation des animaux et le fabrication du fumier et, enfin, de conserver le fumier pour les cultures pluviales qui valorisaient mieux cet apport de matière organique.

Après le dépouillement de l'enquête SATEC SEDES (Marnay, 1971) évaluant les effets du GOCR, il était possible de se réjouir de l'adoption des thèmes: sur 90 % des surfaces en pépinière et 75 % des surfaces en rizière, l'engrais minéral était utilisé (tableau 31). La substitution fumier par l'engrais semblait même acquise puisque un grand nombre de

³⁴⁴ raisonnement à la base de la première phase de l'ODR

³⁴⁵ Péliassier, 1976 p 45

riziculteurs utilisaient l'engrais seul à Ambositra comme à Antsirabe. Marnay, rédigeant les résultats de cette enquête remarque que la technique s'était étendue bien au delà des exploitations touchées par la vulgarisation.

Dix ans après, l'enquête de base³⁴⁶, réalisée sur les 11 zones de développement concernées par la première phase de l'ODR, permet d'estimer à quel point, parmi les techniques d'intensification préconisées par le GOPR, l'utilisation de l'engrais en riziculture était devenue faible en 1983.

Actuellement, les enquêtes du suivi évaluation permettent d'estimer ce qui reste de ces thèmes du GOPR repris par l'ODR. Avec 40 % des pépinières d'Antsirabe et 18 % de celles d'Ambositra, 17 % des rizières d'Antsirabe et 6 % de celles d'Ambositra, les niveaux d'utilisation ne sont pas vraiment remontés. Il est cependant possible de remarquer l'inversion dans l'utilisation du fumier qui se substitue à l'engrais minéral quand celui-ci n'est pas disponible ou qu'il devient trop cher.

Tableau 11 Evolution de la proportion des surfaces de pépinière selon la fertilisation apportée source enquête Satec Sedes 1971, enquête de base ODR 1983, Suivi évaluation Odr

Circons/année	Pépinières					
	Abe 73	Abe 83	Abe 92	Abs73	Abs83	Abs92
Fumier	23	83	62	74	84	83
Engrais	90	31	40	90	19	18
dont eng. + fum.	17			64		
autre		8	38		12	25

Tableau 12 Evolution de la proportion des surfaces de rizière selon la fertilisation apportée source enquête Satec Sedes 1971, enquête de base ODR 1983, Suivi évaluation Odr

Circons/année	rizière					
	Abe 73	Abe 83	Abe 92	Abs73	Abs83	Abs92
Fumier	37.5	44.5	26	38.5	28	18
Engrais	72.5	11.1	17	77.5	12.6	6
dont eng. + fum.	27			24.5		
autre		4.9	10		4.1	1

Rouveyran (1980) compare l'adoption des thèmes du GOPR à la conversion dans une religion. Les variations dans l'utilisation de cet engrais minéral font en effet penser à des fidèles dont le niveau de pratique, après l'enthousiasme de la conversion, change en fonction

³⁴⁶ effectuée sur 911 parcelles de rizière (48 hectares) et 727 parcelles de pépinières (7 hectares)

³⁴⁷ Abe = Antsirabe, Abs = Ambositra

des conditions du milieu, mais, comme dans la foi, il n'est pas possible d'y trouver une totale rationalité³⁴⁸.

La variabilité de l'utilisation peut être appréciée par l'examen de l'interaction entre espace et systèmes de culture

La variabilité dans l'espace peut être appréciée par les différentes enquêtes. Celle réalisée par la Satec Sedes montre bien que sous une apparente homogénéité entre URER, des différences importantes apparaissent entre échantillons villageois. Marnay (1971) insiste aussi sur les différences entre exploitations dans un village et sur les combinaisons différentes qui sont adoptées³⁴⁹. La variabilité entre moyenne de consommation et d'utilisation par sous-préfecture est confirmée par l'enquête rizicole de 1973. Les enquêtes de l'ODR confirment ces tendances.

En 1983, les proportions de parcelles recevant de l'engrais et de l'urée variaient, de 0 à 35 % des pépinières (jusqu'à 48 % des surfaces) et de 0 à 22 % des rizières (jusqu'à 32 % des surfaces).

En moyenne sur l'ensemble de la zone (cf figures), 90 % des rizières ne recevaient pas d'engrais (80 % des pépinières) et 95 % pas d'urée (90 % des pépinières). Dans les 10 % de rizières et les 20 % de pépinières restant, les doses préconisées par la recherche et le développement³⁵⁰ ne sont pas respectées pour la quasi totalité des parcelles (cf infra).

Les zones du Moyen Ouest (14 - Soavina et 25 - Betafo ouest) se distinguent systématiquement par l'absence de fertilisation minérale. Marnay (1971), fait remarquer que l'utilisation de fumier est très faible dans ces zones et que les exploitants étaient passés d'une fertilisation traditionnelle extrêmement faible à une fertilisation minérale nouvelle. "*Cette évolution est très satisfaisante*" écrivait-il. L'abandon de la fertilisation minérale ne sera pas compensée, comme dans les autres zones, par le fumier montrant bien la réversibilité du passage à ce type de fertilisation.

L'examen des pratiques sur les petits périmètres irrigués³⁵¹ fait apparaître des différences entre systèmes de culture, entre périmètres et entre exploitations. Dans le cas de la riziculture sans contre saison, l'engrais représente de 2.7 % à 22 % des dépenses pour la riziculture avec le paradoxe apparent d'une consommation importante pour le périmètre le plus enclavé

³⁴⁸ cf la réflexion de Sébillotte (1993) p 249: "*Pour le chercheur non familiarisé avec ces questions (risque, incertitude, processus de prise de décision), la découverte de l'impossibilité de réduire l'acteur à un Homo économique ou à un Homo agronomique est une source de trouble*".

³⁴⁹ Engrais + fumier, engrais et fumier associés + fumier, engrais et fumier associés + engrais, engrais et fumier associés + engrais + fumier, engrais + aucune fertilisation, fumier + aucune fertilisation

³⁵⁰ Les doses recommandées par le GORP étaient de 5 kg de 11-22-16 et 2 kg de sulfate d'ammoniaque par are de pépinière, 3kg de 11-22-16 et 0.7 kg d'urée pour les sols minéraux, 3kg de 21-16 sur sol tourbeux en rizière (Marnay, 1971). L'ODR recommande 5 kg de NPK et 1.5 kg d'urée par are pour les pépinières, 4 kg de NPK et 0.8 kg d'urée pour les rizières (fiches techniques FN).

³⁵¹ enquêtes avant projets sommaires de 1987. Ces enquêtes portent sur l'année 1987, juste après le deuxième pic de consommation d'engrais cf figure. 1533 parcelles de rizières et 1734 parcelles de tanety ont été décrites par un grand nombre de variables sur les quatre périmètres

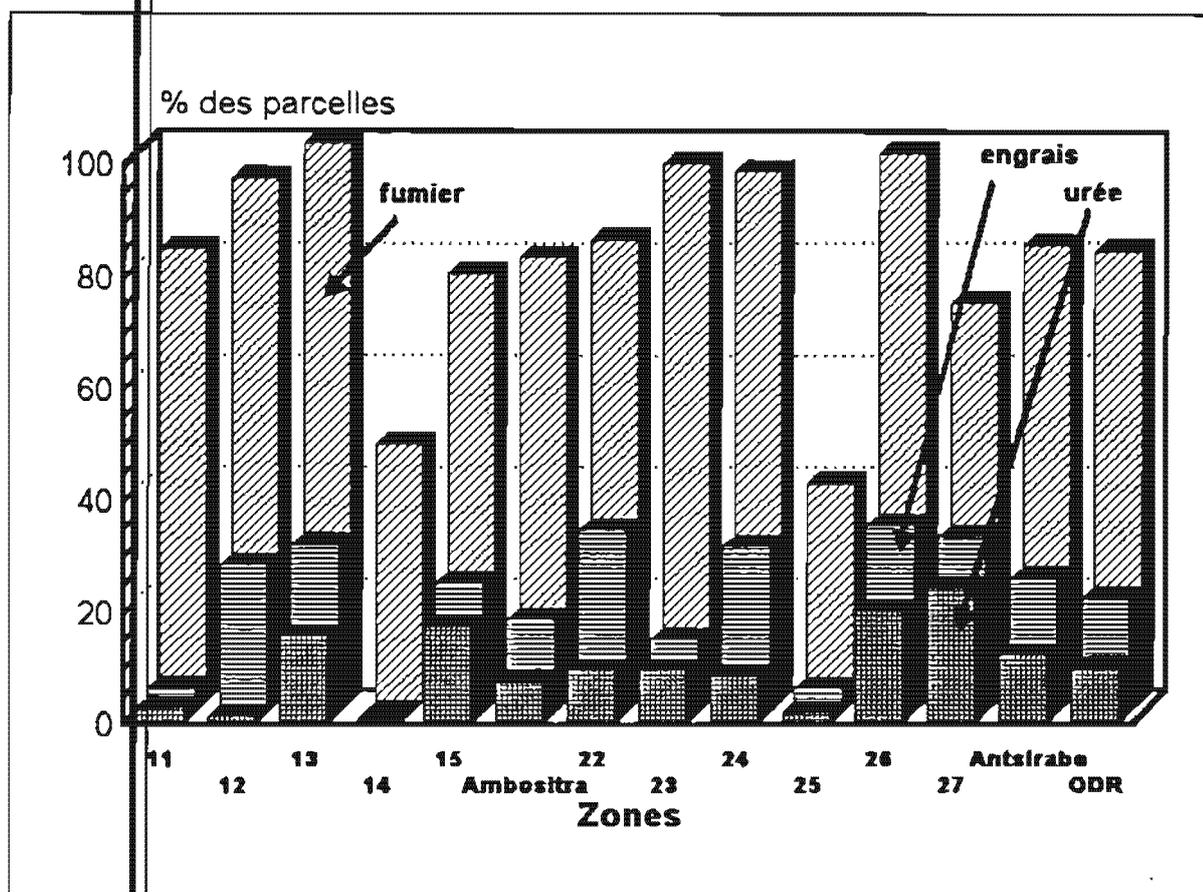


Figure 34 proportion des pépinières recevant de l'engrais NPK, de l'urée, du fumier d'après les données de l'enquête de base ODR 1983

(Vinaninony) et plus faible pour le périmètre le plus proche d'Antsirabe. Le phénomène peut s'expliquer en partie par la distribution de l'engrais au même prix par COROI quel que soit le point de vente de l'engrais (le coût du transport n'est pas calculé pour chaque point de vente mais pour la région).

Tableau 3. Le cas de la riziculture sans culture de contre saison (les coûts sont donnés en fmg/ha)

	Ambohibary	Manandona	Landratsay	Vinaninony
rendement en kg/ha	2504	1924	1987	2437
main d'oeuvre payée en espèce	18206	14663	17374	8434
main d'oeuvre payée en nature	5454	9904	6363	5100
location de matériel	1744	3693	4153	350
fumier	787	389	199	107
engrais	7265 (20%)	5710 (16.3%)	788 (2.7%)	4567 (22%)
autres intrants	2439	155	336	1880
total	35895	34514	29213	20438

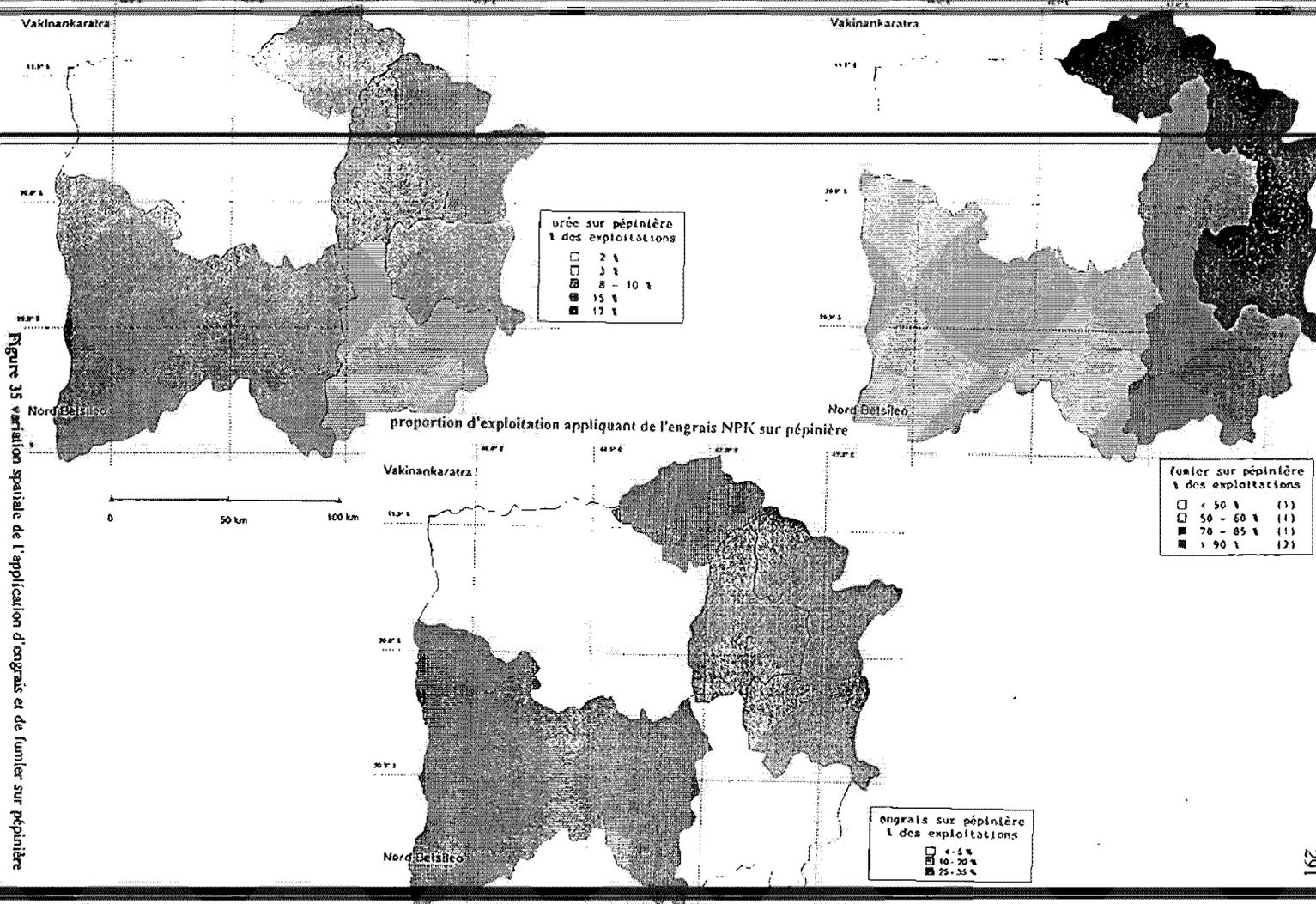


Figure 35 variation spatiale de l'application d'engrais et de fumier sur pépinière

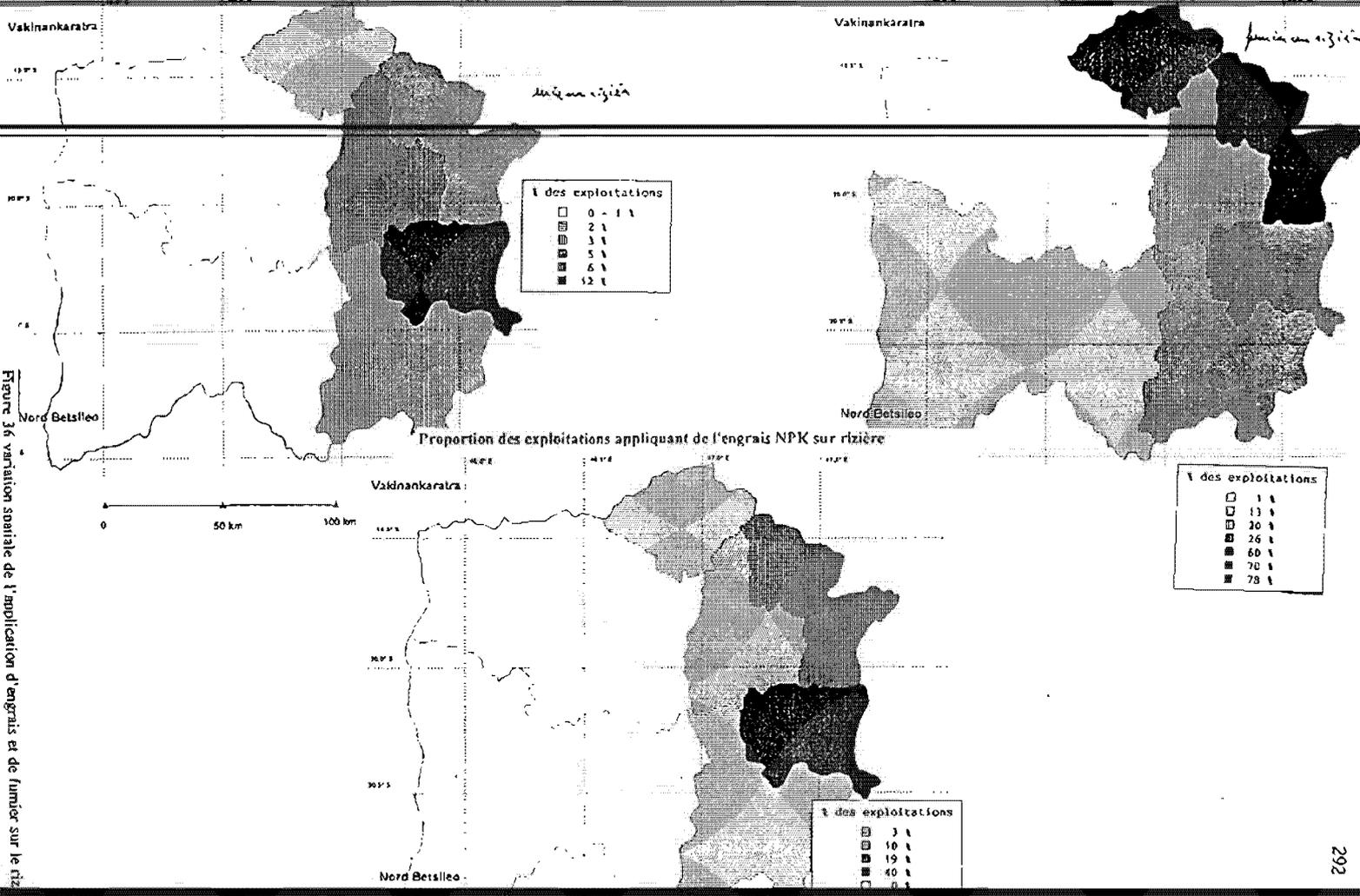


Figure 34 variation spatiale de l'application d'engrais et de fumier sur le riz

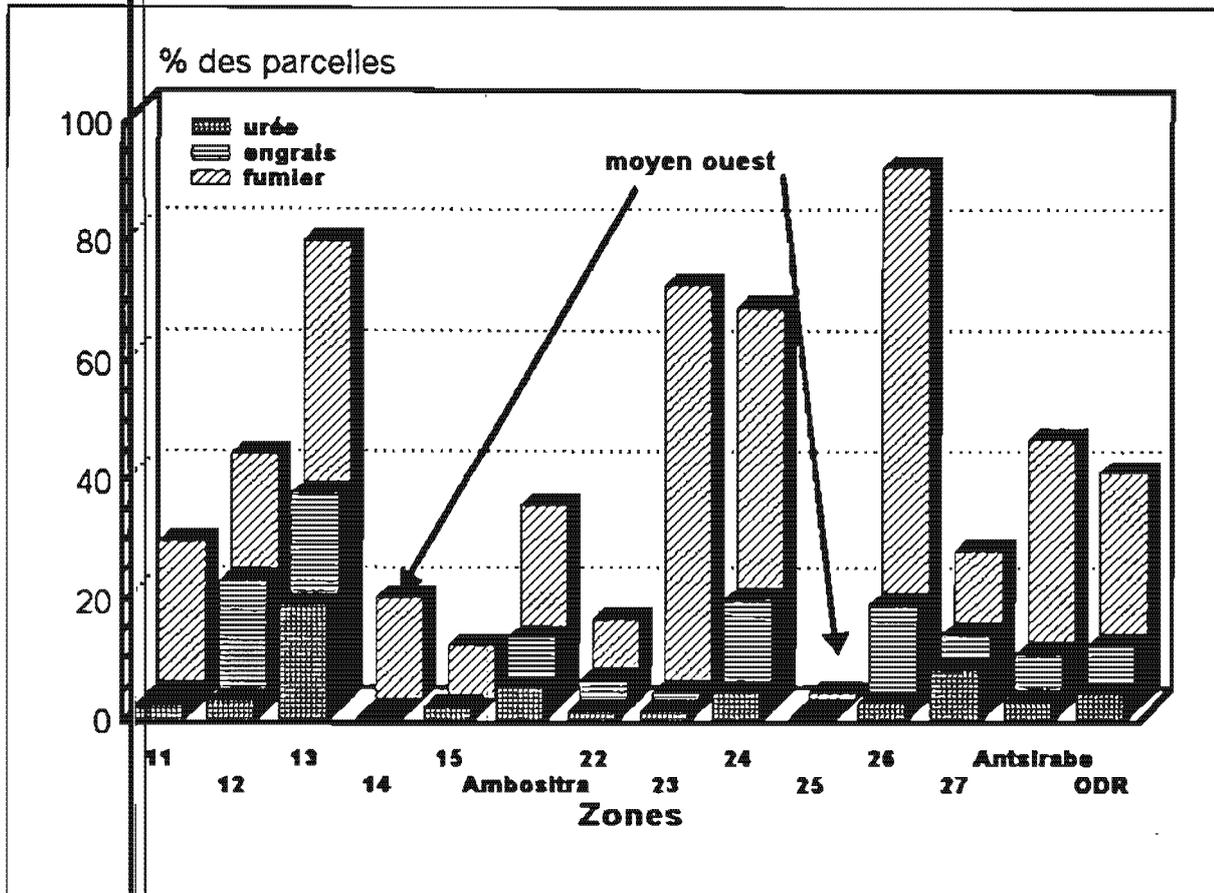


Tableau 34 Le cas de la riziculture avec de la pomme de terre en contre saison:

	Ambohitra		Manandona		Iandratsay	
	riz	p. de terre	riz	p. de terre	riz	p. de terre
rendement en kg/ha	2616	4684	2937	3879	1919	3803
main d'œuvre payée en espèce	13387	6938	12787	4228	14604	4379
main d'œuvre payée en nature	7380	3623	9613	2632	5377	1905
location de matériel		930		2609		2332
fumier	320	1858	700	456	811	3464
engrais	7549 (25%)	9323 (37%)	8216 (25%)	14885 (37%)	4892 (18%)	2847 (12%)
autres intrants	1680	2341	879	15600	871	8924
total	30316	25013	32195	40410	26555	23851

Ces comptes moyens de dépenses pour les cultures montrent des différences en valeur absolue et en valeur relative selon les périmètres. Les achats d'engrais pour la pomme de

terre de contre saison représentent le poste le plus important à Manandona³⁵² (37%) et à Ambohibary (25 %) ce qui donne une dose moyenne de 60 kg NPK/ha à Manandona et 37 à Ambohibary³⁵³.

Ces comptes doivent être éclairés par la proportion de parcelle pour lesquelles les paysans achètent de l'engrais. La pomme de terre de contre saison reçoit une fumure minérale dans près de 70 % des parcelles de contre saison à Ambohibary et à Manandona contre 25 % à Iandratsay. Le riz suivant la pomme de terre est généralement mieux fumé que le riz sans contre saison (stratégie de concentration de la fertilité) ce qui permet, grâce à l'arrière effet supplémentaire de la pomme de terre et de sa fumure, d'obtenir des augmentations moyennes de rendement qui dépassent une tonne à Manandona. (tableau 34: 2937 kg/ha contre 1924kg/ha)

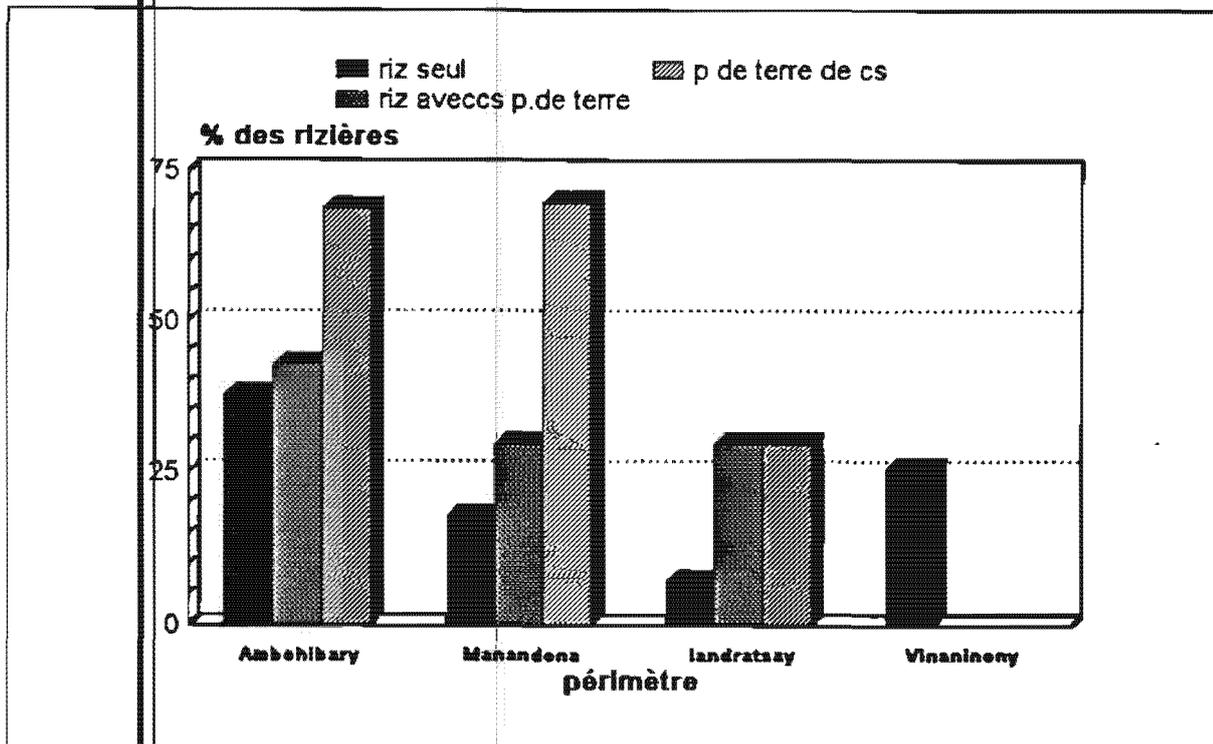


Figure 38 Utilisation de l'engrais en rizière selon les périmètres (source avant projets sommaires sur les 4 PPI 1987)

Les mêmes comptes peuvent être réalisés pour les cultures pluviales. L'examen de ces données permet de voir que l'engrais est, de façon générale, réservé à la pomme de terre et que le manioc n'en reçoit jamais. Selon les périmètres, des proportions plus ou moins grandes de parcelles portant des associations avec le maïs pourront en recevoir (cf figure 39).

³⁵² le poste "autres intrants" pour la pomme de terre est plus important à Manandona où, la culture n'étant pas traditionnelle comme sur les autres périmètres, les semences ne sont pas produites au sein même de l'exploitation (ou obtenues dans des circuits particuliers comme dans la relation Ankaratra - Ambohibary) mais achetées dans les magasins de FIFAMANOR.

³⁵³ pour 1 kg de NPK égal à 250 fmg

Les sommes moyennes dépensées pour les cultures autres que la pomme de terre sont insignifiantes.

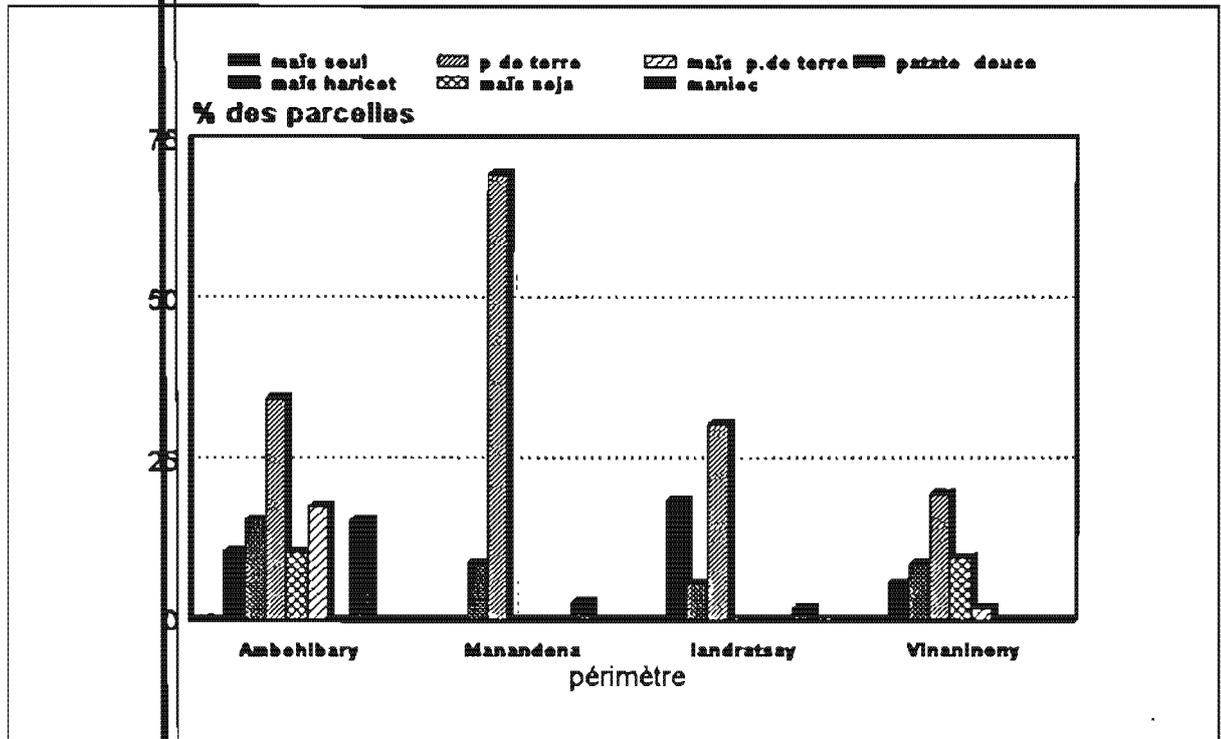


Figure 39 Utilisation d'engrais sur tanety selon la culture et le périmètre en % des parcelles (source APS 4 PPI 1987)

Tableau 35 Montant moyen des dépenses (fmg) en engrais par hectare selon les cultures pluviales pratiquées. Les pourcentages représentent la proportion de parcelles concernées par ces achats d'engrais (données des enquêtes APS PPI)

	Ambohibary	Manandona	Iandratsay	Vinaninony
Maïs seul	639 (11%)		1075 (19%)	170 (6%)
Maïs haricot	845 (16%)	1501 (9%)	836 (6%)	555 (9%)
Maïs soja	1083 (11%)			825 (10%)
Maïs p. terre	4300 (18%)			716 (2%)
P. de terre	4294 (35%)	20443 (70%)	5432 (31%)	2789 (20%)
Manioc		0	0	
Patate douce	1785 (16%)	441 (3%)	288 (2%)	

Il existe des différences selon les zones ou selon les périmètres, selon les cultures. Il existe des interactions "région - système de culture" et , à l'intérieur de ce croisement région -

système, il est souvent possible de retrouver des adaptations individuelles au système. L'hypothèse d'une adaptation des pratiques à la diversité du milieu semble particulièrement vérifiée pour cet aspect "utilisation de la fumure minérale".

Les doses appliquées ne correspondent pas aux normes de la vulgarisation

Dès l'enquête SATEC-SEDES, il était possible de comprendre les approximations dans la mise en pratique des recommandations. Appréciation des surfaces, méconnaissances des recommandations, complémentarité et substitution entre fumier, engrais ternaire et urée, prise en compte des aptitudes particulières de la parcelle ou tout simplement adéquation entre quantité achetée et surface à fertiliser, tout concourt à ce que les doses préconisées ne soient pas respectées. Les résultats de cette enquête font apparaître 73 % des surface en rizière fertilisées à une dose inférieure à la dose recommandée. Pélissier (1976) remarquait qu'au sein de chaque exploitation, les différentes parcelles recevaient un traitement autonome.

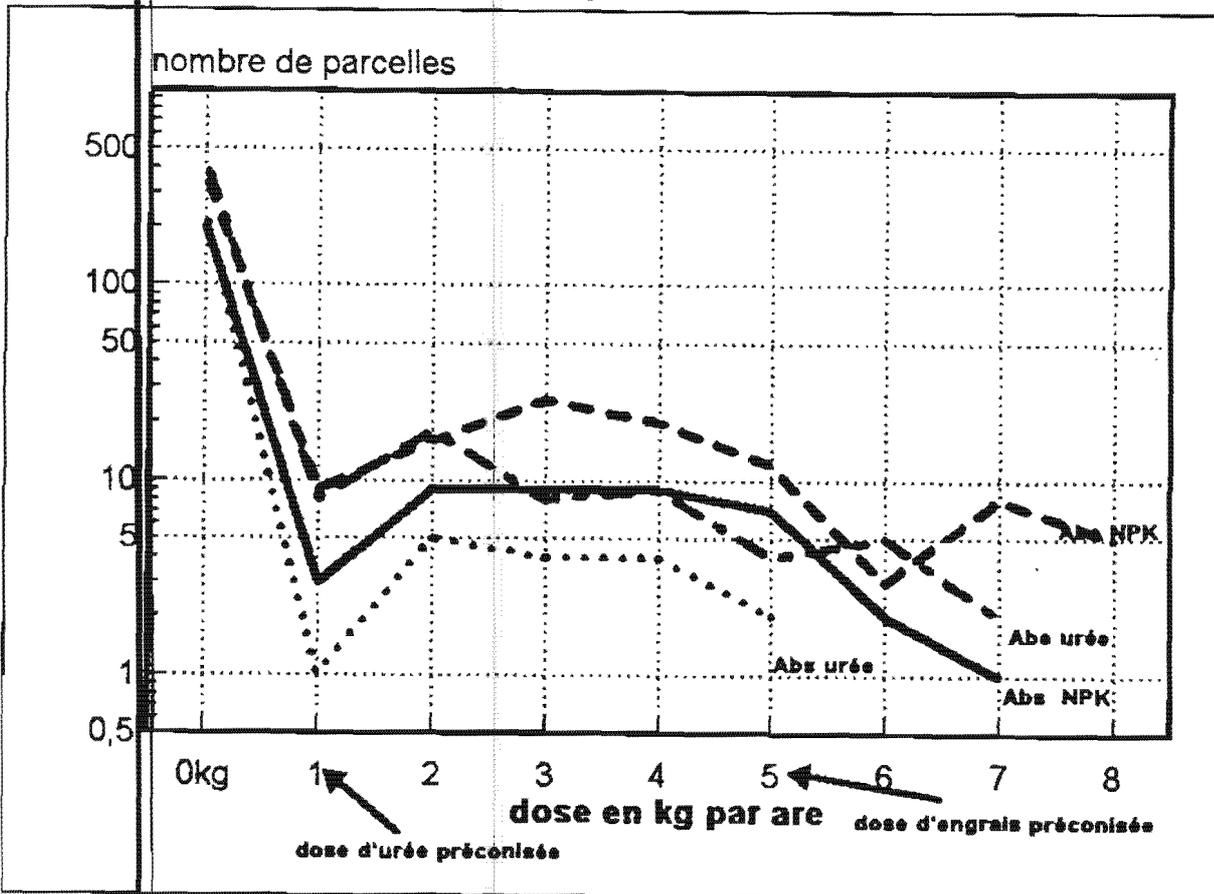


Figure 40 répartition des parcelles selon les doses d'engrais utilisées sur pépinière (enquête de base ODR 1983 échelle log)

L'enquête rizicole de 1973 ne fait malheureusement pas la différence entre parcelles recevant de la fumure minérale, celles recevant de la fumure organique et celles recevant les deux types de fumure. Il est cependant possible d'en tirer les quantités d'engrais utilisées en rizière et de séparer les rizières fumées des rizières non fumées.

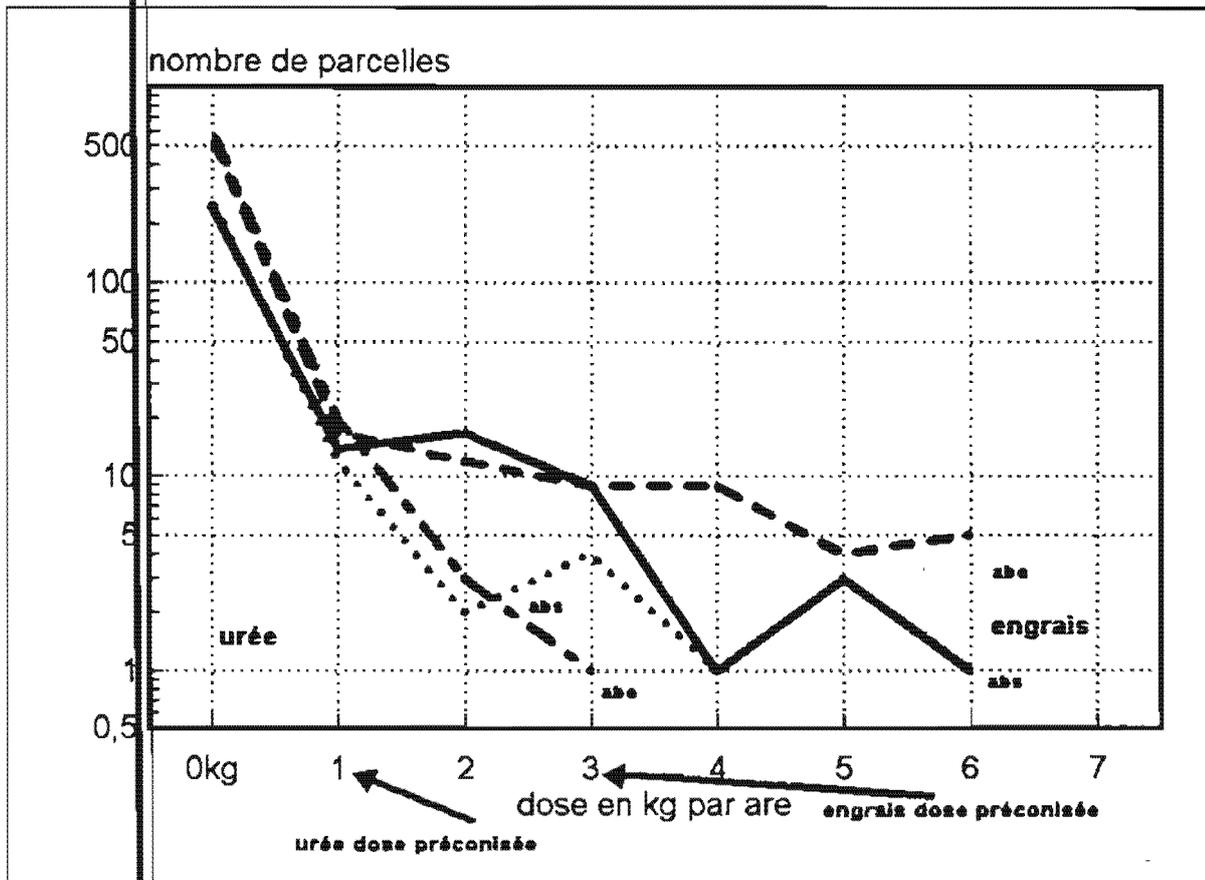


Figure 41 répartition des parcelles selon les doses d'engrais utilisées sur rizière (enquête de base de l'ODR 1983 échelle log)

Tableau 36 Quantités d'engrais moyennes apportées en rizière en 1973 source enquête rizicole 1973

	Abe	Btf	Atf	Frts	Vakin	Atof	Abs	Fdr	N Bts
quantité d'engrais sur le riz	372	263	714	291	1349	36	278	263	577
kg engrais/s.tot.riz	25.7	17.5	67	51.5	29.5	5	25	27	20.6
kg d'engrais/s.riz.fumées	41.9	73.3	94.4	88.4	60.6	28.6	64.8	85.5	67

Les raisons évoquées pour la non application des engrais minéraux

A la suite de l'enquête de base, une investigation complémentaire fut conduite de façon conjointe par COROI et l'ODR pour tenter d'expliquer les raisons de "non utilisation" au cours de la dernière année (1983).

Une première discrimination était faite sur la régularité de "non utilisation": combien étaient les "non utilisateurs" occasionnels par rapport à ceux qui n'avaient jamais eu recours à l'engrais:

Tableau 37 permanence de l'absence du recours aux engrais

	n'utilise pas l'engrais cette année	n'utilise pas l'engrais de façon régulière
Antsirabe	16	84
Ambohitra	25	75
ODR	18.5	81.5

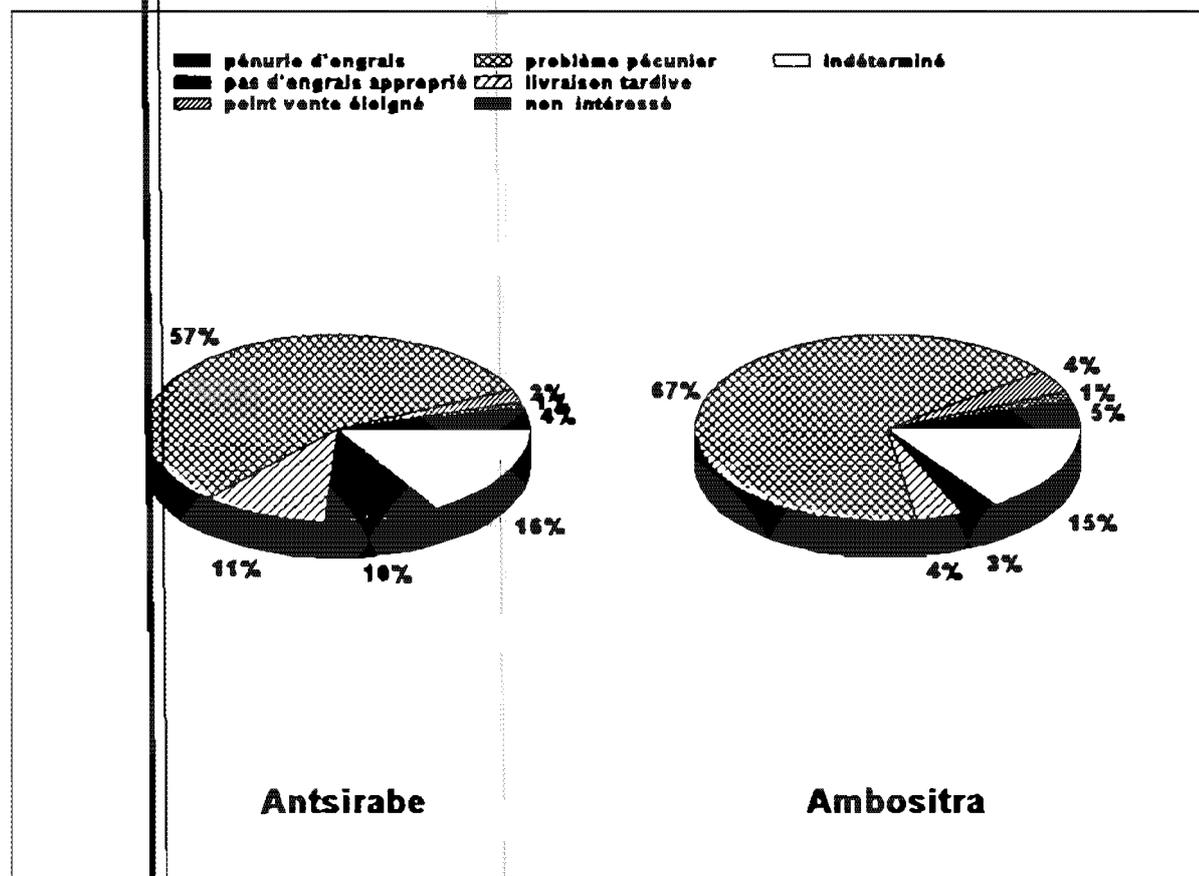


Figure 42 distribution des exploitants n'utilisant pas l'engrais selon les raisons évoquées (données de l'enquête ODR CORO 1984)

Pour la très grande majorité cette absence de recours à l'engrais est donc plus un phénomène permanent qu'occasionnel.

Les raisons avancées mettent en avant les problèmes financiers suivis de très loin par les livraisons tardives et l'intérêt des engrais. Les questions de pénurie d'engrais, de points de vente trop éloignés et d'absence d'engrais appropriés se posent peu³⁵⁴.

³⁵⁴ Il n'a pas été possible de retrouver les bases de sondage, de localiser les échantillons ce qui nécessite la plus grande prudence dans l'utilisation des résultats. Une étude approfondie de ces questions s'avère nécessaire.

Des différences apparaissent entre "non utilisateurs" permanents et occasionnels sur l'absence d'engrais appropriés, les occasionnels étant beaucoup plus nombreux à évoquer cette raison que les permanents. L'attachement à une forme d'engrais connue est souvent remarquée ce qui rend les changements d'apparence longs à passer. Un paysan habitué au 11-22-16 emploiera difficilement du 8-20-20 ou du 15-15-15 non pas à cause de différences dans la formulation mais pour des modifications dans l'aspect.

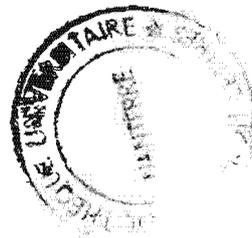
La deuxième différence entre occasionnel et permanent concerne l'intérêt de l'engrais dont les "non utilisateurs" occasionnels sont beaucoup plus persuadés.

Les enquêtes du suivi évaluation de l'ODR ont cherché à nouveau en 1992 à comprendre les raisons de cette absence d'utilisation. Les raisons en sont toujours les mêmes:

- prix des engrais (50 % à Antsirabe, 43 % à Ambositra);
- éloignements des points de vente (1% à Antsirabe, 18 % à Ambositra);
- Autres 49 % à Antsirabe, 38 % à Ambositra.

Les pratiques paysannes de fertilisation minérale correspondent en partie à une rentabilité économique qui n'existe pas dans toutes les conditions. Pour apporter de l'engrais, il faut que la culture soit sensible ou réponde bien à la fertilisation et que la parcelle sur laquelle le paysan veut l'utiliser présente des risques (parasitisme, sécheresse, inondation, vol, grêle...) qu'il juge limité. Si tous ces critères sont favorables, les questions du financement et de l'approvisionnement se posent. Elles constituent les principaux obstacles à l'utilisation des engrais. Une politique de développement basée sur la fertilisation minérale qui ne prendrait pas en compte les variations d'efficacité, de prix des produits et des intrants et les difficultés de financement et d'approvisionnement n'aurait aucune chance d'aboutir.

Les pratiques de fumure minérale montrent clairement une diversité des choix liée à la diversité des conditions du milieu et à la diversité des situations des exploitations. Les explications de ces choix ne nous semblent pas toujours "rationnelles" en première approche non seulement à cause de différences entre notre conception du risque et celle du paysan mais aussi en raison de niveaux de formation et d'information très différents.



5.4 Spécialisation ou diversification: les possibilités des filières

Les trois premières parties de ce chapitre ont permis de comprendre comment les pratiques paysannes de gestion de l'eau, de la matière organique ou des engrais minéraux étaient adaptées à la diversité des milieux et des contraintes.

La description et l'analyse des pratiques de gestion de l'eau, de la matière organique, d'intrants fertilisants montrent chez le paysan des Hautes Terres malgaches une bonne connaissance du milieu et des techniques pour produire dans ce milieu. Ce ne sont généralement pas des problèmes de connaissance des différentes techniques qui sont déterminantes pour l'augmentation de la production mais beaucoup plus des questions d'approvisionnement et de marché.

Du fait de l'augmentation de la population agricole, de la saturation des espaces rizicultivables et des espaces facilement exploitables en culture pluviale, les exploitations agricoles passent d'un système rizicole avec élevage extensif à un type intermédiaire de poly-production (cf 44). A la suite de dévolution successorales, les surfaces cultivées par personne diminuent (cf 423) et il devient difficile d'assurer l'auto-approvisionnement de l'exploitation.

Différentes "stratégies" s'offrent alors au producteur:

- il peut vendre son travail en ville³⁵⁵ (ouvrier, artisan, manoeuvre, pousse-pousse...), mais la migration journalière n'est possible que si l'exploitation n'est pas trop éloignée d'un centre urbain. Dans le cas contraire, la migration devra être saisonnière ou définitive, la production de l'exploitation restant alors à la charge de la famille stricte (femme et enfant) ou élargie (parents, frères ou soeur, cousins).
- Il est possible de vendre son travail sur place; la dépendance par rapport à l'offre et à la demande de main d'oeuvre est très grande; il s'agit bien souvent d'une situation de grande misère dans laquelle la subsistance de la famille au jour le jour dépend du travail de la journée;
- pour beaucoup d'exploitations devenant trop petites pour être autosuffisantes, le salariat agricole ne procure qu'une partie des revenus. Une partie importante peut, en revanche, provenir d'une production végétale ou animale que le paysan intensifie en apportant plus de travail, plus d'intrants ou en combinant un apport des deux pour obtenir une valorisation plus importante de l'unité de travail ou de l'unité de surface. Le revenu ainsi dégagé devra permettre de faire face aux besoins du ménage ou d'acheter plus de nourriture que la production de culture vivrière obtenue sur la même surface avec le même travail.

³⁵⁵ Raison (1984) conclut sur les résistances des paysans des Hautes Terres aux migrations vers l'ouest en indiquant que "c'est une civilisation rurale évoluée, aux activités diversifiées, largement ouverte à l'influence des villes" (...) entretenant "l'espoir d'une promotion venant d'une façon ou d'une autre de l'univers urbain".

541 Les différentes possibilités offertes par les filières existantes ou potentielles

L'organisation de filières intégrant approvisionnement et crédit en intrants, conseils techniques, collecte et commercialisation représente une opportunité pour ces exploitations en voie de spécialisation³⁵⁶.

De nombreuses possibilités existent³⁵⁷.

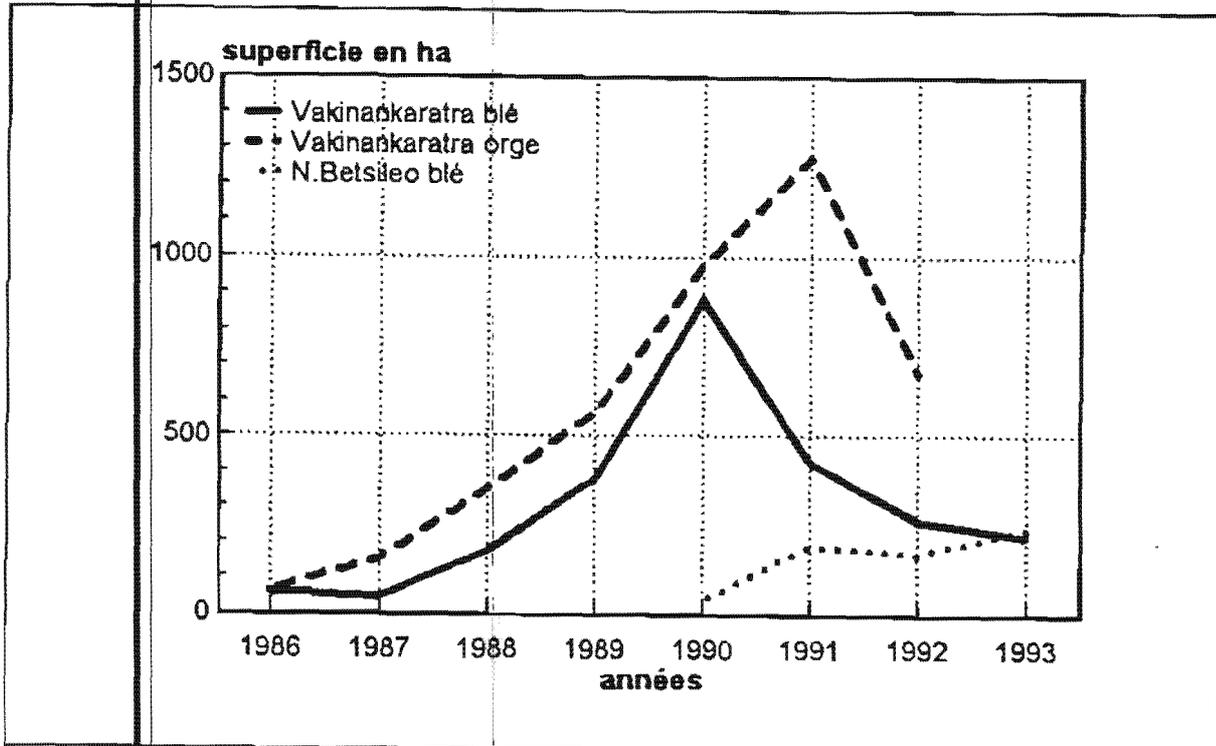


Figure 43 Evolution des surfaces en blé et orge dans le Vakinankaratra et le Nord Betsileo (source Malto et Kobama)

Les filières des céréales à paille blé, triticales et orge ont été développées pendant les années 1980 par des opérations de développement: Kobama et Fifamanor pour le blé et le triticales, Malto pour l'orge. Après quelques années consacrées à la recherche de régions aptes à ces cultures, à la mise au point d'itinéraires techniques et de variétés, le développement des surfaces cultivées et du nombre de producteurs touchés a été recherché. Introduites depuis longtemps à Madagascar (Bourde - 1897, Boquet - 1961, Rollin - 1993), ces cultures ont connu un développement important au cours des dernières années. Les opérations de développement offrent un approvisionnement en intrants à crédit, des conseils techniques, une assurance et la garantie d'un achat de la production. L'évolution des surfaces cultivées en blé et orge (figure 43) montre, dans le Vakinankaratra, un accroissement jusqu'en 1990 pour le

³⁵⁶ la référence en matière de filière pour les agronomes chargés de développement reste la filière coton en Afrique de l'Ouest

³⁵⁷ Compte tenu de la forte autoconsommation et de l'importance de l'élasticité de cette consommation, le riz peut être considéré comme une filière à part (cf les études sur le sujet de Leplaidier et al, 1993)

blé, jusqu'en 1991 pour l'orge suivi d'une forte baisse. Les explications de la baisse sont complexes et différentes pour les deux cultures.

Pour l'orge, cela correspond à une accumulation de stock en 1991 accompagnée d'une forte baisse de la consommation de bière au niveau national³⁵⁸. Malto a donc choisi de réduire les surfaces emblavées par une limitation des crédits octroyés et par une stagnation des prix.

Pour le blé, ces surfaces ne concernent que l'encadrement Kobarna alors que de nombreuses parcelles ont été emblavées en dehors de cet encadrement en profitant notamment des crédits Greniers Communs Villageois (GCV). D'autres parts, la Kobarna a freiné la culture du triticale en agissant sur prix et crédit pour des raisons de qualité de panification.

Les filières des cultures pluviales traditionnelles maïs, haricot et manioc sont encore loin d'être structurées correctement. Quelques collecteurs achètent sur les marchés ou sur le bord des champs le maïs qui peut être intéressant pour le marché intérieur notamment s'il est transformé en viande de porc. Les collecteurs de haricot s'approvisionnent dans le Moyen Ouest et jusqu'à Miandrivazo, recherchant le lingot blanc³⁵⁹. Tsimoka³⁶⁰ a organisé la collecte du haricot dans la vallée de la moyenne Mania et a démontré que la seule organisation de la commercialisation du haricot pouvait augmenter très significativement le revenu du paysan. Des études de filières devraient examiner les possibilités de contrat de culture, la production étant destinée à la consommation nationale ou à l'exportation. Les essais de développement de la culture du soja n'ont, quant à eux, pas donné les résultats escomptés essentiellement à cause du non fonctionnement de l'usine et donc de l'absence d'achat des productions. Une tentative pour démarrer à nouveau la filière dans le cadre de la privatisation de Mamisoa est en train de se mettre en place.

Les filières des cultures maraîchères se sont structurées toutes seules avec des producteurs qui se chargent d'écouler leur récolte. La situation des parcelles autour des villes ou sur un grand axe de communication est un facteur très favorable. Les carottes d'Ambohibary peuvent être retrouvées jusqu'à Toamasina, Mahajanga ou Antsiranana. Des progrès importants restent néanmoins à faire pour tout ce qui concerne l'approvisionnement en intrants et l'organisation de la commercialisation³⁶¹.

Un gros travail reste à faire pour **les cultures fruitières**. Bien sur, à Antanifotsy, les achats de grenadilles pour faire du jus de fruit permettent à bon nombre de ménages d'équilibrer leurs comptes. La grande variabilité d'espèces³⁶², de variétés ainsi que des conditions de

³⁵⁸ La bière est fabriquée à Madagascar avec 13 kg de malt par hectolitre ce qui correspondait à une importation de 3900 tonnes de malt à laquelle 5200 tonnes de production locale d'orge pourraient se substituer (100 kg d'orge donnent 70 à 80 kg de malt) Potté, 1991. De 300 000 hectolitres par an, la consommation est descendue en 1992 en dessous de 200 000 hl. 100 000 hl correspondent à un besoin en orge de plus de 1700 tonnes.

³⁵⁹ Deux variétés de haricot dominent: le lingot blanc destiné à la vente et le *menakely* (petit rouge destiné à l'autoconsommation)

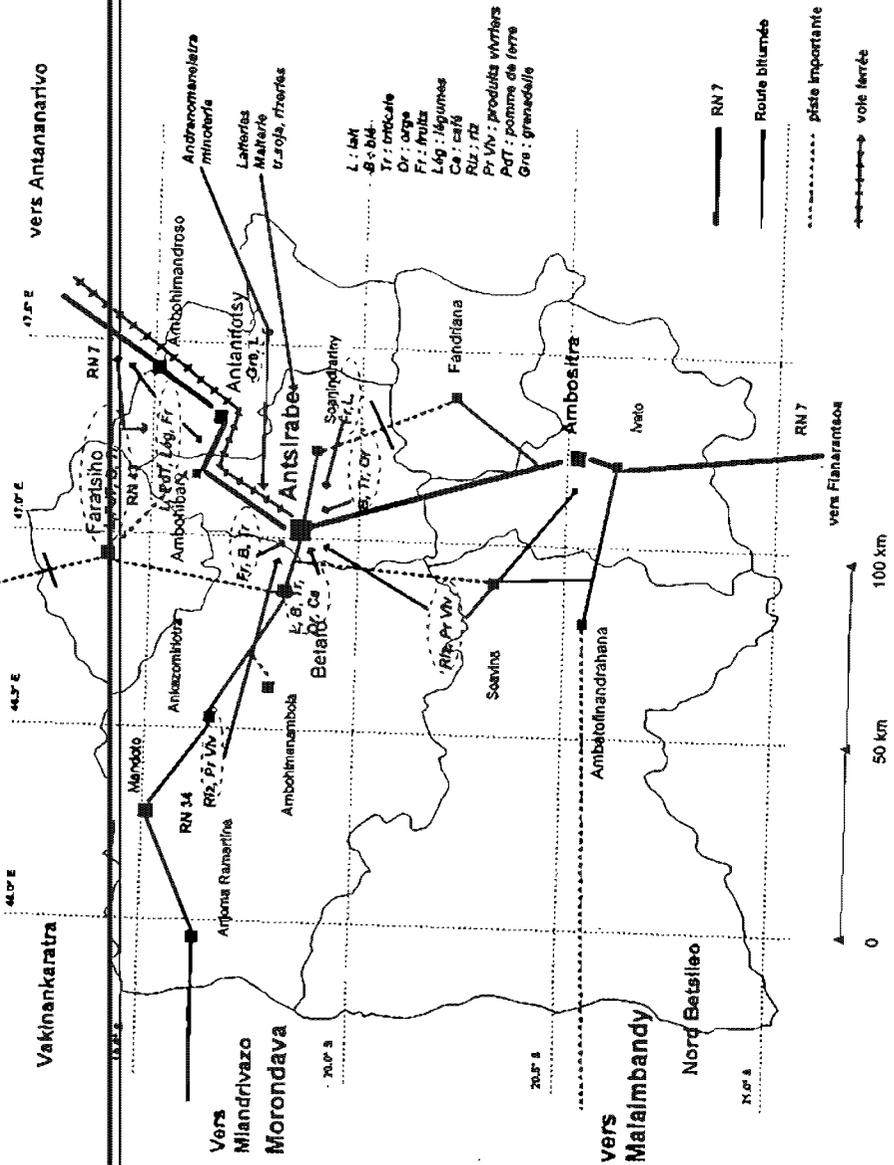
³⁶⁰ ONG malgache appuyée par Fort France visant l'organisation des producteurs intervenant dans certaines parties de la zone étudiée

³⁶¹ notamment pour la pomme de terre

³⁶² fruits tempérés: pomme, poire, pêche, prune, abricot, raisin; fruits tropicaux: kaki, mangue, grenadille, orange, mandarine, papaye, ananas, banane.

milieu relativement favorables devraient permettre une amélioration de la production en quantité et en qualité mais surtout au niveau du revenu du paysan.

Le lait et les autres produits de l'élevage: porcs, volailles, poissons... ne peuvent être oubliés. Ils constituent souvent la meilleure opportunité.



542 Filières et avantages comparatifs

Bigot (à paraître) a étudié l'utilisation d'engrais à Madagascar dans une perspective d'avantages à la production agricole sur les marchés intérieurs et pour l'exportation. Il calcule un coefficient mesurant l'avantage économique à engager les ressources non échangeables (terre et travail) dans les principales productions³⁶³. Il tient compte pour cela des coûts réels en devise (FOB) pour les facteurs échangeables (produits et intrants) et du transport dans les différentes régions. Taxes et subventions sont exclues.

Plus le coefficient descend en dessous de 1, plus les avantages comparatifs à produire cette culture dans ces conditions dans cette région sont grands, plus il monte au dessus de 1, plus l'importation du produit devient intéressante.

Pour les cultures irriguées (tableau 38), les résultats indiquent un avantage à la production pour le marché intérieur mais pas pour l'exportation. Le passage à l'irrigation entraîne une supériorité pour les itinéraires techniques avec apport d'engrais. Si cet avantage est relativement faible pour le riz, il n'en est pas de même pour le blé qui présente des rendements très faibles sans fertilisation.

Tableau 38 Coefficients de coûts réels pour les cultures sur rizières (source Bigot, à paraître, données des rapports AIRD Cultures irriguées et spécialisation régionale 1991-1992)

Culture	région	pour le marché intérieur	pour l'exportation
riz repiqué	centre	0.65	1.21
riz repiqué (i) ³⁶⁴	centre	0.60	1.32
blé	centre	1.38	
blé (i)	centre	0.65	
p. de terre	centre	0.82	2.75

Pour les cultures pluviales (tableau 39), les coefficients indiquent un avantage à produire toutes les cultures citées (mis à part l'orge pluvial) pour le marché intérieur. L'intérêt des plantes à racine et à tubercule est manifeste avec des coefficients inférieurs à 0.5 ce qui pose des questions sur l'inexistence de filières organisées pour ce type de produit³⁶⁵. Les possibilités d'exportation n'apparaissent que pour la pomme de terre et le manioc mais le coefficient est proche de 1 indiquant une sensibilité forte à une modification du marché mondial³⁶⁶. L'intérêt de l'apport d'intrant varie selon les cultures et les situations: il n'est pas intéressant d'apporter de l'engrais sur le maïs en Moyen Ouest alors que l'utilisation améliore

³⁶³ Les données de base proviennent d'un ensemble d'étude sur le secteur agricole faites en 1990-1991 sur financement BIRD et PNUD

³⁶⁴ culture plus intensive avec engrais

³⁶⁵ une étude a été réalisée sur ce sujet en 1987 par le FOFIFA et FIFAMANOR

³⁶⁶ notamment les accords du Gatt qui devraient permettre une augmentation des cours mondiaux des produits.

le coefficient de la pomme de terre. L'absence de données permettant la comparaison empêche malheureusement d'aborder le cas de cultures comme le haricot.

Tableau 39 Coefficients de coûts réels pour les cultures pluviales (source Bigot, à paraître, données des rapports AIRD Cultures irriguées et spécialisation régionale 1991-1992)

Culture	région	pour le marché intérieur	pour l'exportation
riz pluvial	moyen ouest	0.59	1.56
p.de terre	moyen ouest	0.30	0.93
maïs	moyen ouest	0.42	1.33
maïs (i)	moyen ouest	0.69	2.68
manioc	moyen ouest	0.30	0.93
p.de terre	centre	0.36	1.16
p.de terre (i)	centre	0.23	0.85
orge	centre	1.84	1.84
blé	centre	0.93	1.48
triticale	centre	0.96	1.24

Pour les productions animales (tableau 40), des différences importantes apparaissent selon le type d'alimentation. Le lait, intéressant si les vaches sont alimentées avec des sous produits, devient beaucoup moins avantageux avec des cultures fourragères. Des exceptions peuvent cependant être faites lorsque les fourrages sont produits en contre saison sur rizière. Les coefficients négatifs pour le lait à l'exportation sont dus à des valeurs ajoutées négatives. La faiblesse dans la collecte d'information sur l'élevage rend cet exercice difficile.

Tableau 40 Coefficients de coûts réels pour quelques produits d'élevage (source Bigot, à paraître, données des rapports AIRD Cultures irriguées et spécialisation régionale 1991-1992)

Culture	région	pour le marché intérieur	pour l'exportation
lait v. ss prod.	centre	0.47	-2.82
lait v. c.four.	centre	1.07	-2.64
porc industriel	moyen ouest	0.80	1.34

Le facteur transport joue un rôle très important dans l'efficacité de l'une ou de l'autre filière en fonction des quantités à transporter et de la situation des zones de production. Bigot (à paraître) insiste pour cela sur l'intérêt d'une comparaison entre les investissements dans le domaine des infrastructures rurales pour le transport ou pour l'irrigation. Ces calculs sont faits sans intégrer les arrières effets de certaines rotations, sans prendre en compte des considérations pratiques ou agronomiques ce qui limite l'intérêt de ces approches uniquement économiques.

543 L'intérêt des filières pour modifier la gestion de la fertilité

Ces filières présentent un double intérêt pour l'exploitation du point de vue de la gestion de la fertilité : existence d'un revenu³⁶⁷ et arrière effet de la fertilisation.

Elles assurent un revenu qui permet de subvenir aux besoins courants de l'exploitation mais aussi d'investir en intrants sur des productions autoconsommées. La comparaison de charges moyennes et de produits moyens, pour quelques cultures sur lesquelles des apports d'intrants ont été réalisés, permet d'apprécier les différentes opportunités. Il est cependant nécessaire de garder à l'esprit que la faible variation des charges pour une culture donnée encadrée par un opérateur n'empêche pas le rendement (figure 44) et le prix de vente (essentiellement selon la possibilité de stockage pour les cultures vivrières) de varier de façon importante.

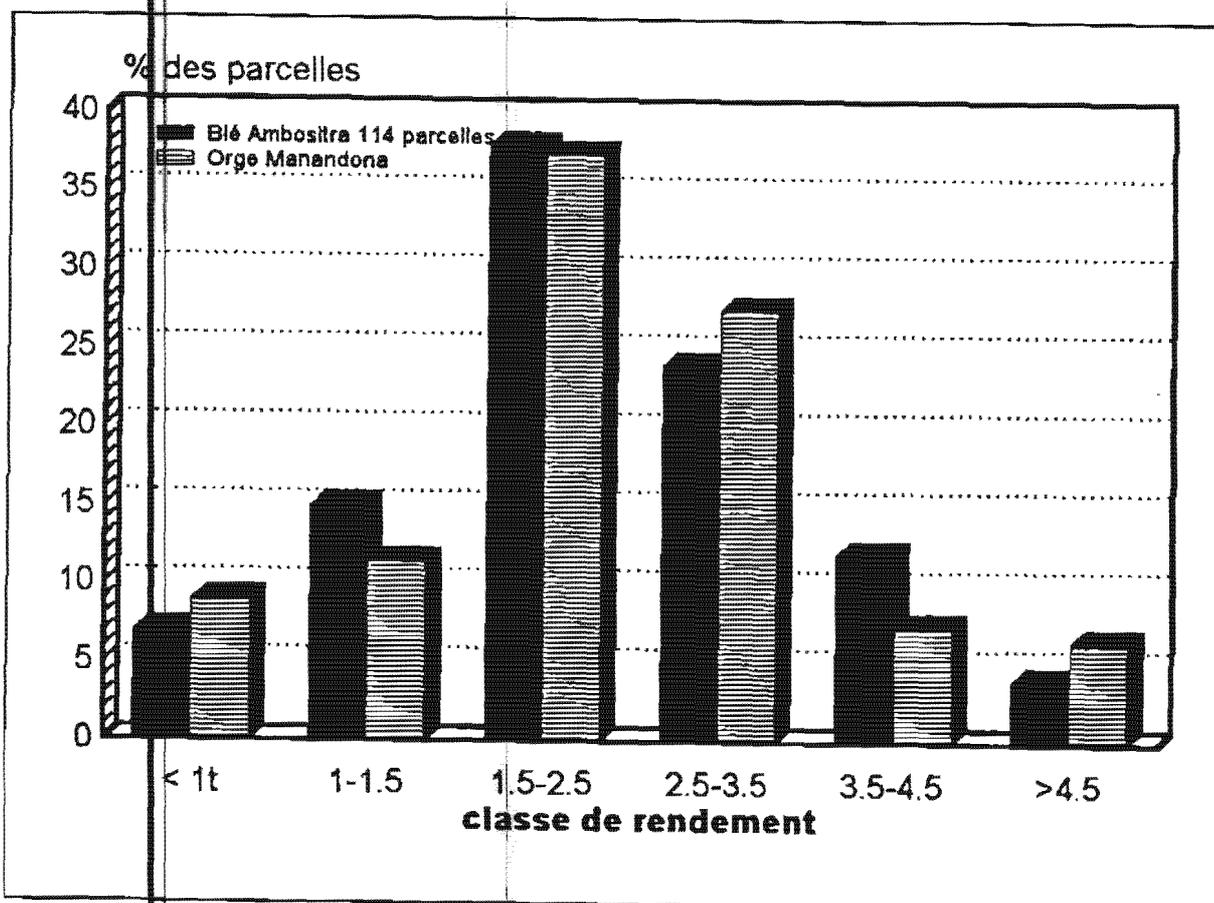


Figure 44 Variation du rendement du blé et de l'orge avec les mêmes apports théoriques d'intrants

Avec les mêmes apports d'intrants, pour un rendement moyen compris entre 2.5 et 3 tonnes par hectare, il est possible d'observer des rendements inférieurs à 1 tonne par hectare, d'autres supérieurs à 4.5 tonnes par hectare. Pour les rendements inférieurs à 1.5 tonnes, un

³⁶⁷ avec, la plupart du temps, crédit et approvisionnement en intrants

doute existe cependant sur l'utilisation de l'intégralité des intrants sur ces parcelles d'orge ou de blé.

tableau 4 Comparaison des coûts de production, des revenus moyens par unité de surface (en are) et par jour de travail

	riz irr.	maïs	haricot	blé 1 ^{aa}	blé 2	triticale	p. de t 1	p. de t 2	orge ^{aa}
semences	200	252	560	1275	1020	1026	7000	4200	855
fumier	1600	1600	1600	1600	800	1600	1600	800	1600
dolomite	850	850	850	850		850	850		292
bore				440		440			261
eng. NPK	2125	2125	2125	2130	1105	2130	3550	705	2653
urée	864	864		864	425	864	360		695
fong. élus.				915	50	915	1500	350	1473
assurances				824		824	824		250
coût crédit	564	570	515	900		900	1590		565
total charges	6203	6261	5650	9950	3620	10370	17500	6050	8644
rend kg are ⁻¹	40	40	15	25	19	28	200	80	30
produit brut	10000	8000	9750	14000	10640	14840	30000	10400	13720
marge brute	3797	1739	4100	4050	7020	4470	12500	4345	5076
nb jour trav.	1.8	1.5	2.2	2.25	2.25	2.25	2.4	2.4	2.33
val jour trav	2109	1159	1863	1800	3100	1986	5200	1800	2206

Base de calcul 1993

semences: elles seront très souvent produites sur l'exploitation. Les quantités et prix retenus sont les suivants: riz 50 kg à 400fmg, maïs 120 kg à 210 fmg, haricot 80 kg à 700fmg, blé1 150 kg à 850 fmg, blé 2 120 kg à 850 fmg, triticale 180 kg à 800 fmg, 150 kg à 570 fmg pour l'orge

fumier 10 tonnes à 16 fmg kg⁻¹, 5 tonnes en blé 2 pomme de terre 2

dolomite 500 kg à 170 fmg kg⁻¹, pas de dolomite en blé et pomme de terre 2, 200kg pour l'orge

bore 20 kg à 2200 fmg pour le blé 1, 10 kg en semi intensif et pour l'orge

engrais riz et maïs 250 kg de 11-22-16 à 850 fmg plus 120 kg d'urée à 850 fmg, haricot 250 kg de 11-22-16, blé 1 300 kg de 11-22-16 à 710 fmg et 120kg d'urée à 720fmg (subvention Kobarna) blé 2 130 kg de 11-22-16 à 850 fmg et 50 kg d'urée à 850 fmg, pomme de terre 1 500 kg de 11-22-16 à 710 et 50 kg d'urée, sur l'orge 400kg de 11-22-16 et 100 kg d'urée au tallage

Produits phytosanitaires Insecticide terricole Hoechst 10 kg ha⁻¹ et Dithane, insecticide fongicide foliaire, raticide

Assurance récolte sur pied négociée entre Malto, Kobarna et ARO, une partie est prise en charge par Malto (2/3)

Crédit 6 mois à 10,14% (8,33 % en 1992) pas de crédit institutionnel sans le soutien d'un opérateur, le crédit informel reste possible mais les taux sont beaucoup plus élevés.

Prix pour la valorisation Riz 250 fmg, maïs 200 fmg, haricot 650 fmg, blé 560 fmg, triticale 530 fmg, pomme de terre 150 fmg, orge 470fmg possibilité d'avoir en plus une prime de rendement (rendement supérieur à 2.7 tonnes), une prime semencière et une prime de groupement

Selon les possibilités des parcelles de l'exploitation, de l'approvisionnement et de l'écoulement des produits, selon les habitudes, la persuasion des vulgarisateurs de la filière,

^{aa} Blé 1 et pomme de terre 1 correspondent aux parcelles encadrées par un opérateur. Blé 2 et pomme de terre 2 correspondent aux situations réellement observées en 1993 sans le soutien d'un opérateur.

les modalités d'octroi de crédit et de remboursement, les paysans pourront choisir une des opportunités qui leur est proposée. La valorisation de la journée de travail est à comparer avec un salaire minimum de l'ordre de 1800 fmg³⁷⁰ en 1993.

Les filières permettent, pour ce qui concerne les productions végétales, de financer pour une parcelle une fumure qui profitera à la culture de rente et aux cultures qui suivront.

L'arrière effet de la fertilisation des céréales à paille ou des autres cultures de contre saison sur le riz a été démontré³⁷¹. Lorsque la production de la parcelle est inférieure à 3.5T de paddy par hectare, des gains de rendement de une à deux tonnes de paddy par hectare sont fréquemment obtenus, gains variables selon le type de contre saison précédent le riz (avec un avantage à la pomme de terre) et selon le niveau de fumure minérale et organique apporté (figure 45). Par rapport à un témoin non fertilisé en contre saison, les augmentations de rendement, toutes cultures de contre saison confondues, variaient de 800 à 1200 kg de paddy supplémentaire pour l'engrais et le fumier et allaient jusqu'à 1700 kg pour des combinaisons associant engrais, fumier et dolomie (Rollin et al., 1990).

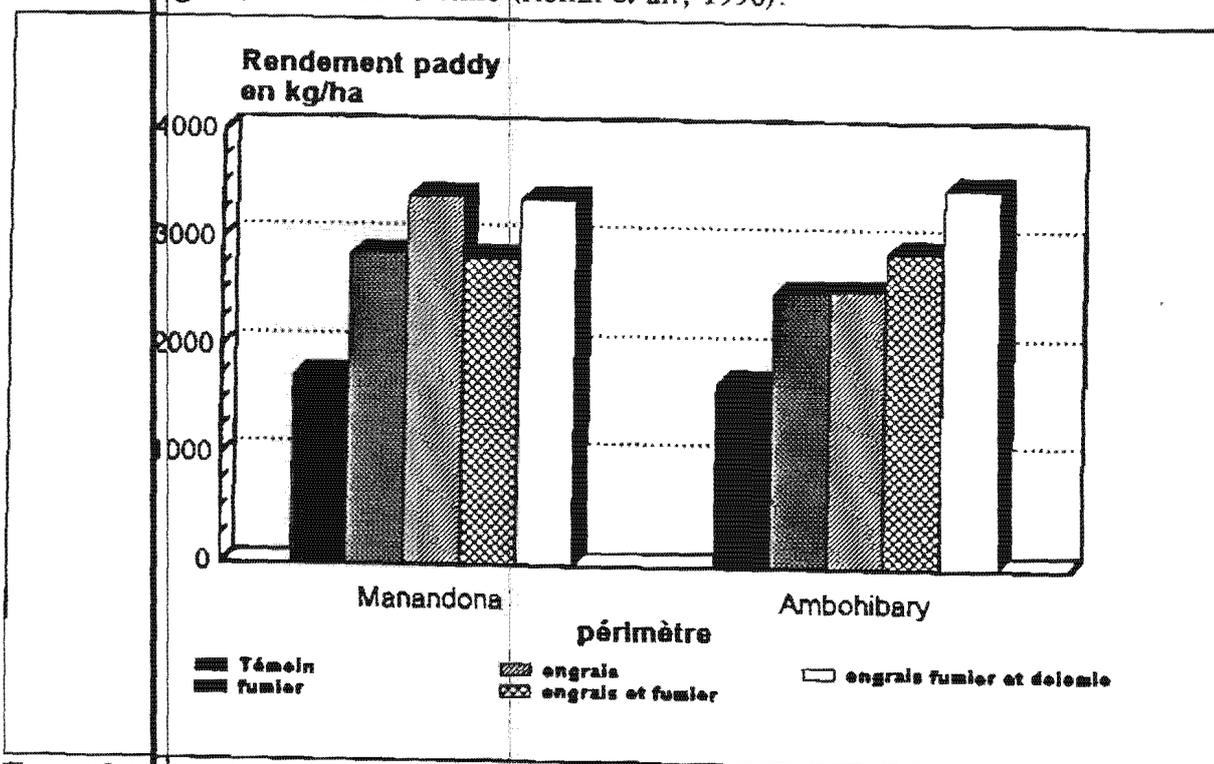


Figure 45 Arrière effet des traitements apportés sur les culture de contre saison

Pour les cultures pluviales, l'arrière effet de la dolomie, de la chaux ou du phosphore pendant plusieurs saisons après leur apport a été identifié dans de nombreuses conditions (Somadex, 1990). Lors d'une série d'essais effectués par FIFAMANOR dans le

³⁷⁰ chiffres 1992

Vakinankaratra sur une rotation maïs, pomme de terre, blé, les arrières effets des apports de dolomie et de phosphore ont été étudiés³⁷².

L'effet de la dolomie existe en première année sur le maïs mais l'arrière effet est plus important en deuxième saison: on obtient 1.45 kg de pomme de terre par kg de dolomie apportée la première année et cet arrière effet reste encore significatif sur le blé. L'apport de dolomie est beaucoup mieux valorisé en complément de l'engrais ternaire (figure 46).

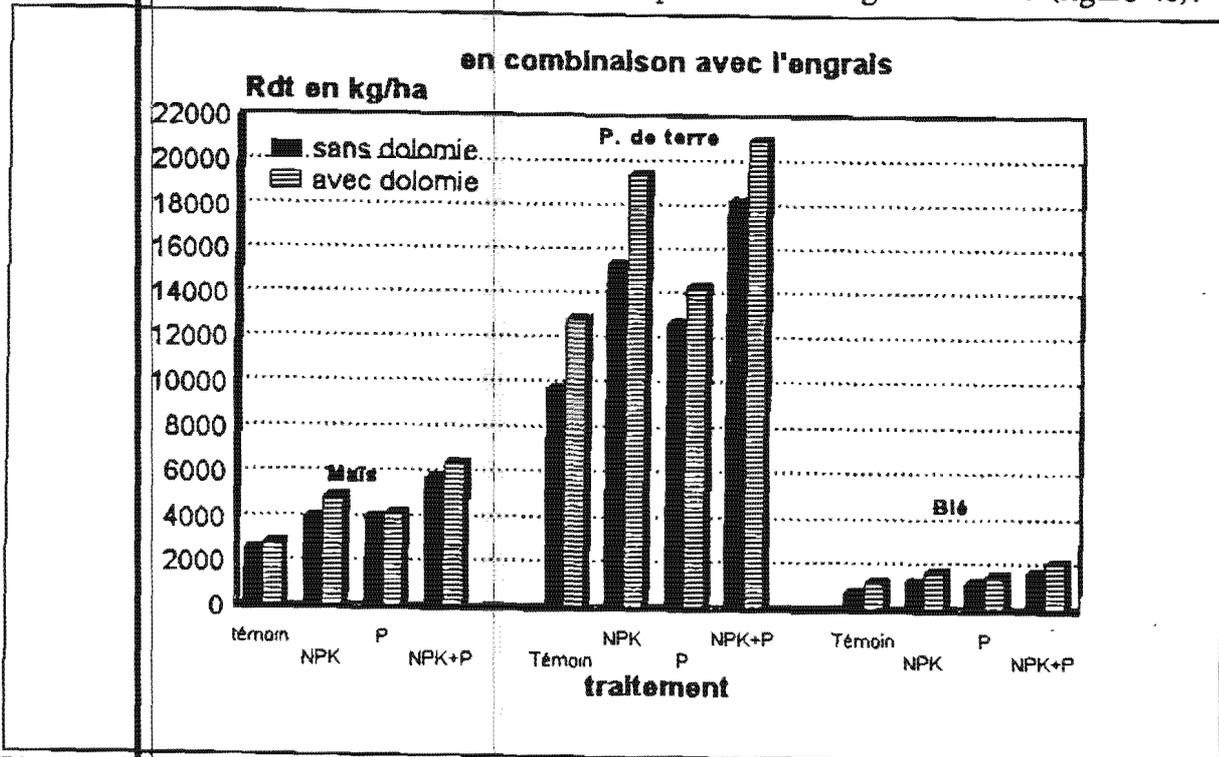


Figure 46 Effet et arrière effet de la dolomie sur une rotation dans le Vakinankaratra en combinaison avec l'engrais

L'effet du phosphore est net dès la première année: 14 kg de maïs supplémentaire par kg de P_2O_5 apporté. En deuxième année, il reste un effet résiduel très important (22 kg de pomme de terre par kg de P_2O_5). En troisième année, l'arrière effet du phosphore est encore de 4 kg de blé par kg de P_2O_5 (figure 47).

³⁷⁰ en dessous duquel il est fréquent que les travailleurs journaliers vendent leur force de travail

³⁷¹ essai étude du binôme contre saison riz: arrière effet des cultures de contre saison et de leur fertilisation sur le riz. 5 traitements de fertilisation, 4 répétitions, 5 périmètres, 4 répétitions. Les résultats présentés sont très hautement significatifs (Rollin et al., 1990)

³⁷² effets de la dolomie en combinaison avec les engrais sur rotation des cultures dans la région du Vakinankaratra essais réalisés par

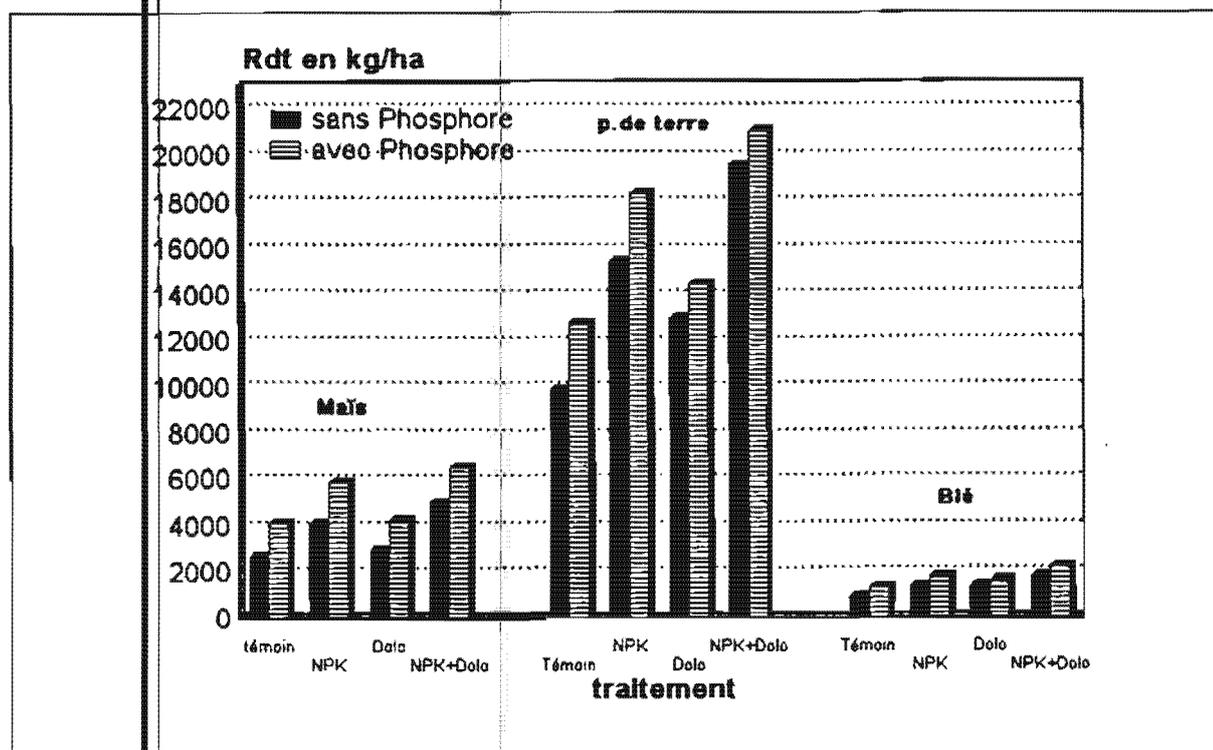


Figure 47 Effet et arrière effet du phosphore sur une rotation dans le Vakinankaratra en combinaison avec engrais et dolomie.

544 Quelques conditions pour le développement de la filière

La première condition à réaliser pour mettre en oeuvre une filière de façon satisfaisante est l'instauration d'une confiance entre le paysan et les autres acteurs de la filière.

Les retards dans les livraisons d'intrants qui arrivent après la date limite de semis, les modifications des prix du produit au moment de la collecte voire la suspension de la collecte, les balances faussées sont devenus des lieux communs lorsque l'on parle des filières dans la région.

Les débouchés et les prix:

La mise en place d'une filière stable nécessite l'assurance d'un débouché. L'installation de l'usine Mamisoa pour le traitement du soja, de la malterie et des laiteries à Antsirabe, de la minoterie à Andranomanelatra sont partis d'une volonté politique d'installer des centres de transformation dans les zones de production. Ces unités de transformation sont généralement bien dimensionnées pour la consommation nationale mais sur-dimensionnées pour la production locale.

Plusieurs conceptions du développement de la filière peuvent être comparés.

Le type Mamisoa part du principe que le seul fait de mettre en place une infrastructure de traitement du soja accompagné d'un peu de vulgarisation devrait permettre le développement de cette culture;

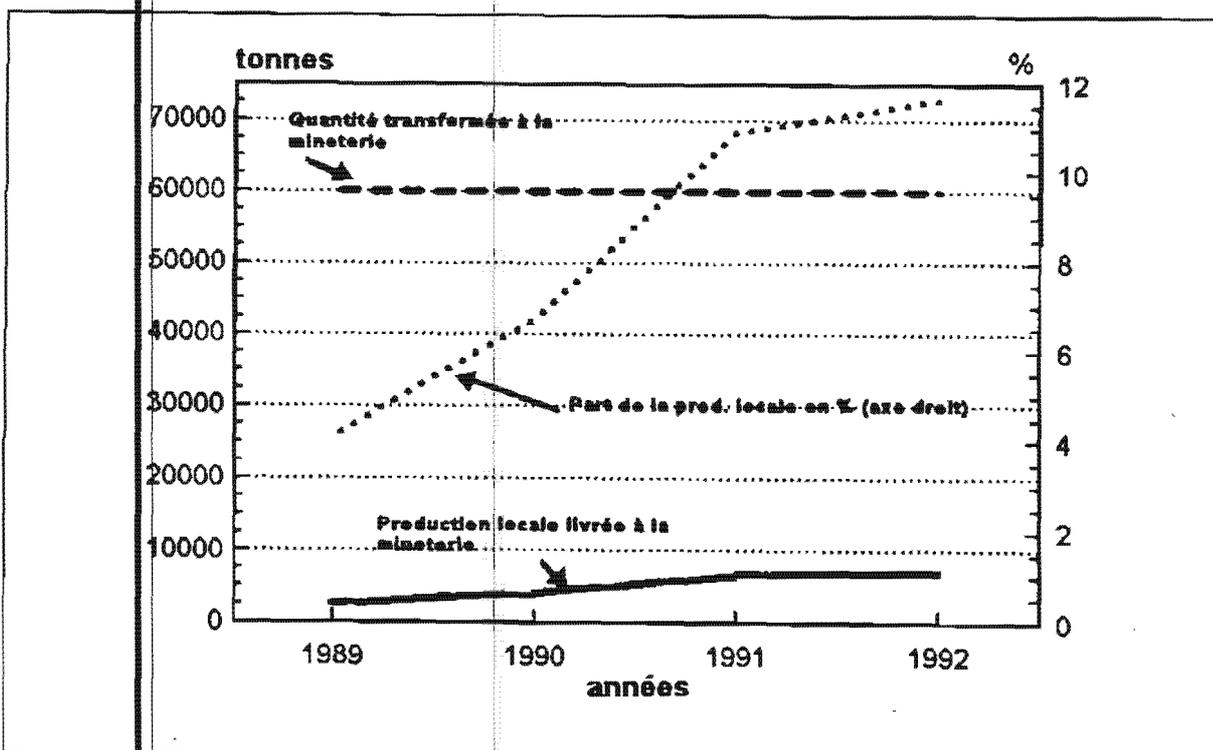


Figure 48 Evolution de la part de la production locale dans le blé transformé à la minoterie d'Andranomanelatra (Mendez, 1993)

Le type KOBAMA vise la substitution progressive d'une partie des importations de blé par du blé et du triticale produits sur place grâce à un projet d'encadrement de la filière (figure 48). La proportion de la production locale dans les quantités livrées à la minoterie, inférieure à 1 % dans le début des années 1980, approche les 12 % en 1992³⁷³.

Le type Malto recherche la production locale d'une certaine quantité d'orge qui sera transformée artisanalement jusqu'à ce qu'une malterie modulable puisse être alimentée.

La filière produits vivriers vise une ponction sur la production de l'exploitation grâce à un prix attractif au moment de la récolte.

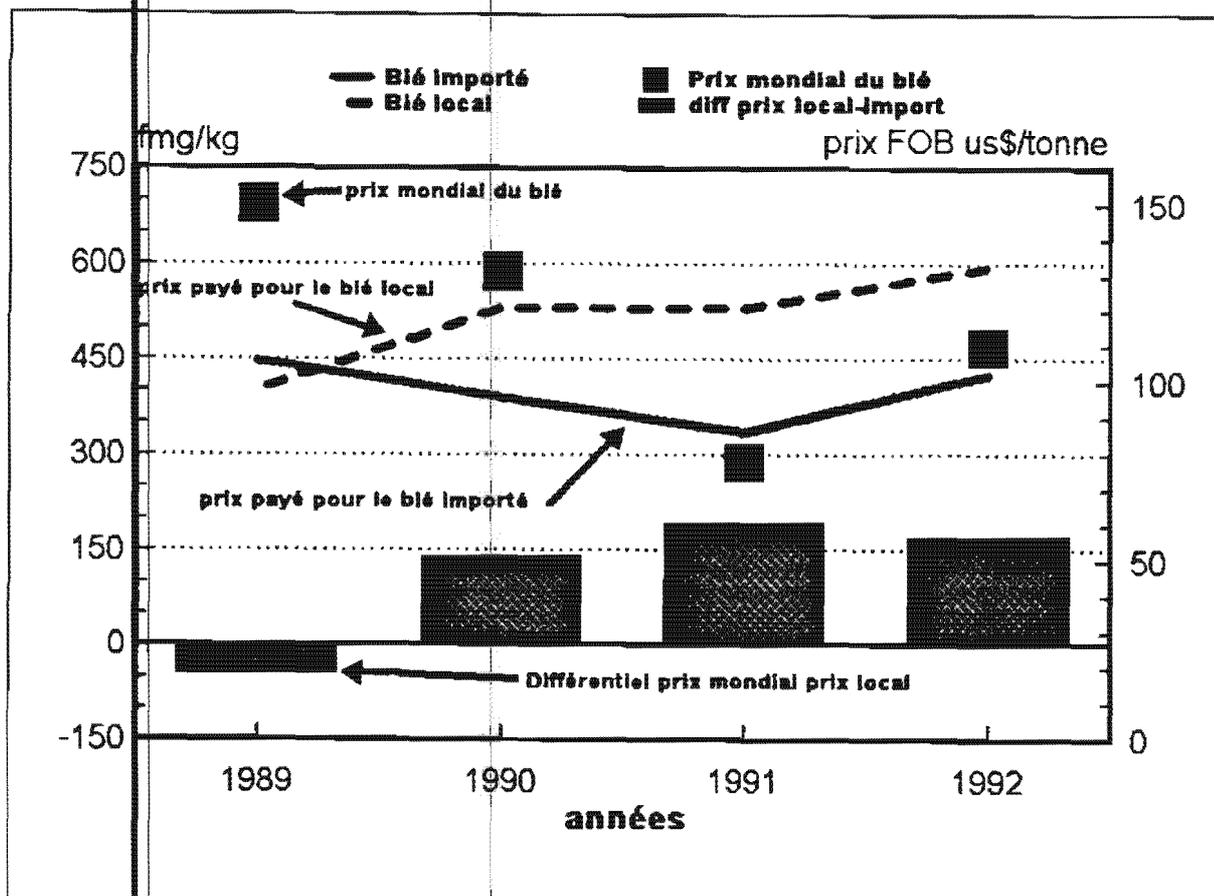


Figure 49 Évolution du prix du blé entrée usine: comparaison blé importé, production locale

Ces filières de production locale s'opposent en permanence aux possibilités d'importation sur le marché mondial. Malgré le faible coût de la main d'oeuvre malgache, la faible productivité entraîne une concurrence difficile avec les importations. La libéralisation et la théorie des avantages comparatifs ne laisse pas beaucoup d'opportunités à un paysan produisant dans ces Hautes Terres relativement enclavées. Une volonté politique de préserver des productions locales est nécessaire;

³⁷³ il y avait en plus 3000 tonnes de blé et de triticale produits localement, non livrées à la minoterie, transformées par des unités artisanales ou autoconsommées (Mendez del Villar, 1993)

Pour le malt d'orge comme pour le blé, les oléagineux ou le lait, la tentation est forte d'importer plutôt que de produire sur place. Mendez (1993) a comparé le prix entrée usine du blé importé et du blé produit sur place. Les cours mondiaux sont descendus à des niveaux tels que la production locale coûte cher à la Kobama (figure 49): en 1989, avec un prix FOB de 150 \$ /tonne et un prix local de 400 fmg/kg, la production locale était intéressante. A partir de 1990, les cours mondiaux descendent donnant un intérêt croissant au blé importé. Dans le cadre de la privatisation des sociétés d'état, les opérateurs reprenant les entreprises n'ont pas tous des états d'âme sur l'intérêt de préserver une production locale: dans une des principales régions productrices de lait de Madagascar, une des plus anciennes industrie de transformation a arrêté la collecte qui lui revenait cher pour ne plus travailler qu'avec du lait importé.

Après la libéralisation de l'économie malgache, les prix des producteurs sont donc liés étroitement aux cours mondiaux des produits. Ces prix doivent cependant être suffisamment élevés pour inciter le paysan à la production. En fonction des conditions proposées par l'une ou l'autre filière, le paysan choisira. A Manandona, périmètre bien placé pour la contre saison sur rizière, l'importance³⁷⁴ et la répartition des cultures de contre saison varie selon les années (figure 50). La pomme de terre régresse de 1989 à 1991 pendant que l'orge se développe. En 1992, le blé et la pomme de terre profitent du maintien du prix de l'orge alors que les autres prix augmentent.

Les attentes des acteurs

Le paysan attend essentiellement des opérateurs de la filière un approvisionnement en intrants de qualité suffisante qu'il pourra rembourser à la récolte et la garantie d'un prix rémunérateur. Quand il s'agit d'une culture dont il ne maîtrise pas l'itinéraire technique, il est aussi intéressé par des conseils. Il a ainsi été possible d'observer des améliorations importantes du rendement des céréales à paille au cours des saisons. L'orge est passé de moins de 1 tonne de moyenne générale à près de 3 tonnes grâce à une amélioration des conseils des vulgarisateurs en même temps qu'une mise au point et une adaptation individuelle des techniques à chaque situation. Cette amélioration des rendements semble confirmer la pertinence des démarches de "création - diffusion" d'innovation technique. Cependant cette démarche seule est insuffisante si, une fois la maîtrise technique obtenue, le maintien de la filière n'est pas assuré.

Les opérateurs, quand à eux, attendent surtout la fourniture de la récolte correspondant à la quantité et la qualité demandée, et le remboursement du prix des intrants.

³⁷⁴ les cultures de contre saison sont devenues dans de nombreux endroits une façon de compenser une mauvaise saison rizicole.

Dans un système apparemment très simple, de nombreux problèmes peuvent se présenter.

Que se passe-t'il en cas de pertes à la récolte à la suite d'accidents climatiques (gel, inondation, sécheresse, grêle)? Dans certaines filières (orge, blé) des assurances récolte sur pied sont obligatoires pour obtenir un crédit intrant. L'absence de zonage pour le risque, les

difficultés de contrôler une production atomisée entraîne un fonctionnement peu satisfaisant de ce type d'assurances.

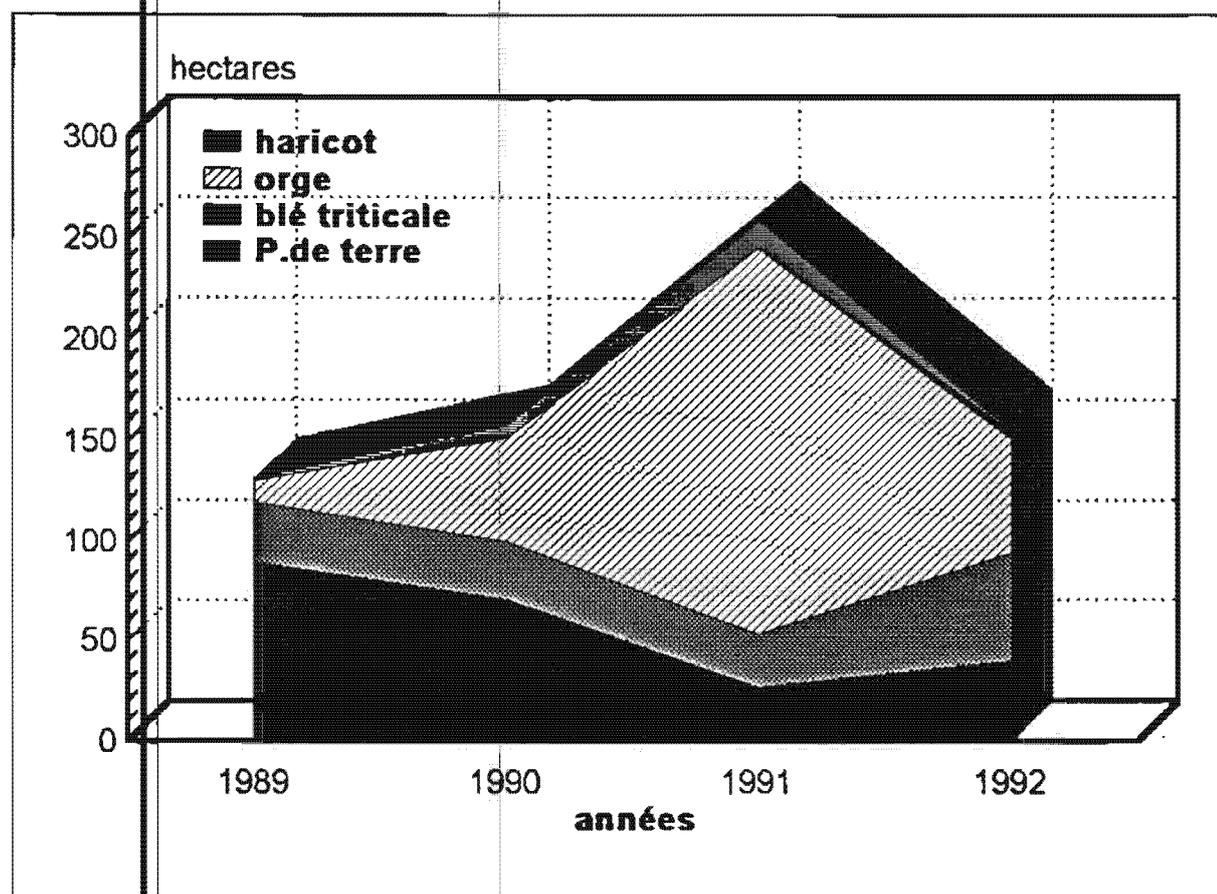


Figure 50 Evolution des surfaces des principales cultures de contre saison à Manandona

Le défaut de livraison de récolte par le paysan peut être du à une consommation de la récolte ou à une vente à un autre collecteur. Le problème n'existe pas pour des cultures comme l'orge aux possibilités d'autoconsommation limitées et pour laquelle Malto dispose d'un monopole de transformation.

La question de la qualité du produit livré se pose souvent et entraîne des litiges dans lesquels le paysan n'a, la plupart du temps, que très peu de recours.

Le développement de nouvelles filières dans la région peut être décomposé en deux phases:

- une première de mise au point et de démonstration des nouvelles techniques,
- une deuxième de sécurisation des filières par des mesures politiques et économiques adaptées.

Des recommandations basées uniquement sur une analyse des avantages comparatifs peuvent s'avérer inopérantes pour des raisons évidentes, mises en lumière lors d'une analyse des

pratiques. Il est donc nécessaire de mettre en place en même temps que les infrastructures des filières des observatoires des prix pour comprendre l'intérêt des acteurs dans cette filière mais aussi des observatoires des pratiques pour comprendre l'adoption ou le rejet des thèmes techniques, les raisons de l'adoption ou du rejet et pouvoir ainsi mettre au point de nouvelles alternatives techniques.

Tableau 42 Comparaison des différentes filières du point de vue Crédit, Approvisionnement, conseil et débouchés

	Crédit Approvisionnement en intrants	Conseil technique	Débouchés commercialisation
Céréales à paille	Bien organisé par Malto et par Kobarna qui présente cependant quelques problèmes pour les semences. Le relais par les opérateurs privés n'est pas encore assuré.	De gros progrès ont déjà été faits. Il reste à faire une recherche sur la perte mécanisation (préparation du sol, battage) sur la tolérance variétale à la rouille, l'acidité, la submergence, le froid.	Pas de problème de débouché pour le blé et le triticale. Les ajustements des prix par rapport aux cours mondiaux doivent être réalisés dans une perspective de protection de la production locale.
Cultures pluviales	Crédit limité aux associations de crédit à caution solidaire touchant surtout les produits autoconsommés. Il serait intéressant d'établir des contrats de culture intégrant la fourniture d'intrants.	Conseils techniques faibles en dehors des vulgarisateurs de l'ODR qui n'ont pas grand chose à proposer. Combinaisons de fumures organiques, minérales et amendements calco-magnésiens à mettre au point individuellement. Amélioration variétale.	Variables selon les produits, la saison et la proximité des axes de communication. La transformation par l'élevage reste en général une des meilleures valorisations. Les capacités de stockage villageois doivent être renforcées.
Cultures maraîchères	Pas d'approvisionnement en intrant ni de crédit organisé. Des problèmes importants peuvent se poser pour l'achat de semences de qualité.	Producteurs déjà performants prêts à tester de nouvelles cultures ou de nouvelles itinéraires techniques.	L'organisation de la filière peut être tentée pour la commercialisation de certains légumes. La demande est importante sur les côtes. Les possibilités de stockage et de transformation sont à développer. Des possibilités de spécialisation pour l'exportation.
Cultures fruitières	Rien n'est organisé. Besoin de crédit pour éviter les ventes sur pied et permettre d'investir dans la production.	Très peu de conseil technique. De gros progrès sont à faire pour la protection phytosanitaire, l'arrosage, la taille, le stockage. Il convient de conserver les anciennes variétés et d'en introduire de nouvelles.	Des débouchés peuvent être trouvés s'il y a amélioration de la qualité et élargement de la production grâce au stockage. Il est aussi possible de produire en contre saison pour l'Europe. Les possibilités de stockage et de transformation sont à développer.
Lait	Réalisé par des organismes comme ROVA ou FIFAMANOR. Crédit BTM peu répandu.	Bien assuré par FIFAMANOR. Pertinence de la Pie Rouge Norvégienne?	Surcapacité de transformation à Antsirabe. Problème de collecte pour les producteurs éloignés. Tendance de certains opérateurs à abandonner cette collecte.
Autres produits de l'élevage	Crédit et Approvisionnement pratiquement nuls. Quelques initiatives intéressantes se développent.	Mise en place de vaccinations par des opérateurs villageois encadrés et approvisionnés par des vétérinaires. Amélioration ensuite de l'alimentation (complémentation en aliments concentrés) du logement des animaux et de l'amélioration génétique.	Nombreuses possibilités pour répondre à la demande nationale ou régionale (Océan Indien).

Sixième partie: conclusion générale

Il n'existe pas dans le Vakinankaratra et le Nord Betsileo "une" gestion de la fertilité en liaison avec l'irrigation mais un certain nombre de pratiques concernant cette gestion.

Ces pratiques s'avèrent d'autant plus fines et d'autant plus complexes que l'on se trouve dans une zone dans laquelle la densité de population et l'ancienneté du peuplement sont importantes et, en corrélation, la surface cultivée par personne faible. Pour arriver à ses objectifs d'autoconsommation et d'obtention d'un revenu monétaire, le paysan recherche des itinéraires techniques et des opportunités toujours mieux adaptées à ses conditions.

Il bénéficie pour cela d'une connaissance du milieu et d'une longue tradition dans la mise en valeur de ce milieu mais les modifications du milieu physique et surtout socio-économique vont souvent plus vite que la mise au point de pratiques bien adaptées.

Une typologie d'exploitation

Malgré la diversité des conditions du milieu et des situations des exploitations agricoles, quelques grands types de reproduction de la fertilité correspondant aux mêmes logiques peuvent être identifiés. Les types décrits pour la gestion financière du "ménage-exploitation" sont appropriés pour classer les exploitations selon la gestion de la fertilité.

Au premier type, rizicole, correspondent les exploitations qui, possédant des surfaces suffisantes en rizières et en culture pluviale, accédant à des pâturages satisfaisants³⁷⁵, peuvent développer des stratégies extensives qui valorisent mal la terre mais valorisent bien le travail. Ces exploitations sont essentiellement retrouvées dans le Moyen Ouest où les surfaces disponibles sont encore importantes. La reproduction de la fertilité est assurée sur les rizières par la charge de l'eau d'irrigation, sur les tanety par des jachères plus ou moins longues. Ce type de reproduction correspond à des rendements généralement peu élevés par rapport à l'offre climatique.

L'alimentation des animaux provient de la pâture et les boeufs sont parqués le soir sans affouragement. La poudrette, obtenue sans paillage ni protection contre la pluie, peut être utilisée en certains endroits où une concentration d'éléments fertilisants est intéressante: pépinières ou cultures à proximité de la maison.

Compte tenu de difficultés fréquentes dans l'approvisionnement en bois ou en charbon³⁷⁶, les résidus de récolte (pailles, fanes...) mais aussi, parfois, les déjections animales, sont utilisées comme combustible pour la cuisine. Il y a peu d'achats d'intrants et peu de concentration de travail par unité de surface. Ce travail est souvent limité à un labour suivi de la mise en place de la culture, semis, plantation ou repiquage et de la récolte. Un sarclage ou un désherbage apporteraient fréquemment des augmentations substantielles de production.

Ces exploitations extensives sont de plus en plus remplacées par d'autres, d'un **deuxième type**, correspondant au type de fonctionnement polyproductif, dans lequel la disponibilité en

³⁷⁵ en quantité si ce n'est en qualité

³⁷⁶ Dans le Moyen Ouest, ce ne sont pas les quelques lambeaux de forêt naturelle restant qui peuvent suffire à l'alimentation en bois. D'autres part, les reboisements sont quasiment inexistant.

terre pour l'autosuffisance alimentaire et, à plus forte raison, pour dégager un revenu monétaire, devient juste suffisant.

Dans ce type, le paysan cherche à valoriser toutes les ressources disponibles sur l'exploitation. Les parcelles de rizières et de tanety sont de plus en plus systématiquement mises en culture avec une diminution de la jachère utilisée auparavant pour la restauration de la fertilité des parcelles pluviales. La mise en culture de tanety moins propice à la culture pluviale, comme les hauts de pente, entraîne souvent une dégradation rapide de l'aptitude à produire. Ces parcelles sont cultivées pendant quelques saisons puis abandonnées sans possibilité de nouvelle culture avant de nombreuses années quand la production devient trop basse³⁷⁷.

Une des premières modifications provient de la fabrication de fumier qui est considéré comme une ressource importante grâce à laquelle il sera possible de concentrer les éléments fertilisants sur certaines parcelles. Les transferts de fertilité à l'intérieur du terroir sont favorisés: sorokahitra (cf 52), apports de terre de tanety, récupération des résidus de récolte qui ne sont plus brûlés mais collectés avec soin pour l'alimentation du bétail ou le paillage du fumier.

Le pâturage est de plus en plus complété par un affouragement à l'étable: les enfants remplissent de grands sacs d'herbe, manioc et maïs peuvent être apportés en complément. La possibilité d'utiliser la traction animale (charrette) améliore évidemment tous ces transferts de fertilité en augmentant vitesse et quantités transportées.

Ces exploitations sont généralement assez réceptives aux techniques d'amélioration de la riziculture qui leur permettent, par une concentration du travail sur les rizières, d'augmenter le rendement et donc de vendre un peu plus de riz ou d'en acheter un peu moins. L'amélioration des techniques de pépinière, le repiquage en ligne, le sarclage à la houe rotative et les soins apportés à la gestion de l'eau permettent cette augmentation. Les moyens financiers font, la plupart du temps, défaut pour passer à un niveau supérieur de production par la consommation d'intrants.

Lorsque ces pratiques ne suffisent plus à la satisfaction des besoins du ménage, il devient nécessaire de réaliser une adaptation plus fine aux conditions du milieu en améliorant, avec du travail et des intrants, l'aptitude à produire des parcelles cultivées. **Les exploitations du troisième type**, diversifiées pour le marché, se spécialisent souvent dans des productions végétales ou animales qui assurent des revenus leur permettant à la fois d'acheter la nourriture qui n'est pas produite en quantité suffisante sur l'exploitation et de faire face à d'autres dépenses. La reproduction de la fertilité sera fréquemment assurée par des apports exogènes: engrais, amendements, aliments du bétail. Les niveaux de rendement pourront être beaucoup plus élevés. Ces exploitants sont les clients et les fournisseurs des opérateurs des filières dont ils deviennent dépendants. Si leur position le leur permet (proximité d'une ville, d'un axe routier), ils peuvent faire jouer la concurrence entre filières choisissant celle qui offre les meilleures perspectives.

³⁷⁷ : "efa ritsy ny tany - La terre est déjà mauvaise" disent alors les paysans

La jachère a disparu dans ces exploitations qui cherchent une occupation importante de l'espace disponible, développant associations et successions culturales complexes dans lesquelles il faut sans cesse jouer avec le climat (pluie, froid) et le cycle des cultures. Parfois une variété présentant un cycle un peu plus court ou supportant une température un peu plus basse permet l'adoption d'une nouvelle culture³⁷⁸. Les sous produits sont systématiquement utilisés, les techniques de conservation (foins, ensilages) ou de transformation (traitement de fourrages pauvres à l'urée) intéressent ces exploitants. Dans le cas de spécialisation dans l'élevage (des cultures (manioc, maïs ou culture fourragères) destinées à l'alimentation du bétail peuvent être mise en place.

Tableau 1 représentation synthétique d'éléments caractérisant la gestion de la fertilité selon les types

	type 1 stratégie extensive	type 2 Valorisant les disponibilités de l'exploitation	type 3 Recours à l'extérieur
Jachère	importante pour les cultures pluviales	diminue par rapport au type 1	tend à disparaître
Alimentation des animaux	pâturage	pâturage et affouragement	affouragement cultures fourragères achat d'aliments concentrés
Double culture	marginal	se développe	sur beaucoup de parcelles
Concentration du travail par unité de surface	faible	moyenne	forte
Production pour l'autoconsommation	très forte	moyenne	souvent faible
utilisation d'intrants	non	parfois	oui
recours à la main d'œuvre salariée	oui (repiquage)	parfois	oui périodes de pointe
fumure organique	poudrette de parc	paillage du fumier	fabrication d'un engrais organique
Introduction de l'arbre dans les productions	faible	moyenne à forte plantation forestière	moyenne à forte plantation fruitière
Dépendance des fillères	faible sauf pour la vente du riz	faible	forte

Les exploitants "dépendants des transferts" dans la typologie de gestion financière des exploitations ne constituent pas, du point de vue de la gestion de la fertilité, une catégorie à part. Ils peuvent en effet être rattachés à une des trois catégories précédemment décrite.

³⁷⁸ Le riz pluvial connaît un développement intéressant dans certaines de ces exploitations à la suite de la diffusion de nouvelles variétés comme 3406 sélectionnées par le Projet riz d'altitude (FOFIFA-CIRAD). De nouvelles variétés encore plus productives dans ces conditions écologiques marginales, devraient permettre une nouvelle augmentation des surfaces et des producteurs concernés par cette culture.

Selon l'importance de ces transferts, selon l'utilisation des fonds (dans des activités d'agriculture et d'élevage ou dans la consommation), des stratégies plus ou moins intensives peuvent être observées.

Le niveau de maîtrise de l'eau n'intervient pas comme critère de différenciation des types de gestion de la fertilité. L'observateur trouvera des parcelles sans problèmes d'irrigation ni de drainage comme des parcelles à problème dans les trois types. L'artificialisation pour modifier les caractéristiques de la parcelle sera cependant plus importante dans les exploitations spécialisées qui investissent de grandes quantités de main d'oeuvre pour mieux s'affranchir des aléas climatiques. Le niveau de maîtrise de l'eau doit beaucoup plus être considéré comme une donnée de départ avec laquelle le producteur détermine sa stratégie en fonction de sa structure d'exploitation et de ses objectifs.

De la même façon, le recours à la traction animale est indépendant du type de gestion de la fertilité. S'il est évident que les exploitations possédant de grandes structures peuvent plus facilement entretenir une ou plusieurs paires de boeufs de trait, cela n'empêche pas les exploitations de type 2 ou 3 de posséder boeufs de trait, matériel de labour, charrette, quitte à le valoriser en dehors de sa propre exploitation par des prestations de service dans le voisinage ou par du transport. Les exploitations spécialisées qui ne peuvent entretenir une paire de boeufs de trait pourront ainsi payer pour, un travail à façon sur leur parcelles.

Des conséquences pour le développement

Cette typologie ne servirait à rien si elle ne débouchait sur des perspectives en matière de développement et à la fixation d'objectifs de recherche pour permettre à une population en croissance numérique de continuer à vivre le mieux possible dans les régions étudiées.

Un point fondamental de l'étude consiste en la nécessité de considérer comme un système un paysage fait de rizières, de collines cultivées, pâturées et boisées. Dans ce paysage, agriculture, élevage, exploitation forestière et activités extra-agricoles sont à la fois complémentaires et concurrents.

Dans les conditions actuelles, les structures d'exploitation deviennent inexorablement plus petites. Dans le système de production orienté vers l'autoconsommation, beaucoup d'unités de production passent en dessous du seuil de viabilité. Il est donc nécessaire d'accompagner ce mouvement de diminution des surfaces en proposant pour une partie de l'exploitation³⁷⁹, des spécialisations permettant aux agriculteurs d'accéder aux marchés et d'améliorer leur niveau de vie sans augmenter de façon trop importante le risque lié à une baisse de l'autoconsommation.

La diversité des conditions du milieu examinée dans la troisième partie et des situations des unités de production vue dans la quatrième empêche de croiser conditions et situations avec les types de production pour déterminer dans chaque cas un itinéraire technique approprié. En revanche, la connaissance du milieu et l'ingéniosité pour mettre au point des techniques culturelles laissent penser que le paysan malgache est tout à fait capable de développer des

³⁷⁹ une partie sera toujours réservée aux productions traditionnelles

techniques adaptées. Le paysan ne cherche pas une homogénéisation du milieu dans lequel il se trouve mais plutôt une exploitation de la diversité. Les actions de développement ne doivent donc pas viser une standardisation des pratiques mais une compréhension de la diversité, un appui à l'utilisation de cette diversité et par la mise à disposition d'opportunités dans lesquelles le paysan pourra choisir celle qui correspond le mieux à la structure de son exploitation, à ses objectifs et à sa stratégie.

Les interventions pour améliorer la maîtrise de l'eau dans des domaines inaccessibles à des paysans isolés ou à des petits groupes sont nécessaires pour améliorer cette gestion de la fertilité: modification importante dans une prise sur une rivière, réfection d'un ouvrage d'art sur un réseau, rectification ou recalibrage d'un drain, déroctage d'un seuil ne sont généralement pas à leur portée et peuvent diminuer considérablement les risques. Il semble cependant nécessaire d'éviter, lors de ces travaux, des modifications trop importantes dans la gestion du réseau si elle n'apporte pas une grande amélioration de l'irrigation et du drainage pour l'immense majorité des usagers. Les travaux de réhabilitation conduits jusqu'à présent ont montré leurs limites: prévision trop optimistes des bureaux d'étude, pesanteur administrative, prise en compte trop sommaires des souhaits des usagers et des contraintes sociologiques, modifications trop importantes des systèmes de gestion ont empêché, au milieu de quelques réussites, un succès global de l'opération.

Une réhabilitation "douce" associant mieux administration locale et usagers, utilisant plus les entreprises locales, modifiant moins les pratiques en replaçant la gestion de l'eau dans une perspective historique, reliant d'avantage les aspects techniques aux conditions sociales permettrait une amélioration beaucoup plus significative de la maîtrise de l'eau et de la production et atténuerait les risques de mauvaises productions. Les paysans ne considéreraient plus comme un pari insensé la pratique de la rizipisciculture ou le drainage des rizières pendant la saison sèche pour réoxyder le profil.

Mais améliorer la maîtrise de l'eau est loin d'être suffisant. Il est en outre beaucoup plus important d'assurer

- le crédit³⁸⁰ pour la mise en place d'une production animale ou végétale,
- l'approvisionnement en intrants
- et la commercialisation à des prix raisonnables³⁸¹

que de rechercher la mise au point de techniques adaptées seulement à un environnement particulier qui ne sera jamais observé sur le terrain.

L'obtention de données justes et cohérentes³⁸² représente une des grandes difficultés dans la promotion de certains systèmes ou de certaines productions. Travail de recherche ou travail de développement, il n'en faut pas moins compiler les données, assurer la collecte de nouvelles informations pour comprendre le changement. Le Vakankaratra et le Nord Betsileo se prêtent très bien au rôle d'"observatoire du changement" pour apprécier en temps réel les impacts de nouvelles directives politiques ou économiques. Cet observatoire ne doit

³⁸⁰ les Groupes Communs Villageois semblent une initiative à promouvoir dans ce sens

³⁸¹ qui seront assurées notamment par l'amélioration de l'infrastructure routière

³⁸² dans le temps et entre elles

pas se contenter d'un recueil des prix des produits et des intrants mais aborder le terrain plus difficile des pratiques des paysans.

Des conséquences pour la recherche

Beaucoup de recherches n'ont pu être conduites dans le cadre de l'équipe Recherche Développement travaillant sur les Petits Périmètres Irrigués parce que temps, compétences ou mandat ne le permettaient pas.

En premier lieu, il serait important de mettre au point avec les intéressés des méthodes pour l'auto-expérimentation paysanne conduisant à l'ajustement de formules de fumure adaptées par chaque unité de production, se conformant à sa configuration et à sa stratégie. Fumure minérale et organique, amendements calco-magnésiens seraient ainsi dosés par chaque exploitant pour chaque parcelle à partir de quelques indicateurs³⁸³ et de certaines règles. La mise au point de ces méthodes demande un travail complexe alliant de nombreuses disciplines qui vont de l'anthropologie à la physiologie végétale. Ces études, débouchant sur un fascicule mis à disposition des paysans intéressés, pourraient cependant prendre le relais de l'impressionnante quantité d'expérimentations agronomiques cherchant à mettre au point des formules tantôt passe-partout, tantôt adaptées aux situations les plus variées qui ne passent pas dans le milieu parce qu'elles ne correspondent pas aux objectifs et aux possibilités du paysan. Il est nécessaire, en même temps de mettre en place des démonstrations et de rendre disponible les intrants nécessaires à un prix accessible.

Des voies de recherche existent aussi pour améliorer les systèmes de cultures: systèmes à couverture permanente du sol et meilleure compréhension de la gestion de la matière organique (cf 51 et 52). L'accent sur ces nouvelles directions de recherche pour améliorer la gestion de la fertilité ne doit cependant pas entraîner l'arrêt des autres formes de recherche et de développement sur les systèmes de production et sur les systèmes de culture. Des progrès sont nécessaires dans de nombreuses directions.

³⁸³ situation de la parcelle, nom vernaculaire du sol, végétation naturelle et adventice, symptômes de carence

En 1976, Bonnemaison écrivait à propos de Tsarahonenana qui comptait 255 personnes réparties en 53 ménages (données 1967): "*Or, dans l'état actuel des choses, il est impossible que le terroir puisse assurer la subsistance de 300 personnes. La moitié de la génération nouvelle devra donc s'expatrier. Seule l'émigration peut garantir le maintien de l'équilibre entre la population et l'espace villageois*"³⁸⁴. En 1990, le hameau de Tsarahonenana comptait 675 habitants³⁸⁵. Bien sur, beaucoup de ses habitants vivent dans des conditions très difficiles de pauvreté. Il y a cependant eu une grande ingéniosité dans la mise en valeur du milieu dans des conditions peu favorables pour permettre à cette population de survivre. Des décisions politiques en faveur de l'amélioration des filières, du crédit, des routes et de la maîtrise de l'eau devraient permettre à une population encore plus importante (plus de 50 % de la population de Tsarahonenana a moins de 18 ans) de vivre bien dans ce milieu. L'exemple du Rwanda avec des densités nettement supérieures aux Hautes Terres malgaches montrent qu'il n'existe pas de seuil infranchissable mais que l'on peut compter sur la connaissance du milieu et les capacités d'adaptation pour mettre au point des systèmes viables prenant en compte les risques.

³⁸⁴ Bonnemaison, 1976 p 66

³⁸⁵ Recensement RD PPI 1990

Annexes

- Adam J., 1931. *La mise en valeur agricole à Madagascar*. L'agriculture Pratique des Pays Chauds, Nouvelle série (7) : 297-308.
- Alberteau K., 1990. *Gestion de l'eau sur les petits périmètres irrigués de l'ODR*. MADAGASCAR. Mémoire ISTOM, Le Havre, 31 p.
- Alsac, 1963. *Notice explicative de la feuille FARATSIHO, carte géologique au 1/100.000*. Service géologique de Madagascar.
- Andriamahafa H., 1991. *Besoins en eau des rizicultures : application sur le périmètre rizicole d'Ambohibary Sambaina*. Mémoire de fin d'étude en hydraulique, Tananarive, 128 p + annexes.
- Andrianantenaina F., 1992. *Economie paysanne et crédit rural à travers le cas du Fokontany d'Ambohidrano. Approche géographique*. Mémoire de CAPEN, Ecole Normale niveau 3 Antananarivo, filière Histoire Géographie, 258 p.
- Angladette A., 1966. *Le riz*. Techniques agricoles et productions tropicales ed., Limoges, 930 p.
- Angé A., 1985. *Aménagement et gestion de l'espace dans la lutte contre la sécheresse. Quelques réflexions méthodologiques*. Montpellier, R3S CIRAD IRAT 39 p. Doc. multig.
- Angé A., 1989. *Stratification de l'espace rural et diagnostic des contraintes du milieu à la production végétale*. in Agronomie et ressources naturelles en région tropicale, Bertrand R., Saint Macary H. (éd). p 35-65.
- Angé A., 1989. *Transfert de fertilité et gestion des terroirs*. CIRAD IRAT, octobre 1989, 6 p. Doc multig.
- Arrivets J., Ravoavy, 1979. *Economie de la fumure minérale par rapport aux restitutions organiques sur les rizières des hautes terres. Expérimentation 1977-1978*. Tananarive, CENRADERU DRA., doc. multig.
- Arrivets J., Razafindramonjy J.B. 1980 *Expérimentation 1974-1979 sur la fumure du riz dans la province de Tananarive*. Tananarive, CENRADERU DRA 38 p. + annexes.
- Arrivets J., Razafindrakoto J., 1980. *Programme système de fumure. Reprise de l'expérimentation sur la fumure du manioc sur les hautes terres. Résultats Ampangabe 1976-1978*. Tananarive, CENRADERU DRA, 43 p. doc multig.
- Arrivets J., Rakotoandriamihamina J., 1980. *Essais de fumure sur maïs sur les hautes terres. Compte rendu Ampangabe 78-79*. Tananarive, CENRADERU DRA, 31 p.
- Arrivets J., Rabetrano A., Rakotoandriamihemina J., 1989. *Fertilisation organominérale des sols ferrallitiques des hauts plateaux malgaches - Economie des engrais importés et valorisation des ressources locales* CIRAD Montpellier, FOFIFA Tananarive, 28 p.
- Banque mondiale 1991 *Madagascar stratégie pour une croissance agricole*. Rapport n° 10063 MAG 69 p.
- Battistini R., 1964. *Problèmes morphologiques du VAKINANKARATRA*. Tananarive, Madagascar. Revue de géographie (5) : 43-69.
- Benoit Cartin M., 1990. *Les dimensions économique, sociale, institutionnelle de la gestion de la fertilité*. In Actes des rencontres "Savanes d'Afrique terres fertiles" Montpellier du 10 au 14 décembre 1990, p 75-84.
- Benz H., 1991. *Le riz de l'oncle Sam et le marché mondial : la compétitivité à coup de dollars*. ORSTOM, Cahiers Sciences Humaines, 27 (1-2) : p 17-27.

- Berthelin J., Giudici P. de, 1991. *Processus microbiens et physicochimiques liés à la biodisponibilité des nutriments dans la rhizosphère du riz : cas des rizières de bas fond à Madagascar*. In actes du Séminaire "Bas fonds et Riziculture" Antananarivo, décembre 1991, p 273-282.
- Besairie H., 1961. *Carte géologique de Madagascar* Tananarive, Service Géologique de Madagascar.
- Bied Charreton M., 1968. *Le canton de Betafo et le village d'Anjazafotsy*. Tananarive, Bulletin de Madagascar (265) : 483-552, (266-267) : 641-679.
- Bigot Y., Rakotondrasata M.F., Randriamahadimanana J.F., 1988. *Systèmes agricoles et recherches techniques prioritaires : le cas du haricot et des légumineuses à vocation mixte fourragère et forestière sur les Hautes Terres malgaches*. In "Les légumineuses à graines" Madagascar, Fondation Internationale pour la Science, Stockholm, p 233-270.
- Bigot Y., 1992 *Les structures agricoles et le budget des ménages ruraux dans la partie centrale de Madagascar. Tableaux de données concernant les années 1962-1972-1984-1990*. Tananarive, FOFIFA DRD, doc multig.
- Blanc Pamard C., Milleville P., 1985. *Pratiques paysannes, perception du milieu et systèmes agraires*. In *A travers champs*. Agronomes et Géographes, Paris, ORSTOM p 101-138
- Blanc Pamard C., 1985. *Communautés rurales des hautes terres malgaches et gestion de l'eau*. In *Développement agricole et participation paysanne. Un exemple : les politiques de l'eau*. G. Conac, C. Savonet Guyot, F. Conac (éd) Paris, Economica p 321-442.
- Blanc Pamard C., 1985. *Du paddy pour les porcs. Dérive d'une société rizicole. L'exemple des hautes terres centrales de Madagascar*. *Etudes rurales*, n° spécial, Economies des vivres - vies de l'économie (99-100) : 327-345
- Blanc Pamard C., 1986. *Dialoguer avec le paysage ou comment l'espace écologique est vu et pratiqué par les communautés rurales des hautes terres malgaches*. In *Milieus et paysages*. Y. Chatelin, G. Riou (éd.). Paris, Masson p 17-34.
- Blanc Pamard C., 1987. *Systèmes de production paysans et modèle rizicole intensif : deux systèmes en décalage. L'exemple des riziculteurs de la SOMALAC sur les Hautes Terres centrales*. ORSTOM, *Cahiers des sciences humaines* volume XXIII (3-4) : 507-531.
- Blanc Pamard C., 1989. *Riz, risques et incertitudes: d'une maîtrise à une dépendance. L'exemple des riziculteurs sur les Hautes Terres Malgaches*. In *Le risque en agriculture*, M. Eldin et P. Milleville (éd.). (collection à travers champs) Paris, ORSTOM p 437-452.
- Blanc Pamard C., 1989. *Au voleur ! Economie de crise et tactiques paysannes. Le cas du manioc sur les Hautes Terres Malgaches*. In *Tropiques lieux et liens*, B. Antheaume et al. (éd). Paris, ORSTOM collections didactiques, p 198-208.
- Blanc Pamard C., Rakoto Ramiarantsoa H., 1991. *Les bas fonds des Hautes Terres centrales de Madagascar: construction et gestion paysanne*. In actes du séminaire "Bas fonds et riziculture" décembre 1991, Antananarivo p 31-47.
- Bonnefoy, 1934. *Compte rendu d'essai d'engrais en culture du riz à Ambohidratrimo*. Tananarive, Bulletin économique de la colonie (91).
- Bonnemaison J., 1969 *Le peuplement des hauts de l'Ankaratra*. Tananarive, Madagascar Revue de Géographie, (14) : 33-61.

- Bonnemaison J., 1976. *Tsarahonenana des riziculteurs de montagne dans l'ANKARATRA*. Paris, ORSTOM atlas des structures agraires à Madagascar n°3, 98 p + cartes.
- Boquet, 1961. *Neuf ans de contribution à l'étude du blé à Madagascar*. Riz et riziculture, 7 (1) : 5-17.
- Borie J.M., 1989. *Place et intégration de l'arbre dans l'exploitation agricole des Petits Périmètres irrigués de l'ODR*. Mémoire de fin d'étude, CNEARC Montpellier, 87 p. + annexes.
- Borriello C., 1991. *L'alimentation du bétail en saison sèche sur les petits périmètres irrigués*. ODR - CIRAD DSA, Mémoire de fin d'étude, CNEARC Montpellier, 67 p. + annexes
- Boserup E. 1970. *Evolution agraire et pression démographique*. Flammarion, Paris, 218 p.
- Bosser J., 1969. *Graminées des paturages et des cultures à Madagascar*. Paris, ORSTOM, mémoire n°35, 440 p.
- Bouchard L., Rakotoarimanana, 1966. *Etude de l'évolution des sols sous culture en liaison avec les études de régénération de la fertilité. Evolution de la stabilité structurale en fonction du traitement*. Tananarive, Document IRAM n°94.
- Bouchard L., 1967. *Etude pédo-agronomique de la région de MANDOTO*. Tananarive, Bulletin de Madagascar (247) : 24-54.
- Bouchard L., Damour M., 1971. *Interventions pédoagronomiques de l'IRAM près des organismes de vulgarisation du MAER GOPR URER*. Tananarive, Document IRAM n°301.
- Bourde P. 1897. *Les cultures de Madagascar*. Revue des Cultures Coloniales, 1 (2) : 56-63.
- Bourgeat F., 1972. *Sols sur socle ancien à MADAGASCAR. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire*. Paris, ORSTOM, Mémoire n°57, 335 p.
- Bourgeat F., Huynh Van Nhan, Vicariot F., Zebrowski C. 1973 *Relation entre le relief, les types de sol et leurs aptitudes culturales sur les Hautes terres malgaches*. Paris, Cahiers de l'ORSTOM, série biologie XIX : 23-42
- Bourgeat F., Sourdat M., Tricart J., 1979. *Pédogénèse et Morphogénèse d'après des exemples malgaches*. Tananarive, Madagascar Revue de Géographie (35) : 9-54.
- Brossier J., 1989. *Risque et incertitude dans la gestion de l'exploitation agricole. Quelques principes méthodologiques*. In Le risque en agriculture. M. Eldin et P. Milleville (éd). Paris, ORSTOM, p 25-46.
- Brossier J., Chia E., 1989. *Recherches en gestion : vers une théorie de la gestion de l'exploitation agricole*. In Modélisation systémique et système agraire décision et organisation. INRA SAD
- Buresi J.M., 1968. *Inventaire agro-économique du Vakinankaratra*. Tananarive, Documents IRAM n° 155, 166, 168, 171, 177.
- CENRADERU, 1976. *Etude de l'équilibre de la fertilisation organique et de la fertilisation minérale. Ressources locales en engrais minéraux, amélioration du fumier 1974-1975*. Tananarive, Document IRAM n°402, 67 p. + annexes.
- Cacqueray G., 1971. *Un schéma d'évolution pour les exploitations agricoles merina*. Tananarive, Terre malgache n°9.

Callet F., 1908. *Tantara ny Andriana eto MADAGASCAR* Tananarive Académie malgache 2 tomes, p 1-481 et p 482-1243. Traduction française de Chapus G.S. et Ratsimba E. *Histoire des rois d'Imerina* Tananarive, Académie malgache tome 1, 1953 668p - tome 2, 1956 p691-824 - tome 3, 1958 340p - tome 4, 1958 910p - tome 5, 1978 222p.

Carle G., 1909. *Contribution à l'étude des irrigations à Madagascar*. Note lue à la chambre d'Agriculture, Bulletin économique de Madagascar, Imprimerie officielle de Tananarive, n°1 1er semestre, p 139-158.

Carle G., 1911. *Hydraulique et améliorations agricoles : étude sur l'hydraulique et les améliorations foncières à Madagascar*. Bulletin économique de Madagascar, Imprimerie officielle de Tananarive, p 81-110

Chabanne A., 1990. *Projet riz d'altitude, rapport de campagne 1989-1990, agrophysiologie*. Tananarive, IRAT FOFIFA, 60 p. doc. multig.

Chabanne A., 1991. *Projet riz d'altitude, rapport de campagne 1990-1991, agrophysiologie*. Tananarive, IRAT FOFIFA, 143 p. doc. multig.

Chabanne A., 1992. *Rapport de campagne 1991-1992, volet agrophysiologie*. Tananarive, IRAT FOFIFA, projet CEE STD2, programme riz d'altitude, 169 p. doc. multig.

Chabaud C., 1991. *Aménagement des Bas Fonds sur les Hauts Plateaux malgaches*. In actes du séminaire "Bas Fonds et riziculture" Antananarivo décembre 1991, p 429-435.

Chantraire, 1966. *Notice explicative de la feuille MANANDONA* carte géologique au 1/100.000 Tananarive, Service géologique de Madagascar.

Chaperon P., Danloux J., Ferry L., 1993. *Fleuves et rivières de Madagascar* Edition de l'ORSTOM, Paris, 874 p.

Charpentier H., Séguy L., Michellon R., 1990. *Cultures associées, couvertures végétales mortes et vivantes*. In actes des rencontres internationales "Savanes d'Afrique, terres fertiles" Montpellier 10-14 décembre 1990, p 333-355.

Chataignier J., 1982. *Avant propos sur l'exploitation agricole en Afrique noire* GERDAT Groupe travail Economie rurale, L'exploitation agricole en Afrique noire.

Chatel B., Arrigui de Casanova J., Deval H., 1990. *Madagascar étude spéciale* Marchés tropicaux et méditerranéens, (125) : 2117-2162.

Chombar de Lauwe J., Poitevin J., Tirel J.C., 1963. *Nouvelle gestion des exploitations agricoles* DUNOD Paris, 507 p.

Ciolina F., 1947 *Hydraulique agricole*. In Encyclopédie coloniale et maritime Madagascar Paris, tome 1, p 364-372.

Cope, 1989. *Rice response to fertilizers in Madagascar, 87-88 First year trial*. FAO Programme Engrais Malgache, doc. multig.

Coulaud D., 1973. *Les ZAFIMANIRY : un groupe ethnique à la poursuite de la forêt Etude de géographie humaine*. Thèse de 3° cycle Tananarive, Fanontam Boky Malagasy, 385 p.

Coulomb J., Serres P., Tacher G., 1980. *L'élevage en pays sahéliens*. Paris, PUF CILF AGECOOP, 183 p.

Dahl O., 1992. *Quand le futur vient de derrière : le concept malgache de temps et d'ordre du monde et les conséquences pour le transfert de technologie*. In actes du Colloque sur les changements sociaux dans le Vakinankaratra, Antsirabe 6-9/04/1992, Tananarive, Stavanger, p 157-171.

Dardel D., 1971 *Analyse de l'échec d'un essai de transformation de l'environnement économique agricole à Madagascar* Economie rurale (88) : 97-101.

De Datta S.K. Gomez K.A. Descalsota J.P., 1988. *Changes in yield response to major nutrients and in soil fertility under intensive rice cropping*. Soil science, 146 (5) : 350-358.

Decary R., 1948. *Les traditions relatives à l'origine de Faratsiho*. Tananarive, Mémoires de l'Académie Malgache, fascicule hors série 1948, p 55-58.

Deffontaines M., 1985. *Etude de l'activité agricole et analyse du paysage*. L'espace géographique 1.

Deffontaines M., Petit M., 1985. *Comment étudier les exploitations agricoles d'une région ? Présentation d'un ensemble méthodologique*. Versailles, INRA SAD, Etudes et Recherches 47 p.

Descheemaeker A., 1986. *Ravi maitso (plante verte)*, Ambositra.

Devèze J.C., 1969. *Contribution à l'étude des rapports entre la culture et l'élevage en Afrique Tropicale et à Madagascar*. Tananarive, Terre malgache, Université de Madagascar, (6) : 171-207.

Devèze J.C., 1971. *Essai de prise en charge des attitudes psycho-sociologique des paysans lors d'une opération de développement rural à Madagascar*. Economie rurale (88) : 121-125.

Dez J., 1967. *Le VAKINANKARATRA esquisse d'une histoire régionale*. Tananarive, Bulletin de MADAGASCAR (256) : 657-703.

Dez J., 1970. *Eléments pour une étude de l'agronomie agro-sylvo pastorale de l'IMERINA ancien Tananarive*, Tananarive, Terre malgache (8) : 9-60.

Dez J., 1971. *La monarchie merina et le développement agricole*. Tananarive, Terre malgache (10).

Disaine B., Laha G., 1992. *Concept de développement dans le contexte socio-culturel malgache*. Tananarive, BIT FNUAP, Projet mag 87/p02, doc. multig.

Donque G., 1975. *Contribution géographique à l'étude du climat de MADAGASCAR* Tananarive, 478 p.

Dorosh P., Haggblade S., et al., 1991. *Revue sectorielle de l'agriculture. Analyse des effets induits de la croissance à Madagascar*. Tananarive. PNUD - Banque Mondiale - RDM 75 p.

Douessin R., 1974. *Géographie agraire des plaines de TANANARIVE*. Tananarive, Madagascar Revue de Géographie, (25) 9-156, (26) : 9-91.

Droy I., 1991. *La réhabilitation des petits périmètres irrigués à Madagascar: une réponse aux importations de riz ?* ORSTOM, Cahiers des Sciences Humaines, 27 (1-2) : 117-127.

Dubois H., 1938. *Monographie des BETSILEO*. Paris, Institut d'Ethnologie, 1519 p.

Dubois de la Sablonniere, Berthod P., 1988. *Programme de développement agricole sur les hauts plateaux*. Rapport d'évaluation, Volume 1, rapport principal, 50 p, doc. multig.

Dufournet R., 1961. *Riziculture de la région de Tananarive; Evolution nécessaire*. Tananarive, Bulletin de Madagascar (180) : 370-380.

- Dulcire M., Losseau A., 1992. *Apporter de l'azote et du phosphore en riziculture inondée sur les hautes terres malgaches? oui en modulant leurs doses selon la teneur en matière organique du sol*. Tananarive, ESSA -PEM FAO, 81 p. doc. multig.
- Dulcire M., 1992. *Les différents niveaux d'étude de l'agronome : échelles d'observation, de perception, d'appréhension et leur opportunité. Quelques repères pour l'action*. Tananarive, ESSA Antananarivo- CIRAD SAR, 38 p. doc. multig.
- Dulcire M., 1993. *Le minéral, le végétal et le social: du sol à l'homme, en passant par le climat...* In *Les démarches de l'UR GAM en gestion de la fertilité : concepts et applications*, p 1-15, doc. multig.
- Eldin M., 1989. *Du risque de sécheresse au risque de mauvaise récolte : un effort de clarification des concepts*. In *Le risque en agriculture*. M. Eldin et P. Milleville (éd.). Paris, ORSTOM, p 19-24.
- Eldin M., Milleville P., 1989. *Avant propos sur le risque en agriculture*. In *Le risque en agriculture*. M. Eldin et P. Milleville (éd.). Paris, ORSTOM, p 7-15.
- Equipe RD PPI, 1992. *Méthodologie et résultats en première phase de Recherche Développement*. Antsirabe, RD PPI CDR FOFIFA DRD, 80 p. doc. multig.
- FAO, 1987. *Projet Recensement National de l'Agriculture et synthèse permanente des statistiques agricoles. Campagne agricole 1984-1985*. 5 tomes
- FAO, 1987. *Guide sur les engrais et la nutrition des plantes*. Rome, Bulletin FAO engrais et nutrition végétale n°9, 190 p.
- FIDA, 1988. *Programme de développement agricole sur les hauts plateaux. Rapport d'évaluation*. n.p. doc. multig.
- Fauroux E., 1970. *Les transformations d'une communauté villageoise (Ambohidranandriana) Vakinankaratra*. Tananarive, ORSTOM, 3 tomes 303 p + 77 p, doc. multig.
- Fauroux E., 1974. *Dynamismes précoloniaux et transformations actuelles d'une communauté villageoise du VAKINANANKARATRA*. Tananarive, Cahier du centre d'études des coutumes (10) : 61-91.
- Feugeas Y., 1979. *Le marché du riz pendant la période coloniale à Madagascar (1905-1940)*. Tananarive, Etudes historiques de l'université de Madagascar IV, 201 p + annexes.
- Fontoyne Dr., Raomandahy E., 1940. *Les Andriana du Vakinankaratra*. Tananarive, Bulletin de l'Académie Malgache, (23) : 33-56.
- François P., 1963 *Budgets et alimentation des ménages ruraux en 1962*. Paris, CINAM INSEE Secrétariat d'Etat aux affaires étrangères, 4 tomes: 124 p., 288 p., 242 p. et 48 p.
- Fujisaka S., 1990. *Agroecosystem and Farmer Practices and Knowledge in Madagascar's Central Highland Toward Improved Rice-Based Systems Research*. IRRI IRPS n°143.
- GERSAR, MAMOKATRA EEDR, 1988. *Avant projet sommaires de réhabilitation des périmètres Ambohibory, Vinaninony, Iandratsay, Manandona*. Tananarive, doc. multig.
- Gachon L., 1985. *Fertilité des sols*. Encyclopédia Universalis, t.7 Paris.
- Gastellu J.M., 1978. *Mais où sont donc ces unités économiques que nos amis cherchent tant en Afrique?* In *Evaluation du développement et méthode d'investigation*, p 1-20.

- Gillain J., 1969. *Aperçu sur les problèmes de mise en culture rationnelle des tanety de l'URER de Tananarive*. Tananarive, Bulletin de Madagascar (280-281) : 831-841.
- Gillain J., 1984. *Les bases de raisonnement de la riziculture : systèmes de production, techniques culturales, développement rural*. Document multig., 66 p.
- Giudici E. de, 1991. *Caractérisation physicochimique des sols rizicultivés d'un bas fond des Hautes Terres. Variabilité topologique des paramètres et influence sur la productivité*. In Actes du Séminaire "Bas fonds et riziculture" Tananarive, décembre 1991, p 251-260.
- Giudici E. de, 1990. *Etude physico-chimique des sols de la plaine de Vinaninony*. in: rapport d'activité 89. Projet CEE FOITFA IRAT Riz d'altitude. Intervention du LRI. Doc. multig.
- Godard P., Sebillotte M., 1982. *La notion de fertilité. Eléments d'analyse historique*. in: Bulletin Technique d'Information, numéro spécial Fertilité du milieu et agriculture (370-372) : 337-343.
- Godeller M., 1983. *Rationalité et irrationalité en économie*. La découverte, Maspero, Paris 2 tomes (1 tome 124 p., 2 tome 213 p.)
- Godon P., 1988. *Fertilisation du riz en fonction des systèmes de production et de la nature des sols*. Rapport de mission au lac Alaotra mai 1988, CIRAD IRAT, doc. multig.
- Gourou P. (dir), 1967. *Madagascar, Carte de densité et de répartition de la population*. Bruxelles Paris CEMUBAC ORSTOM, 3 cartes au 1/1.000.000 et notice de 28 p.
- Gourou P., 1971. *Leçons de géographie tropicale*. Paris, La Haye, Mouton 324 p.
- Gourou P., 1973. *Pour une géographie humaine*. Paris, Flammarion 388 p.
- Gourou P., 1993 *Géographie et développement*. Cahiers Sciences Humaines de l'ORSTOM, hors série 1993, 49-50.
- Greenland D.J., De Datta S.K., 1985. *Constraint to rice production and wetland soils characteristics*. In Wetland soils characterization, classification and utilisation. Proceedings of a workshop held 26 march to 5 april 1984, Los Banos, IRRI, p 23-36.
- Grundon N.J., 1987. *Hungry crops: a guide to nutrient deficiencies in field crops* Queensland department of primary industries Brisbane, 242 p.
- Hamon R., 1972. *L'habitat des animaux et la production d'un fumier de qualité en zone tropicale sèche (bilan de trois années d'étude)*. L'Agronomie Tropicale 27 (5) : 592-607.
- Haut de Sigy G. de, 1966. *Une agriculture intensive est elle possible sur les collines ferrallitiques de l'Imerina*. Tananarive, Document IRAM n°91, 43 p.
- Haut de Sigy G. de, 1967. a) *Méthode d'approche des problèmes de diversification de culture pour le Vakinankaratra sur sols ferrallitiques humifères dérivés de basalte*. In Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive Novembre 1967 p 411-414.
- Haut de Sigy G. de 1967. b) *Compte rendu d'essais concernant la diversification des cultures sur les collines du Vakinankaratra*. Tananarive, Document IRAM n°116.
- Haut de Sigy G. de, 1968. *Possibilités offertes par des spéculations végétales; analyse économique de deux rotations*. Tananarive, Document IRAM n°147, 98 p.

VIII

Haut de Sigy G. de, 1969. a) *Pour une intensification des cultures de colline dans le Vakinankaratra. Synthèse.* Tananarive, Document IRAM n°194, 20 p.

Haut de Sigy G. de, Buresi J.M., 1969. a) *Le choix de petites régions agricoles prioritaires pour une action de développement rural. Exemple de Vakinankaratra, Préfecture d'Antsirabe République Malgache.* L'agronomie tropicale, série 2 24 (11) : 1011-1054.

Haut de Sigy G. de, 1969. b) *Contribution à l'étude des investissements fertilité.* Tananarive, Document IRAM n°207, 76 p.

Haut de Sigy G. de, 1969. c) *Analyse économique des possibilités de culture intensive sur les collines du VAKINANANKARATRA.* Tananarive, Terre malgache (5) : 133-175.

Haut de Sigy G. de, 1969. d) *Cinq années de recherche en économie rurale à Madagascar Bilans et perspectives.* L'agronomie tropicale, série 2 24 (9) : 783-795.

Haut de Sigy G. de, 1970. *Contribution à l'étude des investissements fertilité sur les collines ferrallitiques des Hauts Plateaux malgaches.* L'Agronomie Tropicale, série 2 25 (5) : 441-471.

Haut de Sigy G. de, 1971. *Economie rurale et société exemple des hauts plateaux malgaches.* Economie rurale, (88) : 28-44.

Haut de Sigy G. de, 1988. *La recherche en économie rurale. Bilan des recherches effectuées à Madagascar avant 1977.* CIRAD IRAT, FOFIFA DRD, 25 p, doc. multig.

Herelle J., 1961. *Cultures de contre saison en rizière.* Tananarive, Bulletin de Madagascar (178) : 239-242.

IRAM, 1964. *Compte rendu d'activité 1963.* Tananarive, Bulletin de Madagascar (221) : 800.

IRAM, 1967. *Synthèse des résultats obtenus par l'IRAM sur la fertilisation de fond.* In Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive, Novembre 1967, p 989-991.

IRAM, 1971. *Dix ans d'activité de l'IRAM à Madagascar.* Tananarive, Document IRAM n°228.

Janssen J., 1992. *Compte rendu de la campagne rizipiscicole et piscicole 1989-1990 sur les hautes terres de Madagascar.* Tananarive, Ministère de l'Elevage et ressources halieutiques FI DP MAG 88/005 doc.tech n°3.

Jouannetaud, 1900. *Notes sur l'histoire du Vakinankaratra.* Tananarive, Notes reconnaissances et explorations IV, juin 1900, p 275-287.

Jouve P., 1991. *Usages et fonction de la jachère en Afrique de l'ouest et au Maghreb* Communication à l'atelier "la jachère en Afrique de l'Ouest" Montpellier 12/1991.

Jouve P., 1992. *Le diagnostic du milieu rural ; de la région à la parcelle. Approche systémique des modes d'exploitation agricoles du milieu.* In L'appui au producteur. Ed. Ministère de la Coopération et Développement, Paris.

Kerhouault M., 1931. *Hydraulique et irrigation à Madagascar.* Communication au Congrès de l'outillage économique colonial et des communications 20-25 juillet 1931. Exposition coloniale internationale de Paris 1931, p 394-415.

Kilian J., 1974. *Etude du milieu physique en vue de son aménagement conceptions de travail méthodes cartographiques.* L'Agronomie tropicale, 29 (2-3) : 141-153.

- La Vaissière P. de, 1982. *Le concept d'exploitation agricole est-il pertinent et opérationnel en Afrique noire?* GERDAT, Groupe de travail "Economie rurale - L'exploitation agricole en Afrique noire".
- Laconde C., Roudaut A.C., 1991. *Etude des systèmes agraires du sud du Vakinankaratra (bassin de la Ranomafana)*. Mémoire de fin d'étude INA PG, chaire d'agronomie comparée, 128 p.
- Lageat Y., Peyrot B., 1974. *Contribution à l'étude de la tectonique plio-quadernaire des hautes terres centrales de Madagascar: la plaine de Sambaina Ambohibary et ses bordures*. Tananarive, Revue de géographie (25) : 157-180.
- Landais E., Deffontaines J.P., 1989. *Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique*. Etudes rurales (109) : 125-158.
- Landais E., Lhoste P., Guérin H., 1990. *Systèmes d'élevage et transferts de fertilité*. In Actes des rencontres "Savanes d'Afrique terres fertiles" Montpellier 12/1990, p 219-270.
- Larousse agricole 1981
- Laulanié H. de, 1992. *Présentation technique du système de riziculture intensive basée sur le modèle de KATAYAMA*. Tananarive, Doc. multig.
- Le Bourdieu F., 1974. *Hommes et paysages du riz à MADAGASCAR étude de géographie humaine*. Tananarive, FTM 648 p.
- Le Thomas G., 1947. *La mutualité agricole*. In L'Encyclopédie coloniale et maritime Madagascar, Paris tome 1 p 262-274.
- Legueve de Lacombe B.F., 1840. *Voyage à Madagascar et aux îles Comores (1823 à 1830)*. Paris, 1840, 2 volumes.
- Lenoble A., 1949. *Les dépôts lacustres oligo-pleistocènes de l'Ankaratra*. Tananarive, Madagascar, Ann. Géol. du service des mines, fasc.18.
- Leroy J.H., 1926. *Le riz à Madagascar*. L'agronomie coloniale (104) : 41-49, (105) : 96-101, (106) : 141-153, (108) : 201-211.
- MRSTD, 1990. *Bilan de la recherche agricole à MADAGASCAR*. Montpellier, FOFIFA CIDST CIRAD, 356 p.
- Malzac R.P., 1912. *Histoire du royaume Hova*. Tananarive, Imprimerie de la Mission Catholique.
- Marchal J.Y., 1967. *Contribution à l'étude historique du Vakinankaratra. Evolution du peuplement dans la cuvette d'Ambohimambola sous préfecture de Betafo*. Tananarive, Bulletin de Madagascar (250) : 241-280.
- Marchal J.Y., 1974. *La colonisation agricole au Moyen Ouest malgache. La petite région d'Ambohimambola*. Paris, ORSTOM, Atlas des structures agraires à Madagascar n°2 122 p. + cartes ht.
- Marchal J.Y. 1991 *Quand les agronomes s'en vont aux champs*. L'espace géographique (3) : 214-221.
- Marchand, 1903. *Note sur l'irrigation par retenue et infiltration des eaux pluviales Colonie de Madagascar*. Tananarive, Direction de l'Agriculture, Note n°23, 12 mars 1903, 5 p.
- Marnay P., 1971. *Enquête sur les exploitations agricoles des Hauts Plateaux SATEC-SEDES*, 416 p. doc. multig.

- Mayeur N., 1913 a) *Voyage dans le sud et dans l'intérieur des terres et particulièrement au pays d'Hancove (janvier 1977)*. Rédigé par B. de Froberville Tananarive Bulletin de l'Académie Malgache XII (1) : 139-176.
- Mayeur N., 1913 b) *Voyage au pays d'Ancove 1785*. Rédigé par M. Dumaine Tananarive Bulletin de l'Académie Malgache XII (2) : 13-42.
- Mendez del Villar P., 1993. *Rapport d'évaluation de la phase III du programme d'extension de la culture du blé à Madagascar ; évaluation de l'opération blé*. CIRAD Cultures Annuelles 33 p. + annexes, Doc. multig.
- Milleville P., 1987. *Recherche sur les pratiques des agriculteurs* Les cahiers de la Recherche Développement (16) : 3-7.
- Milleville P., 1989. *Risques et pratiques paysannes: Diversité des réponses, disparité des effets*. In *Le risque en agriculture*. M. Eldin et P. Milleville (éd.). Paris, ORSTOM, p 179-186.
- Mong Gire T., Rabeson R., Rakotoarisoa R., Razafinjara A.L., Rakotonirina T., 1982. *Etude pédologique de la plaine de SOAVINA (Ambatofinandrahna)*. Tananarive, FOFIFA pédologie 37 p. + annexes, doc. multig.
- Moreau D., 1987. *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz : les outils du diagnostic*. GRET Paris, 122 p.
- Müntz, Rousseaux, 1901. *Etude sur la valeur agricole des terres à Madagascar*. Paris Imprimerie Nationale 215 p.
- ODR, 1988. *Rapport d'activité 2è semestre 1987, programme de travail 1er semestre 1988*. Antsirabe, Document 88.093 ODR mars 1988, n.p., doc multig.
- ODR, 1991. *Rapport annuel 1990*. n.p., doc. multig.
- Oldeman L.R., 1990. *An agroclimatic characterisation of Madagascar*. Wageningen, ISRIC technical paper 21, 64 p.
- Orstom section de géographie, 1981. *Cartes des conditions géographiques de la mise en valeur agricole de Madagascar*. Thème 1 potentiel des unités physique à 1/1.000.000. Paris, ORSTOM, notice explicative n°87 187 p. + cartes.
- Osty P., 1978. *L'exploitation agricole vue comme un système*. In Bulletin Technique d'Information (326) : 43-49.
- PEM - FAO, 1986. *Programme engrais malgache Phase 1 et 2 Rapport intérimaire*. Tananarive, doc. multig.
- PEM - FAO, 1992. *La fertilisation du riz irrigué sur les hauts plateaux de Madagascar. Résultats des essais de fertilisation conduits par le programme engrais malgache (87-91)*. Tananarive, GCPF MAG 060 NOR, 23 p. doc. multig.
- Pagot J., 1985. *L'élevage en pays tropicaux*. Paris, ACCT, Maisonneuve et Larose, 526 p.
- Papaïouannou K. 1984 *Marx et les marxistes*. Flammarion, Paris.
- Pelissier P., 1972. *Réflexion sur une entreprise de développement par la vulgarisation agricole*. in: *Etudes de géographie tropicale dédiées à Pierre Gourou*, Paris, La Haye, Mouton p 397-405
- Pelissier P., 1976. *Les riziculteurs des Hautes Terres Malgaches et l'innovation technique* Paris, Cahiers de l'ORSTOM, série sciences humaines, XIII (1) : 41-56.

- Pellissier T., Johannes B., 1987. *Evolution de l'agriculture dans la cuvette de Betafo*. Mémoire de fin d'étude INA PG, chaire d'Agriculture comparée. n.p.
- Perrier de la Bathie H., 1918. *Les prairies malgaches*. Tananarive, Revue agricole et vétérinaire de Madagascar 1918, p. 331-336.
- Perrier de la Bathie H., 1934. *Des sols de Madagascar et des plantes qui en indiquent la valeur*. Revue de Botanique appliquée 1934 (14) : 756-774.
- Petit M., 1970. *Contribution à l'étude morphologique des reliefs granitiques à Madagascar*. Tananarive, 308 p.
- Pichot J., 1993. *Pour une autre définition de la fertilité*. La lettre du réseau Recherche Développement (18) : 14-17.
- Piéri C., 1989. *Fertilité des terres de savanes. Bilan de 30 ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara*. Paris, Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD IRAT, 444 p.
- Piéri C., 1990. *Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara*. In Actes des rencontres internationales "Savanes d'Afrique terres fertiles" Montpellier 12/1990, p 43-73.
- Place F., 1991. *Revue sectorielle de l'agriculture Production agricole des ménages dans les Hautes terres à Madagascar*. Tananarive, Banque mondiale - PNUD - RDM - FOFIFA/DRD, 57 p. doc. multig.
- Polti D., 1991. *Dix années de recherches et de développement sur la culture de l'orge de brasserie à Madagascar*. Tananarive, Malto SA - IRAT CIRAD - MINAGRI - Ministère de la Coopération, 61 p.
- Prudhomme E., 1898. *La station agronomique de Nanisana* Revue des cultures coloniales 1898 (16), 1899 (25), 1899 (32), 1899 (33), 1899 (34).
- Prudhomme E., 1903. *Note sur les feux de brousse*. Tananarive, Colonie de Madagascar Direction de l'Agriculture, Note n°24, 24 mars 1903, 10 p.
- Prudhomme E., 1908. *Ressources agricoles de Madagascar*. L'agriculture pratique des pays chauds, 8° année : 355-366, 454-465 et 9° année : 24-34, 117-126.
- Puard M., 1988. *Interaction eau sol riz aquatique dans le milieu proche racinaire*. in: Bilan hydrique et minéral d'un bas fond rapport d'avancement p 141-146.
- Puard M., 1988. *Etude des mécanismes d'adaptation du système racinaires aux contraintes du milieu*. Rapport de mission à Madagascar, Laboratoire PIPE DB/SRA CEN Cadarache, Doc. multig.
- Puard M., 1991. *Etude des mécanismes physiologiques de l'adaptation du riz à la culture de bas fond*. In Actes du Séminaire "Bas fond et riziculture" Tananarive décembre 1991, p 223-330.
- Quilfen J.P., Milleville P., 1981. *Résidus de culture et fumure animale. Un aspect des relations agriculture élevage dans le Nord de la Haute Volta*. L'agronomie Tropicale, 38 (3) 206-212.
- Rabearymanana L., 1982. *Une expérience de développement rural dans les années 1950 les collectivités du Vakinankaratra*. Tananarive, Omaly sy anio revue d'études historiques (16) : 101-121.
- Rabes J., 1990. *Programme de développement de la culture du blé sur les hauts plateaux Mission d'évaluation de la phase 2 (86-90) proposition phase 3 (91-95)*. Tananarive, Kobarna 38 p. + annexes, doc. multig.

- Rabes J., 1992. *Etude sur l'organisation de la filière blé à Madagascar la production nationale données et perspectives*. Tananarive, Rindra-J.Rabès consultant-Satec, doc. multig.
- Rabeson R., Razafinjara A.L., 1987. *Reconnaissance pédologique des sols de tanety et des bas fonds de quelques zones d'intervention de l'ODR dans la CIRVA d'Ambositra*. Tananarive, FOFIFA pédologie, 58 p. + annexes, doc. multig.
- Rabot C., 1990. *Transferts de fertilité et gestion des terroirs*. Les cahiers de la Recherche Développement (25) : 19-32.
- Raimond C., 1990. *Etude des systèmes agraires dans le cadre du développement du riz pluvial à landratsay*. Mémoire STOM, Le Havre, 64 p.
- Raison J.P., 1968. *Mouvements et commerce des bovins dans le canton de Mandoto*. Tananarive, Madagascar revue de géographie (12) : 7-58.
- Raison J.P., 1970. *Paysage rural et démographie: Leimavo (nord du pays betsileo)*. Paris, Etudes Rurales (37-38-39) : 345-377.
- Raison J.P., 1972. *Utilisation du sol et organisation de l'espace en Imerina ancienne*. in: Etudes de géographie tropicale offertes à Pierre Gourou, Paris, La Haye, Mouton, p 407-425.
- Raison J.P., 1973. *Conditions et conséquences de l'intensification de l'agriculture sur les hautes terres malgaches*. Tananarive, Terre malgache (15) : 59-68.
- Raison J.P., 1984. *Les hautes terres de MADAGASCAR et leurs confins occidentaux*. Paris, KARTHALA, 2 tomes, 651 ET 605 pages.
- Rajemison M., 1990. *Comparaison de 2 techniques de rizipisciculture à la riziculture classique dans les petits périmètres irrigués des hautes terres malgaches*. Mémoire de l'Université Libre de Bruxelles, 96 p.
- Rakoto Ramiarantsoa H., 1989. *Le paysan encadré? Les pays merina et betsileo au coeur des hautes terres malgaches*. In Tropiques lieux et liens, B. Antheaume et al. (ed). Paris, édition de l'ORSTOM, collections didactiques, p 215-227.
- Rakoto Ramiarantsoa H., 1991. *La dynamique des paysages sur les Hautes Terres centrales malgaches et leur bordure orientale*. Thèse de doctorat, géographie, Paris X Nanterre, 330 p.
- Rakoto Ramiarantsoa H., 1992. *Les paysages de l'Imerina : comprendre pour agir*. Tananarive, EN3 université d'Antananarivo, doc. multig.
- Rakotomanana J.L., 1991. *Le transfert de fertilité dans les écosystèmes des Hautes Terres de Madagascar*. In Actes du séminaire "Bas fonds et Riziculture" Antananarivo 1991 p 385-393
- Rakotonjramanana, Randriantsalama R.A., Rakotarisoa R.A., Raveloson A., Torskenaes E., 1990. *Sélections des espèces et des variétés pour l'adaptation aux sols acides*. in: Organic matter management and tillage in humid subhumid Africa, IBSRAM (10) : 145-166.
- Raimamplianina, 1987. *Tsarahonenana 1966, Tsarahonenana 1987. Etude de l'évolution d'un terroir*. Mémoire CAPEN EN3, filière histoire géographie, 110 p.
- Ramamplisoa J., 1985. *Les expériences malgaches dans le domaine des aménagements rizicoles*. In Développement agricole et perception paysanne. Un exemple Les politiques de l'eau. G. Conac, C. Savonet Guyot, F. Conac (éd.). Paris, Economica, p 399-408.

- Ramamonjisoa J., 1985. *Les opérations de développement agricole dans le Vakinankaratra* Tananarive Madagascar Revue de Géographie (46) : 23-45.
- Ramamonjisoa J., 1992. *Vakinankaratra : contexte régional synthèse et orientation*. Communication au colloque sur les changements sociaux dans le Vakinankaratra Antsirabe du 6 au 9 avril 1992, Tananarive, Stavanger, p 31-46.
- Ranaivosoa D.J.B., 1992. *Les producteurs privés d'alevins en milieu rural dans la région pilote du Vakinankaratra*, Madagascar. Tananarive, Ministère de l'Elevage et ressources halieutiques, FI DP MAG 88/005 doc.tech n°5.
- Ranorofo D.M., 1991. *Ajustement structurel et dynamique des exploitations agricoles sur les hautes terres malgaches Région d'Antsirabe*. Tananarive, FOFIFA DRD, 104 p. + annexes, doc. multig.
- Rasamoelina E., 1992. *Eau et terre une gestion interdépendante pour une réhabilitation hydroagricole Etude de deux terroirs. Tsarahonenana et Tsaramody à Vinaninony*. Mémoire CAPEN EN3, filière Histoire Géographie, 88 p.
- Rasoamampianina V., Rakotondronahy J., 1974. *Evolution de la population de Madagascar par commune de 1956 à 1968 et de 1968 à 1972*. Tananarive, n.p. doc multig.
- Rasoloarimalala H., 1991. *Ajustement structurel et dynamique des exploitations agricoles sur les hautes terres malgaches. Région d'Ambositra*. Tananarive, FOFIFA DRD, 90 p. + annexes, doc. multig.
- Raunet M., 1980. *Les bas fonds et plaines alluviales des Hautes Terres de Madagascar. Reconnaissance morphopédologique et hydrologique ; aptitude à la culture du blé contre saison*. CIRAD IRAT pédologie, 162 p. + annexes, doc multig.
- Raunet M., 1981. *Le milieu physique de la région volcanique ANKARATRA - VAKINANKARATRA - ITASY : aptitudes à la culture du blé pluvial*. IRAT Pédologie 64 p. + annexes, doc. multig.
- Raunet M., 1982. *Les potentialités de Madagascar pour le blé et l'orge*. L'Agronomie Tropicale 37 (2) : 131-141
- Raunet M., 1985. a) *Bas fond et riziculture en Afrique et à Madagascar. Approche structurale comparative*. L'Agronomie Tropicale 40(3) : 181-201.
- Raunet M., 1985. b) *Cartographie morphopédologique de 5 terroirs rizicoles; aptitude à la culture du blé en contre saison en rizière*. CIRAD IRAT pédologie, doc.multig. + cartes
- Raunet M., 1985. c) *Les bas fonds en Afrique et à Madagascar. Géomorphologie, géochimie, pédologie, hydrologie*. Zeitschrift für Geomorphologie N.F. suppl.bd (52) : 25-62.
- Raunet M., 1989. *Les terroirs des hautes terres de Madagascar: environnements physiques et aménagements*. L'Agronomie Tropicale 44(2) : 69-86.
- Raunet M., 1989. *Approche systémique appliquée à la cartographie morphopédologique du paysage*. Soltrop 89 p 143-177
- Raunet M., 1991. *Les bas fonds, exposé introductif*. In Actes du séminaire "Bas fonds et riziculture" décembre 1991, Antananarivo, p 17-22.
- Ravoninirina A., 1991. *Organisation de l'espace et système de production dans le hameau d'Avaratsena (Manandona)*. Mémoire de maîtrise de géographie, Université Paul Valéry III, 141 p.

- Richard J.F., 1985. *Les possibilités d'extension de la culture du blé sur les Hauts Plateaux. Rapport d'enquête agro-socio-économiques*. SATEC, doc. multig.
- Riquier J., 1956. *Notice sur la carte d'utilisation des sols au 1/20000 d'Ambohimandroso*. Mémoires IRSM série D (7) : 403-416.
- Roche M., Aldegheri M., 1964. *Monographies hydrologiques de l'Ikopa et de la Betsiboka*. Paris, ORSTOM IRSM 4 tomes.
- Roche P., Velly J., Jolliet B., 1955. *Utilisation des engrais verts en rizière dans la région du lac Alaotra Madagascar*. Riz et riziculture : 141-144.
- Roche P., Velly J., Jolliet B., 1956. *Fertilisation du riz sur les hauts plateaux de Madagascar provinces de Tananarive et de Fianarantsoa*. Riz et riziculture : 231 - 240.
- Roche P., Jolliet B., Velly J., 1957. *Réponse du riz à la fumure à Madagascar*. Riz et riziculture : 75-99.
- Roche P., 1957. *Notice de la carte d'utilisation des sols de Faratsiho, Ankaratra*. Tananarive, Bulletin de recherche Agronomique de Madagascar.
- Roche P., 1961. *Prospection pédologique de la plaine de Vinaninony (sous préfecture Antsirabe)*. Tananarive, IRAM.
- Roche P., Dufournet R., 1967. *Les recherches rizicoles appliquées en République Malgache*. Bulletin de Madagascar (251-252) : 303-312.
- Roche P., Velly J., Ngo Chan Bang, 1967. *Comparaison de diverses natures d'engrais azotés et d'engrais phosphatés en rizière*. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Tananarive Novembre 1967, p 1122-1126.
- Roche P., Dufournet R., Rabetrano, 1967. *Fertilisation minérale en rizière et en culture sèche à Madagascar*. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive Novembre 1967, p 1109-1121.
- Roche P., Velly J., Celton J., 1967. *Cheminement expérimental: méthode de suivi pour l'étude du redressement de fertilité en rizière et en culture sèche à Madagascar*. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Tananarive Novembre 1967, p 391-396.
- Roche P., Velly J., Celton J., 1971. *Fertilisation de redressement et entretien de la fertilité; expérimentation de 1964 à 1969*. L'Agronomie Tropicale, 26 (10) : 1066-1089.
- Roger P.A., 1991. *Les biofertilisants fixateurs d'azote en riziculture: potentialités, facteurs limitants et perspectives d'utilisation*. In Actes du séminaire "Bas fonds et riziculture" Antananarivo 1991, p 327-348.
- Rollin D., 1983. *Etude des systèmes de production maraichers dans la région du Gandiolais (Sénégal)*. Mémoire CNEARC Montpellier - ENSSAA Dijon - ENSA Toulouse, 219 p.
- Rollin D., 1988. *Fertilité et fertilisation. Etudes et essais réalisés en 1ère phase du projet Kigali Nord*. Kigali, MINAGRI RWANDA - Coopération franco-rwandaise 72 p.
- Rollin D., 1989. *Quelques caractéristiques des exploitations des petits périmètres irrigués*. Antsirabe, FOFIFA - CIRAD - ODR - 46 p. doc. multig.
- Rollin D., Randrianjafinimaro H., 1990. a) *Hameaux test et exploitations de référence: représentativité*. Antsirabe, RD PPI ODR-FOFIFA DRD, 19 p. + annexes, doc. multig.

Rollin D., Randrianjafinimaro H., 1990. b) *Hameaux test et exploitations de référence: part de la cotisation et de la redevance dans le budget des exploitations*. Antsirabe, RD PPI ODR-FOFIFA DRD, 11 p. + annexes, doc. multig.

Rollin D., Randrianjafinimaro H., Rajaonah H.L., Rafalimanantsoa E., 1990. *Rapport de campagne 1989-1990*. Antsirabe, RD PPI ODR - FOFIFA DRD, 80 p. + annexes, doc. multig.

Rollin D., Rajaonah H.L., 1990. *Etude du binôme cultural culture de contre saison riz résultats préliminaires*. Antsirabe, RD PPI ODR - FOFIFA DRD, 18 p. + annexes, doc. multig.

Rollin D., 1991. *Evolution de l'importance du système rizière dans le Vakinankaratra Madagascar*. In Actes du séminaire "bas fond et riziculture" Antananarivo, décembre 1991, p 63-72.

Rollin D., Rabary B., 1991. *Enquête sur les systèmes de culture du haricot dans le VAKINANKARATRA*. Antsirabe, RD PPI ODR - FOFIFA DRD, 30 p. doc. multig.

Rollin D., 1993. *Du Rwanda à Madagascar : déterminants pour l'appropriation d'innovations techniques en zone d'altitude à forte densité de population*. Communication au séminaire "Innovations et sociétés", Montpellier, France, septembre 1993, 10 p.

Rougier N., 1991. *L'arboriculture fruitière dans la région centrale des hautes terres de Madagascar Potentiel et contraintes* Mémoire ENSA Toulouse - ESAT Montpellier - ENSSAA DSA 1991-31, 36 p. + annexes

Rouveyran J.C., 1980. *Sociologie du changement technologique. A propos de sociétés paysannes des Hautes Terres malgaches*. Thèse présentée en vue du grade de docteur es lettres, 800 p.

Ruaud P., 1985. *Fertilisation des rizières sur les Hauts Plateaux Malgaches*. Tananarive, MRSTD FOFIFA DRA/MPARA PEM FAO, doc multig.

SOMADIX, 1990. *La dolomite pour l'agriculture et l'environnement*. Tananarive, Antsirabe, 238 p.

SOMEAH - SOFRECO - SOGREAH, 1990. *Etudes de réhabilitation de neuf petits périmètres irrigués dans les régions d'Antsirabe et Ambositra*. Tananarive, doc. multig.

Saboureau P., 1954. *Note sur l'activité du Bureau de Conservation des sols de Madagascar et Dépendances*. in: actes du colloque de Léopoldville, tome 2, p 881-898.

Sautter G., Pelissier P., 1964. *Pour un atlas des terroirs africains. Structure type d'une étude de terroir*. Paris L'homme 6 (1) : 56-72.

Scherre J., 1966. *Traction animale Mesure de puissance des attelages Compte rendu de mission en Afrique (Haute Volta, Sénégal et Côte d'Ivoire) et à Madagascar*. CEEMAT, doc. multig.

Sebillotte M., 1982. *Pratiques des agriculteurs et évolution de la fertilité du milieu. Eléments pour un jugement des systèmes de culture*. In Numéro spécial du Bulletin Technique d'Information: Fertilité du milieu et agriculture (370-372) : 425-436.

Sebillotte M., 1985. *Cultures (système de)*. Encyclopedia universalis t.5 Paris.

Sebillotte M., 1989. *Fertilité et systèmes de production: essai de problématique générale in Fertilité et systèmes de production s.d. Sebillotte INRA, p 14-57.*

Sebillotte M., Godard D., 1990. *La fertilité lecture agronomique de pratiques sociales*. Actes du colloque "Agriculture, environnement and economic development"

- Sebillotte M., 1993. *Avenir de l'agriculture et futur de l'INRA*. Paris, INRA, collection bilans et prospectives, 139 p. + un volume annexe 186 p.
- Seignobos C., 1989. *Les parades à la razzia dans la zone soudanienne au XIX siècle : la domestication de la cueillette*. In *Le risque en agriculture*. M. Eldin et P. Milleville (éd.). Paris, ORSTOM, p 355-374.
- Service vétérinaire, 1946. *L'élevage*. In *Madagascar économique. L'Encyclopédie Coloniale et Maritime*, Paris, tome 2, p 3-22.
- Soltner D., 1980. *Les bases de la production végétale*. Angers, collection "Sciences et Techniques agricoles, Tome 1: le sol, 456 p.
- Séguy L., Bouzinac S., Cachico A., Kluthcouski J., 1989. *Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct sans travail du sol appliquées aux céréales du Centre Ouest Brésilien*. Nogent sur Marne IRAT EMBRAPA 185 p. doc multig.
- Vea J., 1991. *The development of milk production in Vakinankaratra, the malagasy island*. Stavanger, The school of mission and theology, 216 p. + annexes 284 p.
- Velly J., Celton J., Roche P., 1967. *Fertilisation de redressement après diagnostic des carences minérales sur les sols de culture sèche à Madagascar*. In *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Tananarive Novembre 1967*, p 874-915.
- Velly J., Celton J., Roche P., 1967. *Fertilisation de fond en rizière*. In *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Tananarive Novembre 1967*, p 916-988.
- Vergara B.S., 1984. *Manuel pratique de riziculture*. IRRI 221 p.
- Vine H., 1954. *Is the lack of fertility of tropical african soils exaggerated*. In *Colloque de Léopoldville 1954*, tome 1, p 389-412.
- Vissac B., 1993. *Préface ; Un préalable essentiel pour le développement*. In *Pratiques d'élevage extensif identifier, modéliser, évaluer*. INRA ed. E. Landais p 9-12.
- Vizier J.F., 1988. *La toxicité ferreuse dans les sols de rizière: importance du problème, causes et mécanismes mis en jeu, conséquences pour l'utilisation des sols*. In *Bilan hydrique et minéral d'un bas fond. Rapport d'avancement*. p 77-90.
- Vlek P.L.G., 1985. *Rapport de mission sur le projet riz de plateau FIDA Banque Mondiale concernant l'Opération de Développement Rizicole Madagascar*. Centre International de développement des engrais (CIDE), 54 p. doc. multig.
- Wollet J.C., 1962. *Essai de microrégionalisation de la préfecture du VAKINANKARATRA*. Tananarive, Bulletin de Madagascar (3) : 45-112.
- Yoshida S., 1981. *Fundamental of rice crop*. Los Banos, Philippines, IRRI, 269 p.
- Yung J.M., 1986. *Aperçus sur la filière riz à Madagascar*. SEDES, 136 p. doc. multig.
- Zebrowski D., Ratsimbazafy D., 1979. *Carte pédologique de Madagascar. Feuille Antsirabe au 1/100.000 Carte pédologique, carte des aptitudes culturales, notice explicative*. Paris, ORSTOM pédologie, notice n° 83, 82 p. + annexes.
- Zeller M., 1993. *Finance rurale et sécurité alimentaire à Madagascar*. Washington, Rapport préliminaire du Projet de Recherche, IFPRI MINAGRI CNRE, 98 p.

Liste des tableaux

Deuxième partie

Tableau 1	Nombre de parcelles enquêtées par le suivi évaluation	37
Tableau 2	Exploitations et parcelles enquêtées lors des avant projets sommaires des PPI	37
Tableau 3	Exploitations enquêtées lors des avant projets sommaires des PPI de la tranche 4	37
Tableau 4	Récapitulation des enquêtes utilisables	38

Troisième partie

Tableau 1	Division administrative et ethnie dominante selon la densité de population et le milieu physique	
Tableau 2	Température critique moyenne journalière pour le riz en °C	63
Tableau 3	Quelques coefficients de variation annuels de la pluviométrie	66
Tableau 4	situation des périmètres en fonction du modelé et du substrat	72
Tableau 5	Caractéristiques Physico-chimiques des eaux de l'Ikopa et de la Betsiboka	75
Tableau 6	quantités d'éléments enlevés par l'érosion	75
Tableau 7	Utilisation et Appréciation paysanne du sol à Soavina (Ambatofinandraha)	83
Tableau 8	Utilisation et appréciation paysanne du sol à Tsarahonenana Ambohibary	89
Tableau 9	débit d'étiage en l/s/km ²	95
Tableau 10	Mise en perspective historique de la prise de possession du milieu	109
Tableau 11	chronologie de quelques étapes du travail sur fertilité et fertilisation à Madagascar	124
Tableau 12	Variétés utilisées en 1987 en % des parcelles de rizière	130
Tableau 13	Mode de repiquage en fonction du périmètre	136
Tableau 14	Répartition des rizières en fonction du type d'entretien	137
Tableau 15	Surfaces enquêtées et proportion des surfaces selon le nombre de sarclage en rizière	137
Tableau 16	Répartition des exploitations selon l'élevage des bovins et des porcins	149
Tableau 17	Bovins présentés au marché de Tsarazafy (Vinaninony)	158
Tableau 18	Répartition des exploitations selon l'élevage des bovins	159
Tableau 19	Comparaison entre zone de la composition du cheptel bovin par exploitation	160
Tableau 20	évolution des quantités de lait commercialisé dans le Vakinankaratra	162
Tableau 21	Raisons avancées par les paysans de Vinaninony pour le développement de l'élevage laitier	164
Tableau 22	distribution de semences et boutures de plantes fourragères par Fifamanor	165
Tableau 23	part des dépenses pour l'agriculture et l'élevage dans les dépenses totales	193

Quatrième partie

Tableau 1	Appréciation de la maîtrise de l'eau par les paysans	219
Tableau 2	répartition des pépinières et rizières échantillonnées selon le réseau d'alimentation	220
Tableau 3	Présence des canaux d'irrigation et de drainage dans la parcelle	220
Tableau 4	Pluviométrie, drainage, pertes minérales cumulées sur quatre années à Manankazo	225
Tableau 5	Compositions des fumiers en éléments minéraux selon différentes sources	237
Tableau 6	Les surfaces et les quantités de fumier agrégées par Cirva	239
Tableau 7	Répartition des surfaces et du fumier selon les zones de vulgarisation de l'ODR	240
Tableau 8	Comparaison Hautes Terres Moyen Ouest pour la répartition du fumier	241
Tableau 9	Comparaison de l'utilisation de la fumure organique sur les Hautes Terres et dans le Moyen Ouest	241
Tableau 10	Doses moyennes de matière organique en fonction des systèmes retrouvés sur tanety	242
Tableau 11	Proportion de parcelles ne recevant pas de fumier selon les cultures	242
Tableau 12	Nombre de parcelles enquêtées par le suivi évaluation ODR 1989-1990	244
Tableau 13	Raison évoquée pour ne pas apporter de la matière organique	245
Tableau 14	Proportion des surfaces de parcelles de pépinières rizicole selon la nature de la fumure organique apportée	246

Tableau 15	Proportion de la surface en rizière en fonction de la nature de la fumure organique reçue	247
Tableau 16	Proportion des surfaces de tanety en fonction de la nature de la fertilisation organique reçue	247
Tableau 17	Achats de fumier en comparaison sur la riziculture seule et la riziculture avec pomme de terre de contre saison, en proportion de parcelles de rizière	249
Tableau 18	Proportion d'exploitation achetant du fumier en fonction du périmètre et des cultures	250
Tableau 19	productions moyennes pour un kilogramme d'engrais	259
Tableau 20	Relation entre le rendement et la dose d'engrais; parcelles portant du riz sans contre saison	260
Tableau 21	Relation entre le rendement et la dose d'engrais sur le riz; parcelles portant du riz et de la pomme de terre	260
Tableau 22	parcelles recevant de l'engrais sur le riz et sur la pomme de terre de contre saison	261
Tableau 23	rapports valeur coût moyens (PEM-FAO, 1986) :	263
Tableau 24	subventions (fmg/kg) aux engrais supportées par le Budget de l'Etat malgache pendant le GOPR	270
Tableau 26	variation des quantités d'engrais vendues les jours de marché Ambohibary en kg	273
Tableau 27	Eléments de réponses du riz aux engrais dans la partie centrale de Madagascar selon les résultats du programme engrais malgache de 1978 à 1987	277
Tableau 28	calcul de la quantité d'engrais consommée en 1986 par unité de surface et par exploitation	284
Tableau 29	Calcul de la quantité d'engrais consommée par hectare et par an	285
Tableau 30	calcul de la proportion de l'engrais utilisé sur le riz	287
Tableau 31	Evolution de la proportion des surfaces de pépinière selon la fertilisation apportée	288
Tableau 32	Evolution de la proportion des surfaces de rizière selon la fertilisation apportée	288
Tableau 33	Le cas de la riziculture sans culture de contre saison	290
Tableau 34	Le cas de la riziculture avec de la pomme de terre en contre saison:	293
Tableau 35	Montant moyen des dépenses (fmg) en engrais par hectare selon les cultures pluviales pratiquées	295
Tableau 36	Quantités d'engrais moyennes apportées en rizière en 1973	297
Tableau 37	permanence de l'absence du recours aux engrais	298
Tableau 38	Coefficients de coûts réels pour les cultures sur rizière	304
Tableau 39	Coefficients de coûts réels pour les cultures pluviales	305
Tableau 40	Coefficients de coûts réels pour quelques produits d'élevage	305
tableau 41	Comparaison des coûts de production, des revenus moyens par unité de surface (en are) et par jour de travail	307
Tableau 42	Comparaison des différentes filières du point de vue Crédit, Approvisionnement, conseil et débouchés	316

Sixième partie

Tableau 1	représentation synthétique d'éléments caractérisant la gestion de la fertilité selon les types	320
-----------	--	-----

Liste des figures

Première partie

Figure 1	étude des pratiques de l'exploitant et de l'exploitation dans son milieu	6
Figure 2	Carte de localisation des régions étudiées	7
Figure 3	Carte de situation des Petits Périmètres Irrigués (PPI)	8
Figure 4	De la diversité des conditions à la diversité des situations, aux pratiques et aux paysages.	11

Deuxième partie

Figure 1	schéma des éléments pris en compte pour définir la fertilité	22
----------	--	----

Figure 2	Représentation de l'exploitation agricole et de son environnement physique, économique et culturel	31
Figure 3	Une représentation de l'exploitation agricole inspirée de la modélisation systémique centrée sur les pratiques des agriculteurs Landais et Deffontaines (1989)	33
Figure 4	relation entre le travail en gestion de la fertilité et les autres activités	44
Troisième partie		
Figure 1	Carte des altitudes et situation des transects étudiés	52
Figure 2	Transect n°1 Tsinjoarivo Miandrivazo	53
Figure 3	Transect n°2 Fandriana Malainbandy	54
Figure 4	Transect n°3 Mandoto Ambatofinandrahana	55
Figure 5	Transect est ouest Malakialina Ambohibary	56
Figure 6	Transect est ouest Ambalakinana Soavina	56
Figure 7	Transect Andranolava Soavina	57
Figure 8	transect est ouest Manandona Tsiresy	58
Figure 9	Carte de situation des stations climatologiques	60
Figure 10	relation pluviométrie moyenne - altitude des stations étudiées	61
Figure 11	températures moyennes mensuelles en fonction de l'altitude	62
Figure 13	accumulation - minéralisation de la matière organique en liaison avec la température et la submersion (Greenland et al., 1985)	64
Figure 14	Variabilité pluviométrique à Antsirabe calculée à partir des données 1957-1980 (Someah)	66
Figure 15	variabilité pluviométrique à Faratsiho calculée à partir des données 1957-1980 (Someah)	67
Figure 16	Carte géologique simplifiée	70
Figure 17	la différenciation paysanne du paysage agraire	73
Figure 18	Formation des sols de rizières: de l'origine à l'anthropisation	77
Figure 19	Classification, utilisation et appréciation paysanne du sol à Soavina Hameaux test d'Andranolava et Ambalakinana	80
Figure 20	Croquis morphologique du bassin de Sambaina Ambohibary d'après Lageat et Peyrot (1974)	85
Figure 21	Comparaison de l'utilisation du sol "in périmètre" à Tsarahonenana Ambohibary entre 1966 et 1991 d'après Rasamoelina (1992) et Bonnemaïson (1976)	87
Figure 22	Classification, utilisation et appréciation du sol à Tsarahonenana Ambohibary	88
Figure 23	Carte du réseau hydrographique: rivières et stations de mesures	92
Figure 24	débit mensuel moyen pour différentes fréquences (hors prélèvement amont (SOMEAH 1990)	93
Figure 25	débites décennaux dérivables 8 jours /10 station Antsampsandrano rivière Amborompotsy	94
Figure 26	débites moyen mensuels en m3/s Sahanivotry, bassin de la Mania	96
Figure 27	débites moyens mensuels Amborompotsy à Antsampsandrano	97
Figure 28	représentation de la population en 1958, 1968, 1972, 1988	100
Figure 29	Evolution de la population dans la zone entre 1958 et 1990 (en % par an)	101
Figure 30	potentiel et part des pentes et des bas fonds d'après Raison, 1984	103
Figure 31	Evolution des surfaces cultivées dans la cuvette de Vinaninony	106
Figure 32	Carte de chronologie des arrivées à Ambohibary (d'après Razafindrabe)	107
Figure 33	répartition des rizières selon une estimation du degré de maîtrise de l'eau (Ciolina, 1947)	111
Figure 34	répartition des rizières selon le réseau d'alimentation enquêtes du suivi évaluation 1988-1989	112
Figure 35	répartition des usagers selon l'appréciation de la maîtrise de l'eau sur leur rizière dans deux hameaux de Vinaninony	115
Figure 36	cartes des voies de communication	118
Quatrième partie		
Figure 1	Calage du cycle Riz culture de contre saison	129

Figure 2	Les principales rotations rencontrées sur rizière en 1987 (données des enquêtes des APS 4 PPI)	128
Figure 3	Calage des cycles de culture sur tanety	131
Figure 4	quelques aspects des relations agriculture élevage	133
Figure 5	distribution des surfaces de rizière par personne (données APS PPI et suivi évaluation ODR 1987)	139
Figure 6	distribution des surfaces en rizière par exploitation d'après les données APS et ODR	140
Figure 7	distribution des rapports surface en tanety / surface en rizière par exploitation (données APS PPI et suivi évaluation ODR 1987)	141
Figure 8	représentation des exploitations dans un plan surface en rizière - surface en tanety (données suivi évaluation ODR 1987)	141
Figure 9	répartition des surfaces cultivées dans une exploitation moyenne en 1987 (source APS 4 PPI)	143
Figure 10	principales associations rencontrées sur tanety en 1987	144
Figure 11	relation entre l'altitude et la proportion de différents tubercules dans les surfaces de culture pluviale (source APS PPI)	145
Figure 12	Système mimosa - pomme de terre - maïs	147
Figure 13	part des recettes constituées par les produits animaux dans les recettes totales de l'exploitation (source RD PPI)	148
Figure 14	Elevages que les paysans d'Ambohibary souhaitent développer et raison de ce choix (données APS PPI)	150
Figure 15	évolution de l'effectif bovin dans le Vakinankaratra	151
Figure 16	évolution dans l'espace et dans le temps du nombre de bovins par personne (source enquête rizicole 1973, recensement national agricole 1984-1985, suivi évaluation ODR 1990	153
Figure 17	évolution du nombre de ménages possédant des bovins (source enquête rizicole 1973, recensement national agricole 1984-1985, suivi évaluation ODR 1990)	154
Figure 18	Carte de répartition des Bovins dans le Vakinankaratra	155
Figure 19	Carte des circuits de transaction des bovins	157
Figure 20	répartition moyenne selon les sources du type d'élevage bovin pratiqué	159
Figure 21	répartition des exploitations selon le nombre de bovin en fonction du périmètre	161
Figure 22	évolution des quantités de lait commercialisées selon le type de collecte (d'après Vea, 1991)	163
Figure 23	utilisation des revenus du lait dans le Vakinankaratra (d'après Vea, 1991)	163
Figure 24	évolution annuelle des quantités de semences et boutures fourragères distribuées et vendues par FIFAMANOR (d'après Vea, 1991)	165
Figure 25	évolution du nombre de charrues pour 100 personnes	167
Figure 26	évolution du nombre de herses pour 100 personnes	168
Figure 27	évolution du nombre de charrettes pour 100 personnes	169
Figure 28	nombre de boeufs dressés par exploitation	170
Figure 29	Carte de répartition des porcins dans le Vakinankaratra en 1962	171
Figure 30	évolution dans l'espace et dans le temps du nombre de porcins par personne	173
Figure 31	évolution du nombre de ménages élevant des porcins	174
Figure 32	répartition des exploitations en fonction du nombre de porcs et de truies selon différentes sources	172
Figure 33	Carte de répartition des ovins dans le Vakinankaratra en 1962	177
Figure 34	Répartition du cheptel ovin dans le Vakinankaratra en 1990	178
Figure 35	évolution du nombre d'ovin dans le Vakinankaratra	179
Figure 36	distribution des exploitations en fonction du revenu total	185
Figure 37	sources de revenus monétaires des ménages ruraux (fmg constants) sur les Hautes Terres et dans le Moyen Ouest- comparaison 1962 - 1973	186
Figure 38	répartition des revenus monétaires des ménages ruraux du centre comparaison 1962 et 1973- fmg courants- d'après Bigot, 1992	187
Figure 39	distribution des exploitations en fonction de la part du riz et du paddy dans le revenu	186
Figure 40	distribution des exploitations en fonction de la part des produits végétaux autres que le riz et le bois dans le revenu	188

Figure 41	distribution des exploitations en fonction de la part des produits animaux dans le revenu . . .	188
Figure 42	distribution des exploitations en fonction des revenus "autres" (source RD PPI)	189
Figure 43	répartition des revenus d'exploitation dans les enquêtes sur les 9 PPI du Vakinankaratra et du Nord Betsileo (données FOFIFA)	190
Figure 44	répartition des revenus agricoles: comparaison entre les 3 ppi d'altitude et les données du FOFIFA sur les PPI du Vakinankaratra et du Nord Betsileo	191
Figure 45	part des dépenses pour l'agriculture et l'élevage par rapport aux recettes totales de l'exploitation (données APS 9 PPI)	193
Figure 46	postes annuels de recettes et de dépenses- moyenne annuelle par exploitation, par périmètre (source données FOFIFA sur les 9 PPI)	194
Figure 47	répartition des dépenses monétaires des ménages ruraux- comparaison 1962 et 1973 en fmg courants (d'après Bigot, 1992)	194
Figure 48	répartition des dépenses monétaires des ménages ruraux du centre de Madagascar- comparaison 1962-1973 (d'après Bigot, 1992)	195
Figure 49	distribution des exploitations en fonction de la part du riz dans les dépenses (source RD PPI)	196
Figure 50	distribution des exploitations en fonction de la part des produits animaux dans les dépenses (source RD PPI)	196
Figure 51	distribution des exploitations en fonction de la part des salaires dans les dépenses (source RD PPI)	197
Figure 52	comparaison des postes de dépense (en fmg/ha) en espèce, en nature et en intrants pour 3 types de systèmes de culture selon les périmètres (données APS 4 PPI)	198
Figure 53	comparaison des proportions de postes de dépenses pour la riziculture sans contre saison (source APS 4 PPI)	199
Figure 54	coût comparé des postes de dépense pour la culture du riz sans contre saison selon les périmètres (source données APS 4 PPI)	200
Figure 55	comparaison des postes de dépenses (fmg/ha) en espèces, en nature et en intrants- moyenne des 4 PPI du Vakinankaratra (données APS 4 PPI)	200
Figure 56	entrées et sorties mensuelles de l'exploitation SA3 en 1991 source RD PPI	202
Figure 57	entrées et sorties mensuelles de l'exploitation SA1 en 1991 source RD PPI	203
Figure 58	entrées et sorties mensuelles de l'exploitation MA1 en 1991 source RD PPI	204
Figure 59	entrées et sorties mensuelles de l'exploitation AA2 en 1991 source RD PPI	205
Figure 60	entrées et sorties mensuelles de l'exploitation MA2 en 1991 source RD PPI	206
Figure 61	une typologie de fonctionnement	207
Figure 62	répartition des ménages selon la position par rapport au crédit informel à Ambohidrano (Andrianantenaina, 1992)	210
Figure 63	répartition des ménages selon la position par rapport au crédit institutionnel à Ambohidrano sur le périmètre d'Iandratsay (Andrianantenaina, 1992)	211
Figure 64	carte de localisation des agences de la BTM	212

Cinquième partie

Figure 1	représentation synthétique des transferts de fertilité dans le paysage	216
Figure 2	Quelques questions pour la mise au point de systèmes avec couverture permanente du sol . . .	227
Figure 3	Calendrier de fabrication et d'utilisation du fumier	233
Figure 4	répartition du type de main d'oeuvre pour la manipulation du fumier sur rizière (données du suivi évaluation ODR 1987-1988)	232
Figure 5	Répartition du type de transport pour le fumier sur rizière (données du suivi évaluation ODR 1987-1988)	235
Figure 6	Variation de la teneur en éléments minéraux dans l'analyse de 30 fumiers prélevés en milieu paysan sur les Hautes Terres (IRAM 301)	238
Figure 7	Comparaison entre les proportions de surface et les affectations de fumier	239
Figure 8	répartition des surfaces en culture pluviale par Cirva (données ODR 1987-1988)	243
Figure 9	dose moyenne de fumier selon les cultures (données ODR 1987-1988)	244
Figure 10	proportion de parcelles ne recevant pas de fumier selon les cultures pluviales	245

VIII

Figure 1	Répartition des pépinières rizicoles selon la nature de la fumure organique apportée	246
Figure 12	Importance des différents types de fumure selon la parcelle de destination	248
Figure 13	apport de fumier en fonction de la couleur du sol sur tanety	249
Figure 14	valeur du fumier à Antsirabe en fonction de la quantité achetée	251
Figure 15	dose de matière organique en fonction de la distance entre l'exploitation et la parcelle)	252
Figure 16	Pratiques de minéralisation de la matière organique et effets	253
Figure 17	Rendements moyens (paddy) selon les niveaux de N et P2O5	256
Figure 18	Réponse du riz (rendement paddy) à l'azote sur 78 sites des Hautes Terres	257
Figure 19	Réponse du riz au Phosphore sur 78 sites des Hautes Terres pendant 3 années	258
Figure 20	Réponse du maïs aux engrais sur les Hautes Terres 210 sites	259
Figure 21	Variation du prix du paddy sur le marché d'Ambohibary	263
Figure 22	Variation des prix de la pomme de terre sur le marché d'Ambohibary	264
Figure 23	relation entre le prix du paddy et celui des engrais entre 1978 et 1992	266
Figure 24	exemple de constitution du prix de l'engrais dans un système d'économie libérale avec concurrence	269
Figure 25	éléments étant intervenus dans la détermination du prix de l'engrais	271
Figure 26	Variations des prix de l'engrais, du paddy et du riz blanc à Ambohibary (1989-1993)	272
Figure 27	variation des quantités de paddy et de riz commercialisées au marché hebdomadaire d'Ambohibary (89-93)	273
Figure 28	variation mensuelle des quantités d'engrais vendues sur le marché d'Ambohibary	274
Figure 29	réponse moyenne (kg/ha) aux niveaux d'azote pour 3 classes de sol	280
Figure 30	réponse moyenne (kg/ha) aux niveaux de phosphore pour les 3 classes de sol	281
Figure 31	Utilisation annuelle d'engrais: consommation du centre de Madagascar et importations de tout le pays en tonnes de tout produit	283
Figure 32	Evolution de la quantité d'engrais vendue dans le Vakinankaratra source GOPR ODR	284
Figure 33	évolution de l'utilisation d'engrais. Comparaison Madagascar, Thaïlande, Vietnam	285
Figure 34	proportion des pépinières recevant de l'engrais NPK, de l'urée, du fumier	290
Figure 35	variation spatiale de l'application d'engrais et de fumier sur pépinière	291
Figure 36	variation spatiale de l'application d'engrais et de fumier sur le riz	292
Figure 38	Utilisation de l'engrais en rizière selon les périmètres	294
Figure 39	Utilisation d'engrais sur tanety selon la culture et le périmètre en % des parcelles	295
Figure 40	répartition des parcelles selon les doses d'engrais utilisées sur pépinière	296
Figure 41	répartition des parcelles selon les doses d'engrais utilisées sur rizière	297
Figure 42	distribution des exploitants n'utilisant pas l'engrais selon les raisons évoquées	298
Figure 43	Evolution des surfaces en blé et orge dans le Vakinankaratra et le Nord Betsileo	301
Figure 44	Variation du rendement du blé et de l'orge avec les mêmes apports théoriques d'intrants	306
Figure 45	Arrière effet des traitements apportés sur les cultures de contre saison	308
Figure 46	Effet et arrière effet de la dolomie sur une rotation dans le Vakinankaratra	309
Figure 47	Effet et arrière effet du phosphore sur une rotation dans le Vakinankaratra.	310
Figure 48	Evolution de la part de la production locale dans le blé transformé à la minoterie d'Andranomanelatra	311
Figure 49	Evolution du prix du blé entrée usine: comparaison blé importé, production locale	312
Figure 50	Evolution des surfaces des principales cultures de contre saison à Manandona	314

Coordonnées (longitude et latitude) pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle des stations climatologiques étudiées (Raunet, 1981 Oldeman, 1990 Someah)

IDEN	LATI	LONGI	ALTI	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
Beatofo	19.86	46.85	1402	316	247	248	49	30	12	14	13	22	72	154	290	1467
Ambatoampy	19.16	47.43	1555	331	291	279	82	42	16	22	22	23	60	178	279	1625
Antanifotay	19.65	47.33	1560	297	157	182	38	14	16	26	27	36	40	125	303	1261
Ambohimandroso	19.52	47.43	1600	300	151	180	40	12	15	27	27	37	39	120	312	1260
Soamndraziny	19.90	47.38	1800	300	160	182	40	18	20	31	30	40	45	128	310	1304
Manjakatempo	19.36	47.30	1806	362	322	386	106	55	28	30	40	40	96	211	329	2005
Antsampsandrano	19.62	47.09	1844	298	254	272	92	34	22	25	26	32	72	196	366	1689
Ambolitra	20.53	47.23	1245	314	239	242	79	32	26	26	20	35	57	183	303	1556
Babelville	19.02	46.45	940	231	260	314	74	7	4	6	4	13	48	87	199	1247
Miadanimerina	19.02	47.45	1325	282	228	239	47	13	6	7	8	15	37	140	282	1304
Mantaosa	19.02	47.83	1400	290	289	210	63	34	33	38	43	23	53	144	300	1520
Merikanjaka	19.03	47.75	1450	257	248	246	53	33	29	34	34	27	55	140	265	1421
Fitainana	19.07	47.70	1600	311	231	232	40	16	19	18	17	19	49	160	269	1381
Soavinandriana	19.17	46.75	1575	450	379	270	88	26	12	15	10	26	75	191	408	1950
Behenjy	19.20	47.50	1427	276	233	236	47	17	7	11	9	16	59	168	269	1348
Andramasina	19.20	47.60	1350	267	212	247	42	9	7	10	8	13	44	169	270	1298
Ambohimadiana	19.23	47.75	1525	292	222	228	48	22	16	19	17	13	49	128	253	1307
Faratibo	19.40	46.95	1750	399	337	313	109	32	13	19	14	28	102	195	352	1913
Nanokely	19.52	47.03	2020	351	290	272	94	28	13	16	13	30	92	182	293	1674
Miandrivazo	19.33	45.50	71	325	256	218	48	8	6	2	8	15	52	134	237	1309
Mandoto	19.56	46.28	915	360	289	256	68	16	6	8	7	11	72	156	290	1539

000 INIST CNRS - Tous droits de propriété intellectuelle réservés. Reproduction, représentation et diffusion interdites. Loi du 1er juillet 1992

Ambohilany	19,63	47,12	1646	289	266	226	92	38	24	28	17	31	74	174	287	1546
Tsinjoarivo	19,62	47,70	1640	259	223	193	59	31	33	24	25	25	39	157	277	1346
Antsirabe	19,86	47,02	1506	293	241	218	77	31	13	17	15	24	77	158	268	1432
Ambatolohy	20,02	45,55	75	303	221	171	19	10	3	3	3	5	29	96	193	1056
Malainbandy	20,35	45,60	162	364	295	257	31	6	4	2	2	10	46	97	243	1357
Ampasimanbo	20,52	48,00	480	416	293	415	181	110	126	123	111	76	64	183	364	2462
Mandrosoandro	20,58	46,00	1050	302	219	166	23	9	6	6	5	12	42	109	278	1177
Tsinazava	20,68	45,70	350	423	358	229	50	15	6	11	10	15	43	108	374	1642
Amborompotsy	20,68	46,18	1386	317	251	214	36	9	7	5	10	15	55	132	306	1357
Ambohimanga	20,87	47,58	310	533	323	425	139	83	114	78	86	66	31	198	284	2360

tableau 41.1 rotations sur rizière selon les périmètres

	Ambohibary	Manandona	Iandratsay	Vimanimozy	Soavina (1)
Riz sans contre saison	64%	73%	88%	99 %	90 %
Riz pomme de terre	20%	16.5%	4.5%	0 %	0 %
autres rotation	15.3%	10.5%	7%	1 %	10 % (2)

Tableau 42.4 Variabilité des surfaces en rizière irriguée par personne dans trois échantillons

	APS 4 PPI 775 exploitations	APS 9 PPI 730 exploitations	Suivi évaluation ODR 970 exploitations
Moyenne	8.53	11.83	9.97
écart type	8.92	12.7	9.68
coefficient de variation	104 %	107 %	98 %

Tableau 42.5 Variabilité des surfaces en rizière par exploitation dans trois échantillons

	APS 4 PPI 775 exploitations	APS 9 PPI 730 exploitations	Suivi évaluation ODR 970 exploitations
Moyenne	45.06	66.92	67.36
écart type	41.8	92.22	53.94
coefficient de variation	93 %	137 %	80 %

Tableau 42.6 Variabilité de la proportion tanety sur rizière par exploitation dans trois échantillons

	APS 4 PPI 775 exploitations	APS 9 PPI 730 exploitations	Suivi évaluation ODR 970 exploitations
Moyenne	2.61	2.35	1.06
écart type	6.91	2.3	0.96
coefficient de variation	%	98 %	91 %

¹ Source chef de zone Soavina

² essentiellement de la double riziculture

Tableau 43.1 Evolution du nombre de bovin par personne entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole (1984-1985) et suivi évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoaa (1991)

CIRVA	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Ambs	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	0.21	0.68	0.48	1.78	0.66	0.44	0.13	0.32	0.26	0.7	0.36
84-85	0.21	0.3	0.26	0.76	0.35	0.42	0.32	0.33	0.34	0.49	0.38
1990			0.31	0.70	0.57	0.38	0.36	0.25	0.32	0.46	0.37

Tableau 43.2 Evolution du nombre de ménages possédant des bovins entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole (1984-1985) et suivi évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoaa (1991)

CIRVA	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Ambs	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	41	55	49	64	51	60	52	48	51	50	51
84-85	45	46	46	55	51	61	64	58	61	62	61
1990			58	65	62	74	65	52	61	68	64

Tableau 43.3 Evolution du nombre de charrette pour 100 personnes entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole et suivi évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoaa (1991)

CIRVA	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Ambs	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	-	-	-	1	-	4	4	4	4	2	3
84-85	1	1	1	3	1	5	5	4	5	3	4
1990						7	6	3	5	4	5

Tableau 43.4 Evolution du nombre de charrue pour 100 personnes entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole et suivi évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoaa (1991)

CIRVA	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Ambs	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	1	1	1	2	2	2	1	1	1	4	2
84-85	1	1	1	6	2	3	3	2	3	11	5
1990						6	4	4	4	12	7

Tableau 43.5 Evolution du nombre de herbes pour 100 personnes entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole et suivi évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoia (1991)

CIRV A	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Ambs	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	2	1	1	2	1	8	5	4	5	5	5
84-85	2	2	2	3	2	8	5	4	5	7	6
1990						8	9	5	7	10	8

Tableau 43.6 nombre de boeufs dressés par exploitation:

source/nb boeufs par exp.	0	1	2	3	4 ou plus
Suivi ODR	54	3	30	3	10
APS 4 PPI	73	3	22	1	2
APS 9 PPI	63	3	26	2	6

Tableau 43.7 nombre de porcins et de truie par exploitation (% des exploitations)

nombre de porcins	0	1	2	3	4 et plus
porcs suivi ODR	70	20	7	2	1
porcs APS 4 PPI	52	24.5	11	3.5	9
porcs APS 9 PPI	58	24	12	2.5	4
truie APS 4 PPI	80	16.5	2.5	1	
truie APS 9 PPI	88	9	2	1	

Tableau 43.8 Evolution du nombre de porcins par personne entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole et suivi évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoia (1991)

CIRV A	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Ambs	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	0.07	0.27	0.18	0.16	0.17	0.71	-	0.22	0.36	0.23	0.32
84-85	0.11	0.17	0.16	0.14	0.15	0.09	0.18	0.10	0.13	0.21	0.15
1990			0.17	0.19	0.16	0.06	0.16	0.21	0.16	0.21	0.18

Tableau 43.9 Evolution du nombre de ménage élevant des porcins entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole et suivi d'évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoaa (1991)

CIRVA	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Amba	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	21	32	27	27	27	35	45	27	35	33	35
84-85	39	43	41	46	42	29	51	32	38	47	41
1990			45	48	46	35	57	48	48	39	45

Tableau 43.10 Evolution du nombre de volailles par personne entre les enquêtes rizicoles 1973-1974, Recensement national Agricole et suivi d'évaluation ODR 1990 Rasoloarimalala (1991) et Ranarosoaa (1991)

CIRVA	A m b o s i t r a					A n t s i r a b e					
	Fndr	Amba	HT	Atof.	Tot.	Far	Atif	Abe	HT	Btf	Tot.
73-74	1.94	1.63	1.76	2.65	1.88	1.87	2.74	2.44	2.47	2.01	2.37
84-85	2.28	2.91	2.61	2.17	2.54	2.37	1.79	1.48	1.77	1.85	1.79
1990			1.78	1.46	1.74	1.61	1.91	1.56	1.69	1.91	1.77

ANALYSE FACTORIELLE DES COMPOSANTES PRINCIPALES

SUIVI DES TRANSACTIONS AU NIVEAU DE FERMES DE REFERENCE R-D/PPI-ODR

FICHIERS UTILISES : DONNEES : fus001.gst RESULTATS : b01.RES

STOCKAGE DES FACTEURS : INDIVIDUS PRINCIPAUX : b01.lnd VARIABLES PRINCIPALES : b01.var 47 INDIVIDUS DONT 0

SUPPLEMENTAIRES 25 VARIABLES DONT 0 SUPPLEMENTAIRES 5 FACTEURS RETENUS

LES POIDS DES COLONNES SONT MULTIPLIES PAR 10 ** -3 LES VALEURS DU TABLEAU SONT MULTIPLIEES PAR 10 ** -3

LES VALEURS PROPRES VAL(1)= 4.71970

NUM ITER VAL PROPRE POURCENT CUMUL HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE

1	0	4.71970	18.879	18.879	*****
2	1	3.50147	14.006	32.885	*****
3	1	2.68757	10.750	43.635	*****

Tableau 44.1 Contributions des variables et corrélations avec les axes

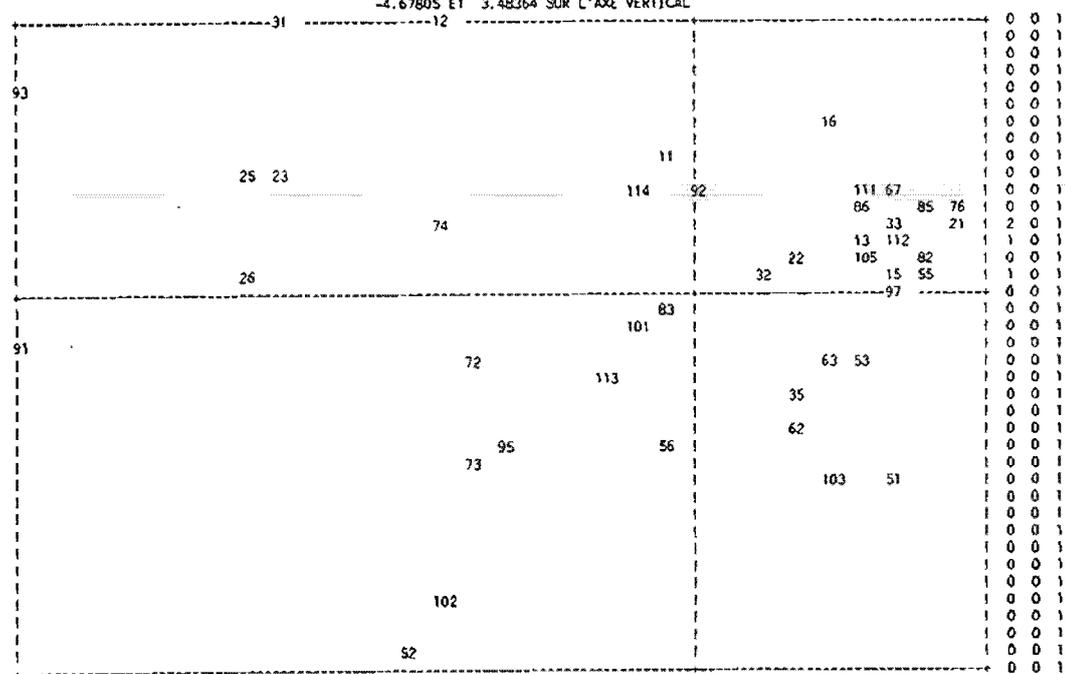
!	J1	Q1T	POD	INR	1#F	COR	CTR	2#F	COR	CTR	3#F	COR	CTR	
1	IRPR1	625	21	40	-616	379	80	317	100	29	-321	103	38	recette en riz et paddy 1er trimestre
2	IRPR2	610	21	40	-583	340	72	313	98	28	-301	91	34	" " " " " 2è "
3	IRPR3	702	21	40	-703	494	105	214	46	13	-355	126	47	" " " " " 3è "
4	IRPR4	762	21	40	-706	499	106	350	123	35	-370	137	51	" " " " " 4è "
5	PVR1	766	21	40	-493	243	51	-587	345	99	14	0	0	" " prod vgtx 1er "
6	PVR2	783	21	40	-180	32	7	-613	376	107	-204	42	16	" " " " " 2è "
7	PVR3	414	21	40	-328	108	23	-257	66	19	155	24	9	" " " " " 3è "
8	PVR4	625	21	40	-163	27	6	-594	353	101	-317	100	37	" " " " " 4è "
9	TRR1	791	21	40	-179	32	7	243	59	17	672	452	168	" " travail 1er "
10	TRR2	755	21	40	-255	65	14	52	3	1	708	501	186	" " " " " 2è "
11	TRR3	184	21	40	32	1	0	-20	0	0	378	143	53	" " " " " 3è "
12	TRR4	513	21	40	-52	3	1	365	133	38	380	145	54	" " " " " 4è "
13	BTR	702	21	40	-27	1	0	-685	469	134	-89	8	3	" " blé triticales
14	ANR	585	21	40	-387	150	32	-211	44	13	299	89	33	" " animaux
15	PAR	549	21	40	86	7	2	-574	330	94	-210	44	16	" " produits animaux
16	RPD	536	21	40	-507	257	54	26	1	0	266	71	26	dépense " riz et paddy
17	PVD	714	21	40	-420	176	37	-252	64	18	161	26	10	" " produits végétaux
18	AND	552	21	40	-680	463	98	264	70	20	-31	1	0	" " " animaux
19	INTD	612	21	40	-273	75	16	-645	416	119	323	104	39	" " intrants
20	INVD	669	21	40	-680	462	98	347	120	34	-58	3	1	" " investissement (matériel, foncier)
21	CRER	89	21	40	-105	11	2	223	50	14	-132	18	7	recette crédit
22	CRED	108	21	40	133	18	4	-159	25	7	-113	13	5	dépense crédit
23	TRD	633	21	40	-666	444	94	-381	145	42	-147	22	8	dépense travail
24	AUTR	618	21	40	-227	52	1	1	0	0	550	303	113	recette autres
25	AUTD	786	21	40	-618	381	81	-255	65	19	351	123	46	dépenses autres
!	!				1000			1000			1000			1000

Axe 1	Axe 2	Axe 3
rec. riz paddy	rec. pr. vgtx blé tr. orge pr. anx	Recettes travail et autres recettes
dép. anx. invest. travail	dépenses intrants	

Tableau 44.2 Représentation des individus sur les axes 1-2

1-AXE HORIZONTAL (-1) - AXE VERTICAL (-2) - LIMITE SUPR. DES TRANSACTIONS AU NIVEAU DE PERIODES DE REFERENCE RED/PEI-SUR

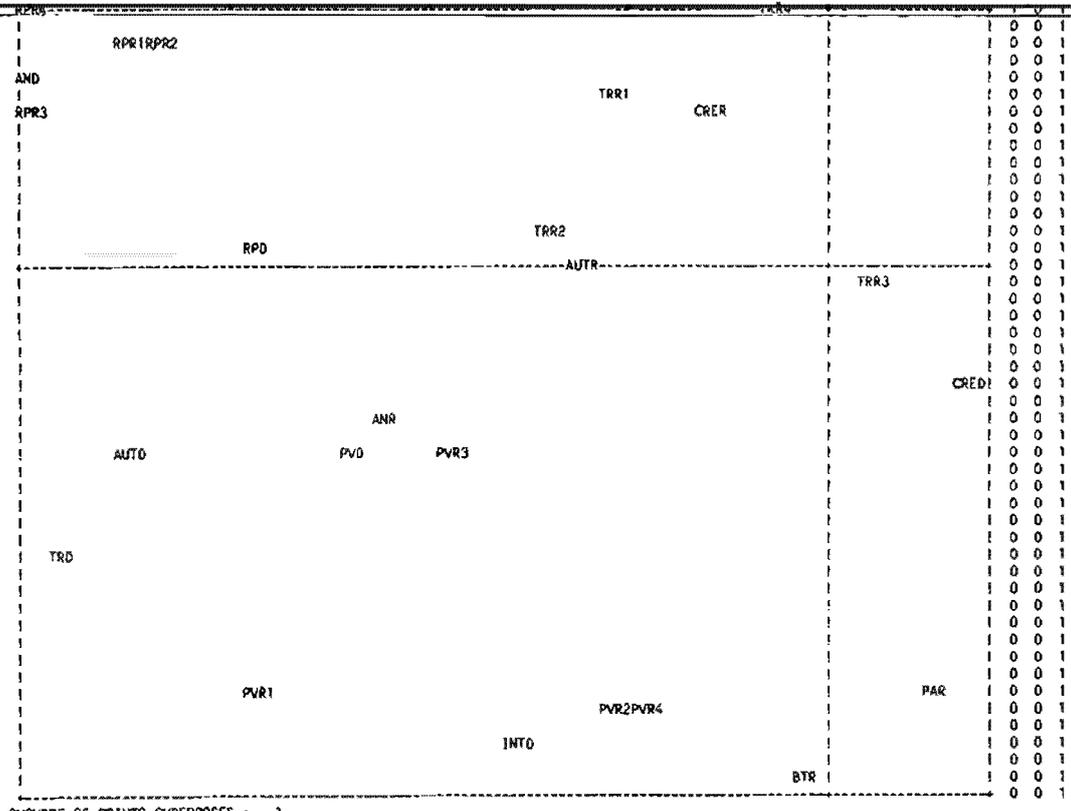
NOMBRE DE POINTS : 47 - LIMITES IMPOSEES : -5.43122 ET 2.31201 SUR L'AXE HORIZONTAL
 -4.67805 ET 3.48364 SUR L'AXE VERTICAL



NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 4: 36 (33) 84 (33) 106 (13) 65 (55)

Tableau 44.3 représentation des variables sur les axes 1-2

1 AXE HORIZONTAL(1)--AXE VERTICAL(2)--TITRE: SUIVI DES TRANSACTIONS AU NIVEAU DE FERMES DE REFERENCE R-D/PP1-ODR
 NOMBRE DE POINTS : 25 - LIMITES IMPOSEES : -.70649 ET .13261 SUR L'AXE HORIZONTAL
 -.68504 ET .36516 SUR L'AXE VERTICAL



ONOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 1

INVO(RPR4)

Tableau 52.1 Répartition de la main d'oeuvre familiale et de la main d'oeuvre salariée en fonction des zones de développement de l'ODR (enquête 1987-1988)¹ en % des rizières

	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	28	26	27	28	
sans apport	75	23	28	86	92	56	66	94	41	49	95	43	74	86	67
Main d'oeuvre familiale	5	65	46	9	8	16	22	4	52	28	3	54	22	7	24
Main d'oeuvre salariée	20	12	26	5	1	28	12	3	7	23	3	3	4	7	10

Tableau 52.2 Les types de transport de fumier par zone de développement (enquête 1987-1988) en % de rizières

	11	12	13	14	15	16	21	22	23	24	25	26	27	28	
sans F.O.	74	23	27	86	92	56	66	94	29	49	95		74	86	65
sobika	11	61	71	9	8	38	23	4	38	9	1		10	3	21
charrette	14	16	2	5	1	6	10	3	33	42	5		15	11	14

¹ Les zones de 11 à 16 se trouvent dans la CIRVA d'Ambositra, celles de 21 à 28 dans celle d'Antsirabe.
 11 Ambositra sud, 12 Fandriana Nord, 13 Fandriana Sud, 14 Soavina, 15 Ambatofandrahna, 16 Ambositra Nord;
 21 Antsirabe Sud, 22 Betafo Est, 23 Faratsiho, 24 Antanifotsy Sud, 25 Betafo Ouest, 26 Antanifotsy Nord, 27 Antsirabe Nord, 28 Antsirabe Centre. cf. carte des zones de développement