O.N.G. "TAFA"
TANy sy FAmpandrosoana
BP 266
Tél : 261 20 44 496 30
Fax 261 20 44 491 39
e-mail :

Ministère de la Recherche Scientifique

Centre National de Recherches
Appliquées au Développement Rural (FOFIFA)
Station Régionale de Recherches
BP 230
Tél : 216 20 44 480 54
ANTSIRABE

AMELIORATION DE LA FERTILITE PAR ECOBUAGE :

INFLUENCE DE LA NATURE DU COMBUSTIBLE SELON LE TYPE DE SOL DE TANETY 2002 N°2

CIRAD : ***MICHELLON R.***

TAFA : ***MOUSSA N.***
RAKOTONIAINA F.
ANDRIANASOLO H. M
FARAHANITRINIAINA J.C.
RAVELOMANARIVO A.
RAVONISON L.

FOFIFA : ***RAZAKAMIARAMANANA***

AMELIORATION DE LA FERTILITE PAR ECOBUAGE

Influence de la nature du combustible selon le type de sol de tanety

I. BUT

De par leur nature essentiellement ferrallitique, les sols des collines des Hautes Terres malgaches sont peu fertiles et fragiles. De plus, sous l'effet des basses températures, la matière organique évolue lentement et piège des éléments utiles pour les plantes (CHABANNE, SEGUY, et RAZAKAMIARAMANANA, 1996). La saturation des bas-fonds rizicoles et la forte pression démographique accélèrent la mise en culture des collines. Le sol soumis aux feux de brousse et aux labours successifs, subit une érosion intense qui ensable les rizières et détruit les aménagements.

Les techniques de semis direct sur couverture végétale (SDCV) aux intérêts multiples, contrôlent l'érosion, tout en améliorant la fertilité (RAKOTONDRALAMBO et RAZANAMPARANY, 1998). Cependant la progression des rendements est faible car les agriculteurs, préoccupés par leur survie à court terme, utilisent très peu de fumure.

Dans ces systèmes les rendements des cultures exigeantes stagnent aussi (KOBAMA, 1994 ; TAFA, 1995 et 1998 ; RAKOTONDRALAMBO, RAZANAMPARANY, MOUSSA, 1997 et 1998). L'écobuage, technique traditionnelle en altitude élevée (CHABANNE, SEGUY, RAZAKAMIARAMANANA, 1996 ; RAKOTONIAINA, 1998), permet d'y remédier surtout lorsqu'il est associé au SDCV (MICHELLON et al, 2000 ; MICHELLON et al, 2001 ; MICHELLON et al, 2002). Plutôt que de brûler la jachère *d'Aristida sp.* pour nettoyer le terrain, elle est conservée pour le paillage et enfouie dans des tranchées où elle assure une combustion lente. Aux combustibles disponibles dans la jachère : herbes desséchées, *Aristida sp.*, et branches *d'Acacia mearnsii*, s'ajoutent les pailles d'orge en zone volcanique ou les balles de riz.

Depuis 1998, ces matériaux associés au SDCV sont comparés dans une expérimentation pluriannuelle sur différents types de sol des Hautes Terres : ferrallitique ou volcanique (MICHELLON et al, 2001). L'effet des combustibles est évalué par rapport à 4 fumures modulées selon le type de sol et la culture. Le témoin est conduit en sol nu, après un labour avant le semis. Un autre traitement, comparable au témoin labouré, est réalisé avec apport initial de cendre provenant de la combustion en plein air de la même quantité d'*Aristida* que pour l'écobuage.

En première année, l'effet de l'écobuage est spectaculaire et conduit à une production de riz pluvial équivalente à celle que procure une forte fumure minérale, inaccessible financièrement aux agriculteurs (Figure 1). En moyenne sur les deux types de sol, le gain de rendement est de 1 à 2 $t.ha^{-1}$ de paddy selon le combustible par rapport au témoin labouré, sans interaction avec le niveau de fumure.

La nature du matériau influe sur la production : l'effet de la balle de riz est supérieur à celui des autres combustibles en sol ferrallitique.

Un apport de cendre provenant de la combustion en plein air d'une même quantité d'*Aristida* que pour l'écobuage conduit à une augmentation de rendement plus faible (0,5 t./ha^{-1} de riz en sol ferrallitique) ou serait sans effet (sol volcanique).

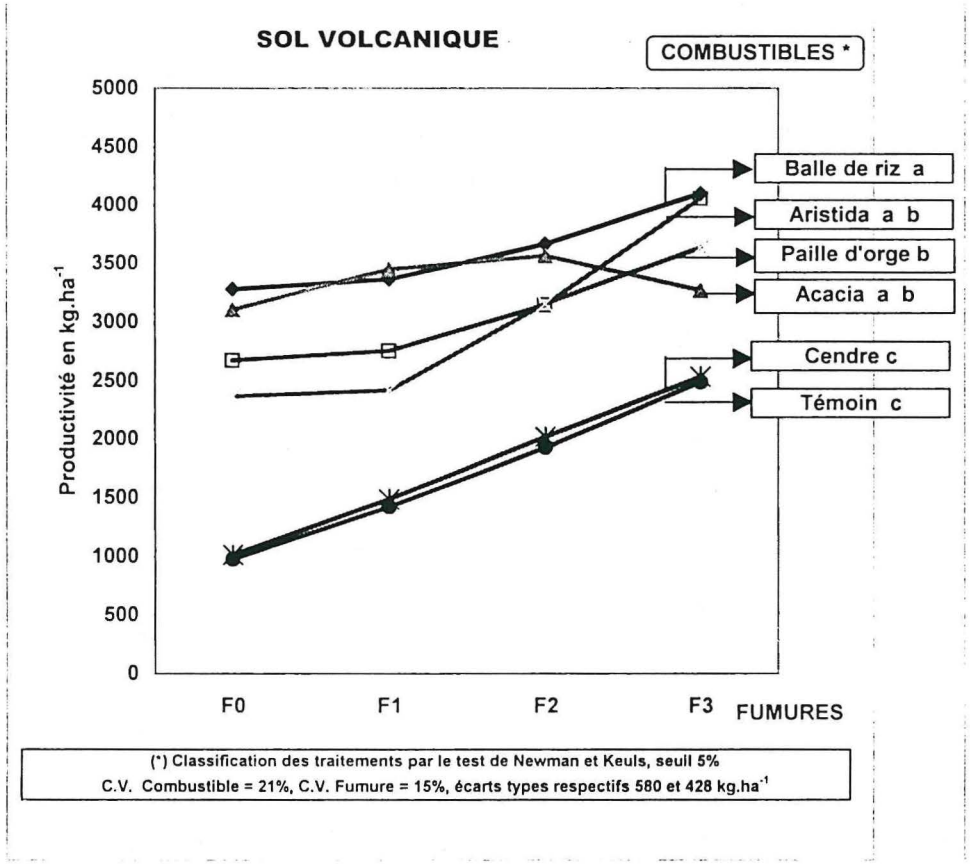
L'année suivante l'écobuage présente un arrière effet sur la production du soja, plus marqué en sol volcanique (Figure 2), et cette différence de maintient en troisième année sur riz sur ce terrain seulement.

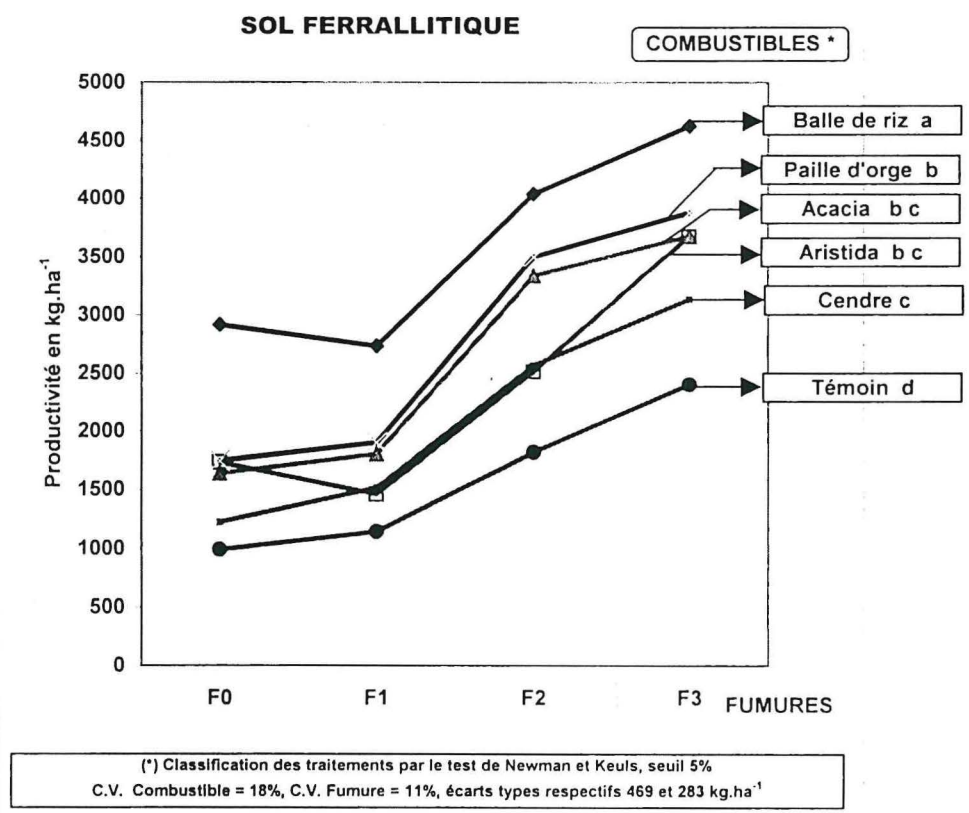
Au cours de l'écobuage, la combustion est lente car elle se déroule en atmosphère pauvre en oxygène et les températures restent modérées (NZILA, 1992). La majorité des éléments fertilisants du combustible est conservée dans le sol. De plus, sous l'effet de la chaleur, l'écobuage provoque une transformation du sol qui change d'aspect (couleur rouge brique) et de caractéristiques, avec une élévation du pH et une libération d'éléments minéraux (P, Ca, Mg, K) sous des formes plus disponibles pour les plantes (SEGUY, 1974). Associé au semis direct, l'ensemble des propriétés est amélioré (MICHELLON et al, 2002), permettant ainsi de construire des systèmes durables.

Dans cette fiche sont seulement rapportés les résultats relatifs à l'arrière effet, en quatrième année, des différents combustibles ou de la cendre.

Figure 1

INFLUENCE DE LA NATURE DU COMBUSTIBLE UTILISE POUR L'ECOBUAGE SUR LE RENDEMENT DU RIZ PLUVIAL

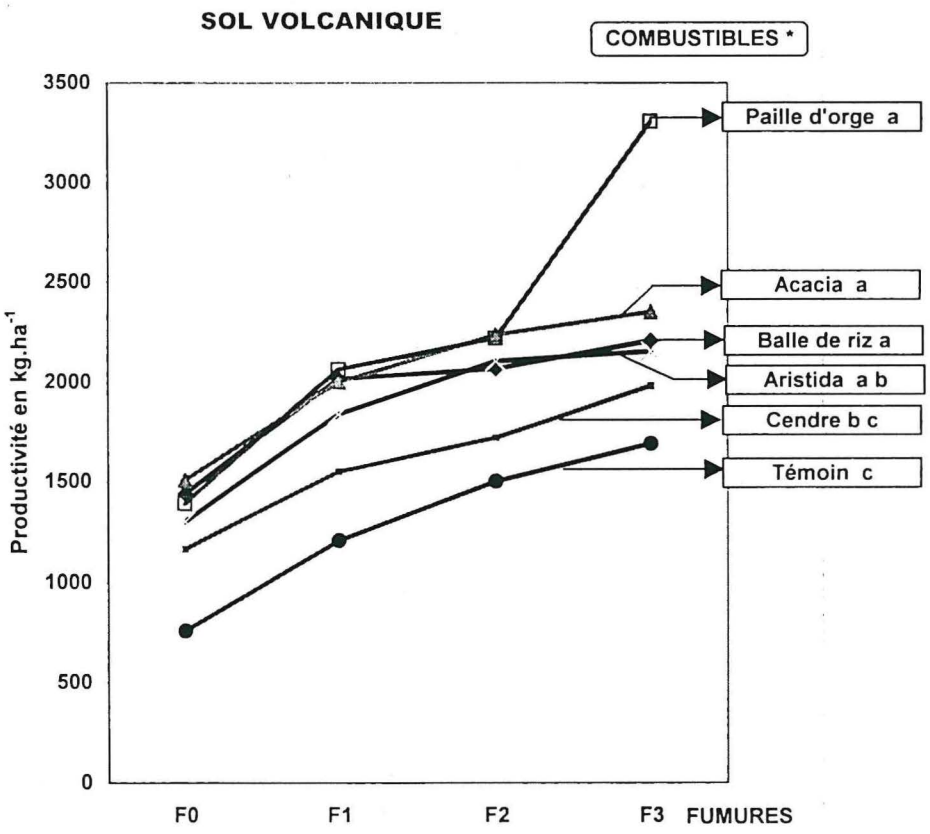




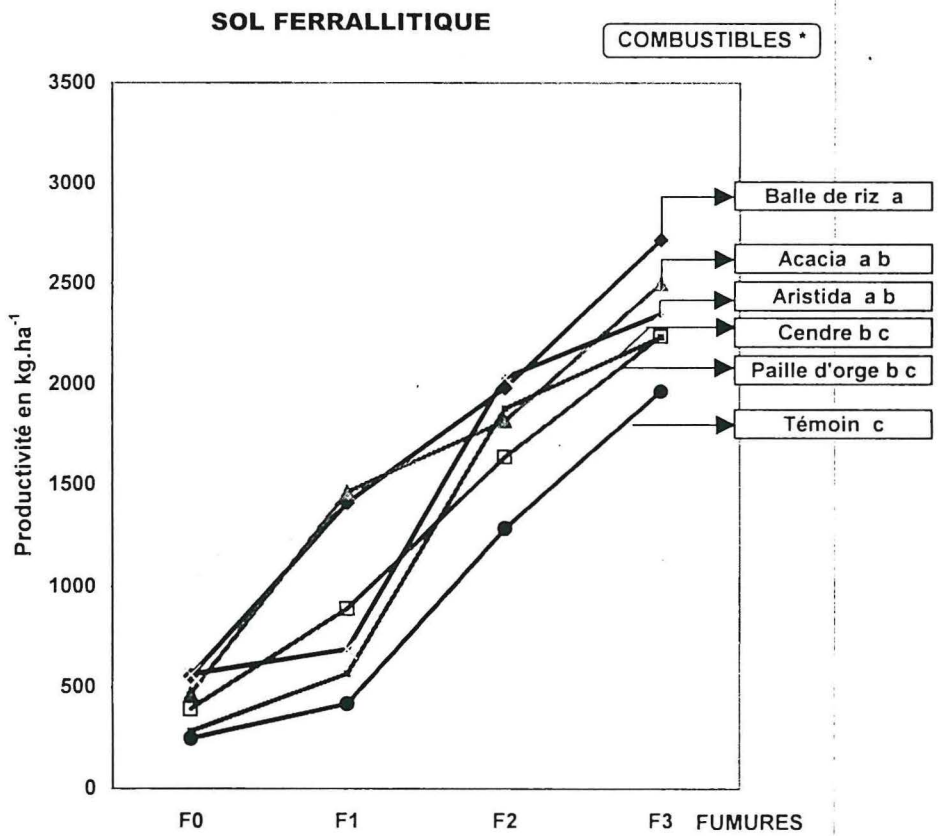
Dose de combustibles en $t.ha^{-1}$ dm: acacia 39, aristida 54, balle de riz 50, paille d'orge 19

Figure 2

ARRIERE EFFET DU COMBUSTIBLE UTILISE POUR L'ECOBUAGE SUR LE RENDEMENT DU SOJA



(*) Classification des traitements par le test de Newman et Keuls, seuil 5%
C.V. Combustible = 20%, C.V. Fumure = 19%, écarts types respectifs 372 et 342 kg.ha^{-1}



(*) Classification des traitements par le test de Newman et Keuls, seuil 5%
C.V. Combustible = 23%, C.V. Fumure = 34%, écarts types respectifs 319 et 468 kg.ha^{-1}

II. TRAITEMENTS

Ils portent sur l'arrière effet des différents combustibles pour l'écobuage, ou d'un apport de cendres, combinés avec quatre fumures (ajustées selon le type de sol ou la culture).

21. Combustibles

L'écobuage, comparé à un témoin non écobué conduit en sol nu après labour a été réalisé en 1998 avec:

- 60 t/ha de bozaka, *d'Aristida sp*
- 45 t/ha de mimosa, *Acacia mearnsii* + 10 t/ha de bozaka
- 55 t/ha de balle de riz + 20 t/ha de bozaka
- 20 t/ha de paille d'orge + 20 t/ha de bozaka.

Le brûlage est possible en hiver, lorsque les matériaux sont secs (90% de matière sèche) en les recouvrant d'*Aristida* (tableau 1). Les rameaux d'*Acacia*, d'un an au moins, nécessitent des tranchées de largeur suffisante (30 cm). Le choix d'un volume de combustible constant pour chaque traitement a fixé leur dose.

Un autre traitement non écobué, conduit en sol nu après labour comme le témoin, est réalisé avec apport localisé sur les lignes de semis de 4 t/ha de cendres provenant de la combustion de 60 t de bozaka (équivalent à la dose utilisée dans le traitement écobué avec du bozaka seul). Ce supplément de fumure n'est effectué qu'en première année, en 1998.

Un test est aussi réalisé à côté de la scierie d'Andranomanelatra avec 70 t/ha de copeaux de pin + 20 t/ha de bozaka.

Tous les traitements écobués sont conduits avec paillage du sol pour restituer la matière organique détruite lors de l'écobuage. Cette couverture a été renouvelée pendant deux cycles de culture comme dans l'expérimentation sur la fréquence de l'écobuage (MICHELLON et al, 2002)

Les pailles de bozaka *d'Aristida sp*. et les branches de mimosa, *Acacia mearnsii*, sont prélevées sur sol ferrallitique, car leur disponibilité est très faible en zone volcanique, d'où proviennent par contre les pailles d'orges, cultivées en contre saison.

Les balles de riz ont été décortiquées à partir du même lot de paddy dans une rizerie d'Antsirabe.

Tableau 1 : **Combustibles, en t.ha-1 de matière sèche**.

Traitement	Dose	Aristida ajouté
Acacia	39	9
Aristida	54	-
Balle de riz	50	18
Paille d'orge	19	18

22. Type de sol

Les sols sont choisis pour représenter des conditions très différenciées de fertilité sur les Hautes Terres:

- sol ferrallitique sur socle cristallin, à Ibity
- sol ferrallitique sur dépôt fluviolacustre, à Bemasoandro
- sol volcanique (andosol), à Betafo

23. Rotations

La rotation choisie est riz/soja.

24. Fumures

Quatre fumures sont combinées aux traitements précédents (tableau 2) et sont modulées selon le type de sol et la culture :

F0 : sans fumure
F1 : fumier seul
F2 : fumier + fumure minérale conseillée
F3 : fumier + fumure minérale forte (non limitante)

Tableau 2 : **Apports de fumier ou d'éléments fertilisants, en kg.ha-1**

Traitement	Fumure de base au semis		Complément sur riz (semis, 25 et 60 jours après)
	Sol volcanique	Sol ferrallitique	
F0 : sans fumure	Rien		-
F1 : fumier seul	Fumier de bovin : 5 000		-
F2 : fumier + fumure minérale	F1 + 20 N – 50 P_2O_5 – 30 K_2O – 180 CaO	F1 + 30 N – 70 P_2O_5 – 50 K_2O – 180 CaO	50 N
F3 : fumier + fumure minérale forte	F1 + 40 N – 90 P_2O_5 – 100 K_2O + 720 CaO tous les 3 ans	F1 + 50 N – 140 P_2O_5 – 100 K_2O + 720 CaO tous les 3 ans	90 N

Dans la pratique, ces fumures apportées sous forme d'urée, de phosphate d'ammoniaque, de KCl et de dolomie, comportent :

- Riz :

SOL	VOLCANIQUE	FERRALLITIQUE
F0 : Sans fumure	Rien	Rien
F1 : fumier seul	Fumier : 5 t/ha (bovin)	Fumier : 5 t/ha (bovin)
F2 : fumier + fumure minérale conseillée	Fumier 5 t/ha + phosphate d'ammoniaque 100 kg/ha + KCl 50 kg/ha + dolomie 500 kg/ha + apports de 50 kg/ha d'urée 25 et 60 jours après semis ** (60 N – 50 P_2O_5 – 30 K_2O – 180 CaO)	Fumier 5 t/ha + phosphate d'ammoniaque 150 kg/ha + KCl 80 kg/ha + dolomie 500 kg/ha + apports de 50 kg/ha d'urée 25 et 60 jours après semis ** (70 N – 70 P_2O_5 – 50 K_2O – 180 CaO)
F3 : fumier + fumure minérale conseillée + amendement minéral	Fumier 5 t/ha + urée 50 kg/ha + phosphate d'ammoniaque 200 kg/ha + KCl 160 kg/ha + (dolomie 2 t/ha *) + apports de 100 kg/ha et de 50 kg/ha d'urée respectivement 25 et 60 jours après semis ** (130 N – 90 P_2O_5 – 100 K_2O) + (720 CaO en 1998)	Fumier 5 t/ha + urée 50 kg/ha + phosphate d'ammoniaque 300 kg/ha + KCl 160 kg/ha + (dolomie 2 t/ha *) + apports de 100 kg/ha et de 50 kg/ha d'urée respectivement 25 et 60 jours après semis ** (150 N – 140 P_2O_5 – 100 K_2O) + (720 CaO en 1998)

* Apport de 2 t/ha de dolomie en première année (1998), puis renouvelé tous les trois ans
** L'apport d'azote en couverture 60 jours après le semis n'est réalisé que s'il est nécessaire

- Soja :

Les fumures sont identiques à celles du riz, sans compléments de fumure azotée au semis et en couverture.

SOL	VOLCANIQUE	FERRALLITIQUE
F0 : Sans fumure	Rien	Rien
F1 : fumier seul	Fumier : 5 t/ha (bovin)	Fumier : 5 t/ha (bovin)
F2 : fumier + fumure minérale conseillée	Fumier 5 t/ha + phosphate d'ammoniaque 100 kg/ha + KCl 50 kg/ha + dolomie 500 kg/ha (20 N – 50 P_2O_5 – 30 K_2O – 180 CaO)	Fumier 5 t/ha + phosphate d'ammoniaque 150 kg/ha + KCl 80 kg/ha + dolomie 500 kg/ha (30 N – 70 P_2O_5 – 50 K_2O – 180 CaO)
F3 : fumier + fumure minérale conseillée + amendement minéral	Fumier 5 t/ha + phosphate d'ammoniaque 200 kg/ha + KCl 160 kg/ha + dolomie 2 t/ha* (40 N – 90 P_2O_5 – 100 K_2O - 720 CaO)	Fumier 5 t/ha + phosphate d'ammoniaque 300 kg/ha + KCl 160 kg/ha + dolomie 2 t/ha* (50 N – 140 P_2O_5 – 100 K_2O - 720 CaO)

* Apport de 2 t/ha de dolomie en première année (1998), puis renouvelé tous les trois ans (2001).

III. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Dans les différents sites, les dispositifs expérimentaux sont identiques : split-splot (avec trois répétitions) qui combine :

- des traitements principaux constitués par les combustibles utilisés en 1998 pour l'écobuage
  - BOZAKA
  - MIMOSA*
  - BALLE DE RIZ*
  - PAILLE D'ORGE*

  comparés à deux traitements non écobués :
  - TEMOIN
  - CENDRE

  * avec un complément de bozaka, afin de permettre la combustion après avoir recouvert de terre

- subdivisés par des fumures, modulées selon les types de sol et les cultures
  - F0 : sans fumure
  - F1 : fumier seul
  - F2 : fumier + fumure minérale conseillée
  - F3 : fumier + fumure minérale forte (non limitante)

L'écobuage a été réalisé en 1998 dans des tranchées de 0,2 de profondeur sur 0,3 m de large, espacées de 0,5 m environ. Cette dimension est nécessaire pour disposer les branches de mimosa. Elle a été maintenue constante pour tous les combustibles.

Les parcelles principales comportent 8 tranchées écobuées, ou une largeur équivalente pour les témoins, soit 6,4 m, sur une longueur de 12,8 m, soit une surface de 82m². Les sous-parcelles ont une surface de 20,5 m² (6,4 m x 3,2 m).

Les parcelles observées portent sur des surfaces identiques pour le riz et le soja : 6 lignes jumelées à 0,3 m, espacées de 0,5 m (4,8 m), sur une longueur de 2,8 m, soit une surface de 13,5 m².

Outre les productions parcellaires, les composantes du rendement sont évaluées :

- Pour le soja : sur la totalité de la parcelle en ce qui concerne la densité. L'estimation parcellaire du nombre de gousses est réalisée sur 100 plantes et celle du nombre et du poids des grains sur 200 gousses.
- Pour le riz : densité, tallage, fertilité et poids des grains sont évalués sur trois échantillons linéaires comportant 4 poquets consécutifs chacun (soit au total 1 m² environ) et 10 panicules dans chacun des échantillons. Pour évaluer l'effet de l'écobuage sur la faune du sol, des prélèvements sont réalisés sur des parcelles rajoutées à cet effet dans chaque bloc (TEMOIN et BOZAKA, avec fumure F2).

IV. CONDITIONS DE REALISATIONS :

Les recherches thématiques d'ajustement des techniques agrobiologiques sont conduites dans les mêmes conditions et sur les mêmes terrains que les systèmes de culture pérennisés en semis direct à base de couvertures végétales (S.C.V.) mis en place par "TAFA" depuis 1991 ou 1995. Situés sur les Hautes Terres, vers 1500 mètres d'altitude, ils représentent les situations pédoclimatiques extrêmes et moyennes de la zone :

EMPLACEMENT	BETAFO	BEMASOANDRO	IBITY
SOL	ANDOSOL (volcanique)	FERRALLITIQUE sur dépôt fluviolacustre	FERRALLITIQUE sur socle cristallin
Caractéristiques chimiques	Témoin voisin dans cette zone surpeuplée cultivé en haricot (avec labour et apport de fumier seulement) : moyennement acide (pH eau de 6,0 à 6,3), riche en matière organique (MO=13 à 15%, N_t=4 pour mille, C_t=8%, C/N=20), riche en phosphore total (P total 2600 à 2700 ppm) mais bloqué (P Olsen=7 à 9 ppm), pauvre en Ca (2 à 4 me/100g), Mg (0,9 à 1,5 me/100g K (0,03 à 0,08 me/100g) avec une CEC de 7 à 11 me/100g et un taux de saturation de 50 %	Terrain proche de la ferme d'ANDRANOMANELATRA où le sol d'origine (bozaka) est acide (pH eau=4,9 à 5,1), pauvre en matière organique (M.O.=4 à 8 %, Nt=1,2 à 2,3 pour mille, C_t=2,2 à 3,9%, C/N=17 à 18), très pauvre en P (P Olsen=1,2 ppm, sur un total P total=630 ppm), Ca (0,01 à 0,1 me/100g), Mg (0,1 à 0,2 me/100), K (0,07 à 0,3 me/100g), avec une CEC de 4 à 6 me/100g et dé-saturé (V=4 à 15%)	Sol d'origine (bozaka) acide (pH eau=4,8 à 5,2), pauvre en matière organique (M.O.=3 à 4%, Nt=1 à 1,1 pour mille, Ct=1,8 à 2,2%, C/N=19 à 22), très pauvre en P (P Olsen =1,3 à 2,7 ppm sur un total P total = 220 ppm), Ca (0,01 me/100g), Mg (0,03 à 0,05me/100g), K (0,06 me/100g), avec une CEC de 1,1 me/100g et dé-saturé (V=17 à 18%)

L'écobuage a été réalisé en 1998 dans des tranchées de 0,2 m de profondeur environ sur 0,3 m de large, espacées respectivement de 0,5 m. Il est pratiqué directement dans la jachère après sa fauche sur les deux sites en sol ferrallitique (Bemasoandro ou Ibity), ou après labour suivant des cultures vivrières en sol volcanique (Betafo).

Pour le BOZAKA, la paille sèche est disposée longitudinalement dans la tranchée, tassée et recouverte avec la terre latérale (10 à 15 cm d'épaisseur environ), en laissant des zones non recouvertes tous les mètres. Ce sont ces "cheminées" qui permettent le tirage lors de la combustion lente de la paille. Après avoir allumé, la surveillance doit être constante car le feu couve sous la terre pendant 24 heures. (12 à 48 heures selon le tirage et le combustible). Avant de finir de reboucher la tranchée, bien s'assurer que toute la paille est effectivement brûlée.

Pour les besoins de l'expérimentation, les pailles de bozaka (*Aristida sp*) utilisées en terrain volcanique surpeuplé (Betafo) proviennent d'Andranomanelatra (Bemasoandro). A Ibity, elles sont prélevées sur place car elles y sont disponibles en grande quantité. Elles sont coupées en fin de saison fraîche, séchées au soleil et mises en bottes standardisées avant leur utilisation pour l'écobuage ou le paillage (prix payé : 250 FMG par botte de 10 kg).

Les branches de MIMOSA, *Acacia mearnsii*, utilisées pour l'écobuage, ne sont pas très développées (moins de 2 à 3 cm de diamètre). Cette espèce australienne introduite est exploitée très intensivement sur les Hautes Terres : tuteurs, fagots, ... et surtout pour la production de cendres, ou "laro", obtenues dans des fours traditionnels (creusés dans le sol et garnis de pierres). La cendre est utilisée pour la fabrication du savon artisanal, ou mêlée au tabac en poudre. Dans ce genre, beaucoup de plantes ont aussi été sélectionnées et cultivées dans les régions chaudes (Asie, ...) comme espèces améliorantes ("engrais vert"), arbres d'ombrage (thé, café, quinquina, ...), combustibles, bois de construction ou pour la production de tanins, ...

Pour l'écobuage, les branches de mimosa sont, après quelques jours de séchage, arrangés au fond de tranchées (avec leur feuillage), et recouvertes de bozaka qui constitue un paillage dense. Il permet de conserver une aération dans la tranchée recouverte de terre lors du brûlage.

Comme pour le bozaka, les branches de mimosa utilisées à Betafo proviennent d'Andranomanelatra (prix payé : 17.000 FMG par charrette livrée).

Pour permettre la combustion de la BALLE DE RIZ, deux couches de paille de bozaka sont disposées longitudinalement dans les tranchées (une dessus et une dessous). A chaque cheminée une mèche de bozaka est ajoutée perpendiculairement pour relier la couche du fond à l'air libre. Le transport de la balle de riz est réalisé en sac (prix payé 625 FMG par gros sac de près de 20 kg).

Le même arrangement est réalisé avec du bozaka dans les tranchées avec la PAILLE D'ORGE provenant de Betafo (prix payé : 10.000 FMG par charrette de 150 kg environ, livré), ainsi que les COPEAUX DE PIN, utilisés seulement dans un test à Bemasoandro (prix payé : 100 FMG par sac de 18 kg environ).

La CENDRE est obtenue en brûlant sur des tôles métalliques une quantité de bozaka équivalente à celle utilisée pour l'écobuage. Elle est localisée sur les lignes de semis, comme le fumier et les engrais minéraux.

Les parcelles TEMOIN et CENDRE sont conduites en sol nu après labour avant le début du cycle, et celles écobuées en semis direct avec un paillage annuel (*Aristid*a 7 t.ha-1) pendant les 3 premiers cycle.

L'itinéraire technique suivi pour la culture du soja en 2001-2002 est donné dans le tableau suivant :

EMPLACEMENT	BETAFO	BEMASOANDRO	IBITY
SOL	VOLCANIQUE	**FERRALLITIQUE sur dépôt fluviolacustre**	**FERRALLITIQUE sur socle cristallin**
Précédent cultural	Riz après la première rotation riz/soja de cet essai, avec conservation des résidus de récolte		
Préparation du terrain	- Sol non écobué : labour à l'angady - Après écobuage : désherbage manuel		
Date de semis	3 au 5/12/01	27 au 29/11/01	22 au 24/11/01
Variété	FT 10		
Traitement des semences	Par voie humide avec 5 g/kg de Gaucho T 45 WS (1,75 g/kg d'imidachlorpide + 0,5 g/kg de thirame), puis inoculation avec le rhizobium spécifique (TIKO)		
Densité	Semis de trois graines par poquet distants de 0,1 m sur des lignes jumelées à 0,3 m espacées de 0,5 m		
Entretien	Sarclage à l'angady sur labour et désherbage manuel du semis direct les :		
	15/12/01	22/12/01, 28/01et 28/02/02	26/01/02
Protection phytosanitaire	Traitement insecticide contre une chenille défoliatrice : *Pyrameïs cordui*, avec 7,5 g/ha de lambda - cyhalothrine (0,15 l/ha de Karate 5 EC) entre le 16 et le 24/01/02, puis 1 mois plus tard		
Récolte	22 au 24/04/02	4 au 8/08/02	15 au 17/04/02

V. CLIMAT

Le climat de la région du Vakinankaratra est du type tropical d'altitude humide. Il est caractérisé par deux saisons :

- pluvieuse et chaude d'octobre à avril, avec des chutes de grêle fréquentes
- sèche et fraîche de mai à septembre, avec des risques de gel.

La pluviométrie moyenne est de 1300 mm dans la zone concernée par les expérimentations (FTM, RGR, IREDEC, ODR, 1997).

La campagne a été caractérisée par des périodes de sécheresse en novembre, décembre et en janvier. Sur les trois sites d'expérimentation, les précipitations (en mm) sont de :

5.2.1 : Betafo

Mois	Première décade	Deuxième décade	Troisième décade	Total
Octobre 2001	34	51	0	85
Novembre	0	0	26	26
Décembre	71	43	100	214
Janvier 2002	125	5	85	215
Février	0	30	156	186
Mars	45	55	35	135
Avril	79	28	33	140

522. Bemasoandro

Mois	Première décade	Deuxième décade	Troisième décade	Total
Octobre 2001	0	20	10	38
Novembre	19	25	0	44
Décembre	20	8	144	172
Janvier 2002	110	38	31	179
Février	148	142	190	480
Mars	56	142	13	211
Avril	9	9	7	25

523. Ibity

Mois	Première décade	Deuxième décade	Troisième décade	Total
Octobre 2001	20	110	5	135
Novembre	110	180	3	293
Décembre	163	103	194	460
Janvier 2002	65	19	245	329
Février	219	150	164	533
Mars	190	89	0	279
Avril	105	55	0	160

VI. RESULTATS

61. Caractéristiques des combustibles

Les combustibles utilisés pour l'écobuage en 1998 étaient très secs (tableau 3)

Combustibles ou résidu	Pourcentage de matière sèche (MS)	Eléments minéraux en g par kg de M.S.						
		Cendres	N	P	K	Ca	Mg	Si
BOZAKA	90,5	62,8	6,1	0,4	3,5	0,8	0,2	24,1
CENDRE (bozaka)	80,8	941,0	1,2	1,4	13,7	3,5	1,6	10,4
MIMOSA	89,3	20,5	12,2	0,4	4,1	3,3	0,9	<0,13
BALLE DE RIZ	89,6	253,0	3,7	0,4	3,4	0,7	0,4	39,4
PAILLE D'ORGE	89,5	93,4	4,9	0,6	13,4	3,6	1,5	24,2
COPEAUX DE PIN	88,9	2,5	0,5	0,1	0,5	0,7	0,1	<0,13

Tableau 2 : **Résultats d'analyses minérales des combustibles et cendres (MS à 105 °C)**

Les compositions chimiques sont très différentes selon les espèces :
- mimosa, *Acacia mearnsii*, riche en azote et en calcium
- bozaka *d'Aristida* sp., riche en silice, comme la paille d'orge qui est cultivée en sol volcanique et présente des teneurs élevées en potassium et calcium
- la balle de riz : très riche en silicium et en cendres.

Lors de l'écobuage, la combustion de la balle de riz était plus longue (2 jours), supérieure à celles des graminées : paille d'orge (1,5 jours) et bozaka (1 jour dans les conditions de cet essai). Les combustibles très lignifiés : mimosa et copeaux de pin, ont brûlé beaucoup plus vite (0,5 jours).

Nous pouvons estimer les quantités d'éléments fertilisants apportés par chaque combustible utilisé pour l'écobuage, ainsi que ceux correspondants à un apport de cendre ou à un paillage (tableau 3).

Nous constatons qu'il existe une grande différence entre les estimations des quantités d'éléments fertilisants apportées par le bozaka (60 t/ha) et de la cendre de bozaka (4 t/ha de cendre provenant de la combustion au bord du champ de 60 t de bozaka).

Technique utilisée	Traitement	Quantité de matériaux en t/ha	Cendres correspondantes en t/ha	Quantités d'éléments fertilisants correspondants en kg/ha					
				N	P2O5	K2O	CaO	MgO	SiO2
Ecobuage	BOZAKA	Bozaka : 60	3,4	331	50	228	61	18	2 800
	MIMOSA	Mimosa : 45 + bozaka : 10	0,8 + 0,6	526	44	228	137	61	470*
	BALLE DE RIZ	Balle de riz : 55 + bozaka : 20	12,8+ 1,1	297	63	282	70	39	5 180
	PAILLE D'ORGE	Paille d'orge : 20 + bozaka : 20	1,7 + 1,1	202	42	375	114	52	1 900
	COPEAUX DE PIN	Copeaux de pin : 70 + bozaka : 20	0,2 + 1,1	142*	31	113*	81	16	950*
Apport de cendres	CENDRE (BOZAKA)	Cendre 4 (donné par bozaka 60)	3,2	4	10	53	16	9	70
Paillage	Paillage	Bozaka : 10	0,6	55	8	38	10	3	470

Tableau 3 : **Quantités d'éléments fertilisants correspondants aux différents traitements**

* provenant principalement du bozaka

Lors de la combustion du bozaka en plein air, les températures sont très élevées (900 à 1000°C) et la plupart des éléments fertilisants sont perdus par volatilisation (MICHELLON et al, 1999 n°2 ; LEGIER, 2000).

NZILA (1992) a pu enregistrer les températures dans le sol au cours de l'écobuage grâce à des sondes thermoélectriques ou thermocouples. Contrairement à ce qui se passe pendant les feux de brousse ou le brûlis forestier classique, la combustion est lente au cours de l'écobuage, car le combustible est enfoui. Cette combustion se déroule en atmosphère pauvre en oxygène et il faut attendre au moins 3 jours pour que la température dans le billon redevienne normale. La combustion n'est pas uniforme et diverses zones isothermes apparaissent dans les billons écobués (tableau 4).

Localisation de la zone	**Aspect après l'écobuage**	**Températures maximales enregistrées**
Surface du billon	Même aspect que le sol initial	95 à 155 °C
Intérieur du billon	Couleur noire	220 à 305°C
	Couleur rouge brique (terre cuite)	323 à 418°C

Tableau 4 : **Température enregistrées dans un billon écobué (d'après NZILA, 1992)**

Pendant l'écobuage les températures atteintes restent modérées et nous pouvons supposer que la majeure partie des éléments fertilisants apportés par les combustibles est conservée dans le sol. Par contre les mêmes matériaux brûlés en tas, en plein air, vont subir des températures plus élevées et perdre leurs éléments par volatilisation, comme dans le cas du bozaka (tableau 3).

621. Arrière-effet des différents combustibles sur le soja en 2001-2002

Pour le témoin après labour, les productions de soja sont équivalentes à celles obtenues dans la même expérimentation au cours de la campagne 1999-2000 dont la pluviométrie totale était voisine (1200 mm). Seuls les rendements des traitements ne recevant pas de fumure (F0) diminuent sensiblement (tableau 5 à 7).

En sol volcanique à forte densité de population (Betafo), les jachères sont rares et les parcelles sont labourées annuellement. L'apport de fumier, facteur limitant dans les exploitations, est primordial sur le rendement des cultures (MICHELLON, 1996 ; BOURGUIGNON et al, 1996) : 5 tonnes par ha seulement conduisent à un doublement du rendement (entre F0 et F1 pour le témoin labouré). La gestion du sol en semis direct avec conservation des résidus de culture a un effet comparable à celui d'un apport de fumier.

Les traitements en semis direct ont été écobués il y a 4 ans avec différents combustibles. Dans l'expérimentation sur l'intensité et la fréquence de l'écobuage mise en place un an plus tôt et conduite dans des conditions identiques, nous avons montré qu'en quatrième année l'arrière effet de l'écobuage avec le bozaka, *Aristida sp.*, n'est pas significatif (MICHELLON et al, 2001 n°2). Les différents combustibles, en particulier la paille d'orge disponible sur place, présentent des arrières effets comparables (figure 3).

La conduite du soja en semis direct avec conservation des résidus de culture conduit à des rendements supérieurs à la pratique avec labour.

L'apport initial de cendre, provenant de la même quantité de paille de bozaka que pour l'écobuage permettrait d'atténuer les conséquences néfastes du labour.

Combustible	F0	F1	F2	F3	Moyenne
PAILLE D'ORGE	1068	1430	1764	2071	1583 a
BALLE DE RIZ	1072	1563	1742	1890	1567 a
MIMOSA	1010	1456	1659	1911	1509 a
BOZAKA	864	1477	1719	2076	1534 a
CENDRE	829	1267	1726	1727	1387 ab
TEMOIN avec labour	592	1131	1541	1713	1244 b
Moyenne	**906 z**	**1388 y**	**1692 x**	**1898 x**	**1741**

Tableau 5 : **Arrière-effet du combustible utilisé pour l'écobuage sur le rendement du soja en sol volcanique (Betafo), en kg de grain par ha**

Les effets des combustibles et des fumures sont significatifs au seuil 1% (C.V. respectifs de 12 et 19 % , écarts types respectifs 177 et 292 kg/ha), mais leur interaction ne l'est pas. Selon le test de Newman et Keuls, les rendements affectés de lettres identiques ne sont pas différents au seuil 5%.

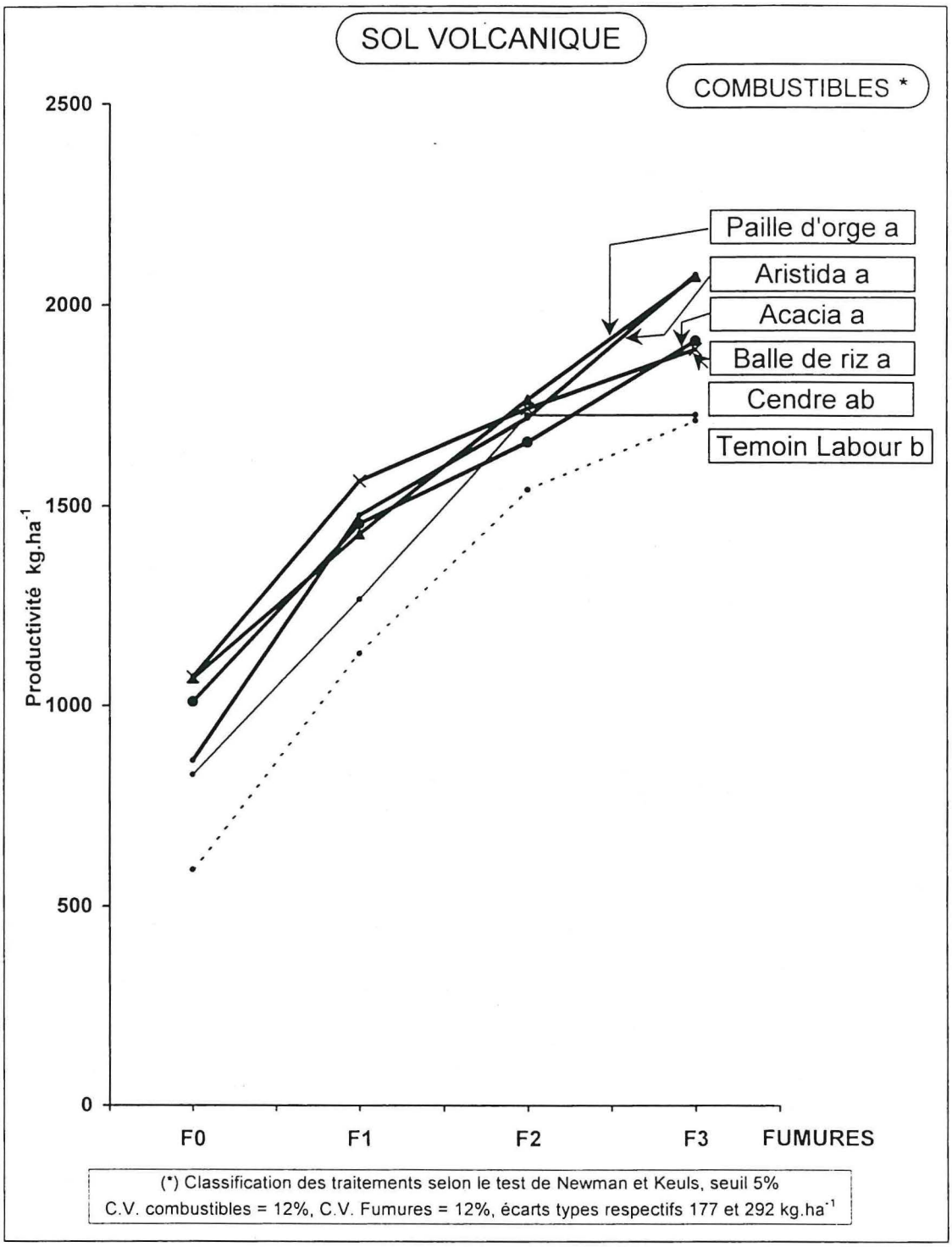
En sol ferrallitique sur dépôt fluviolacustre (Bemasoandro), l'essai a été mis en place dans une zone de cinérites. Ces alluvions lacustres stratifiées composées d'argiles kaoliniques et de cendres volcaniques s'avèrent peu fertiles.

Quatre ans après la reprise de la jachère, la culture du soja après labour n'est plus possible sur ce terrain légèrement pentu (bas de pente convexe) sans une fumure minérale (figure 4). Un apport initial de cendre ne permet pas d'y remédier.

Nous avons montré que l'arrière effet de l'écobuage avec la paille de bozaka, (*Aristida sp.*) n'est plus significatif après 4 ans (MICHELLON et al, 2001 n°2). Le test conduit dans des conditions identiques à l'expérimentation sur les combustibles le confirme (tableau 6) : le semis direct avec écobuage initial, avec différentes biomasses (balle de riz, paille d'orge, *Acacia mearnsii*, *Aristida sp.*), ou sans écobuage conduit à des productions identiques après 4 ans.

Elles sont nettement supérieures à celles obtenues sur le témoin après labour.

Figure 3: Arrière effet du combustible utilisé pour l'écobuage en semis direct sur le rendement du soja



Combustible	F0	F1	F2	F3	Moyenne
PAILLE D'ORGE	233 fghi	646 defg	1740 a	1645 ab	1066 AB
BALLE DE RIZ	401 efghi	782 cdef	1860 a	1790 a	1208 A
MIMOSA	228 fghi	599 defgh	1632 ab	1465 ab	981 B
BOZAKA	232 fghi	604 defgh	1644 ab	1924 a	1101 AB
CENDRE	18 i	96 ghi	790 cdef	1020 cd	481 C
TEMOIN AVEC LABOUR	37 hi	199 ghi	868 cde	1221 bc	581 C
Moyenne	**192 Z**	**488 Y**	**1422 X**	**1511 X**	**903**
Semis direct sans écobuage (test)	**(318)**	**(624)**	**(1624)**	**(1755)**	**(1080)**

Tableau 6 : **Arrière-effet du combustible utilisé pour l'écobuage sur le rendement du soja en sol ferrallitique sur dépôt fluviolacustre (Bemasoandro), en kg de grain par ha**

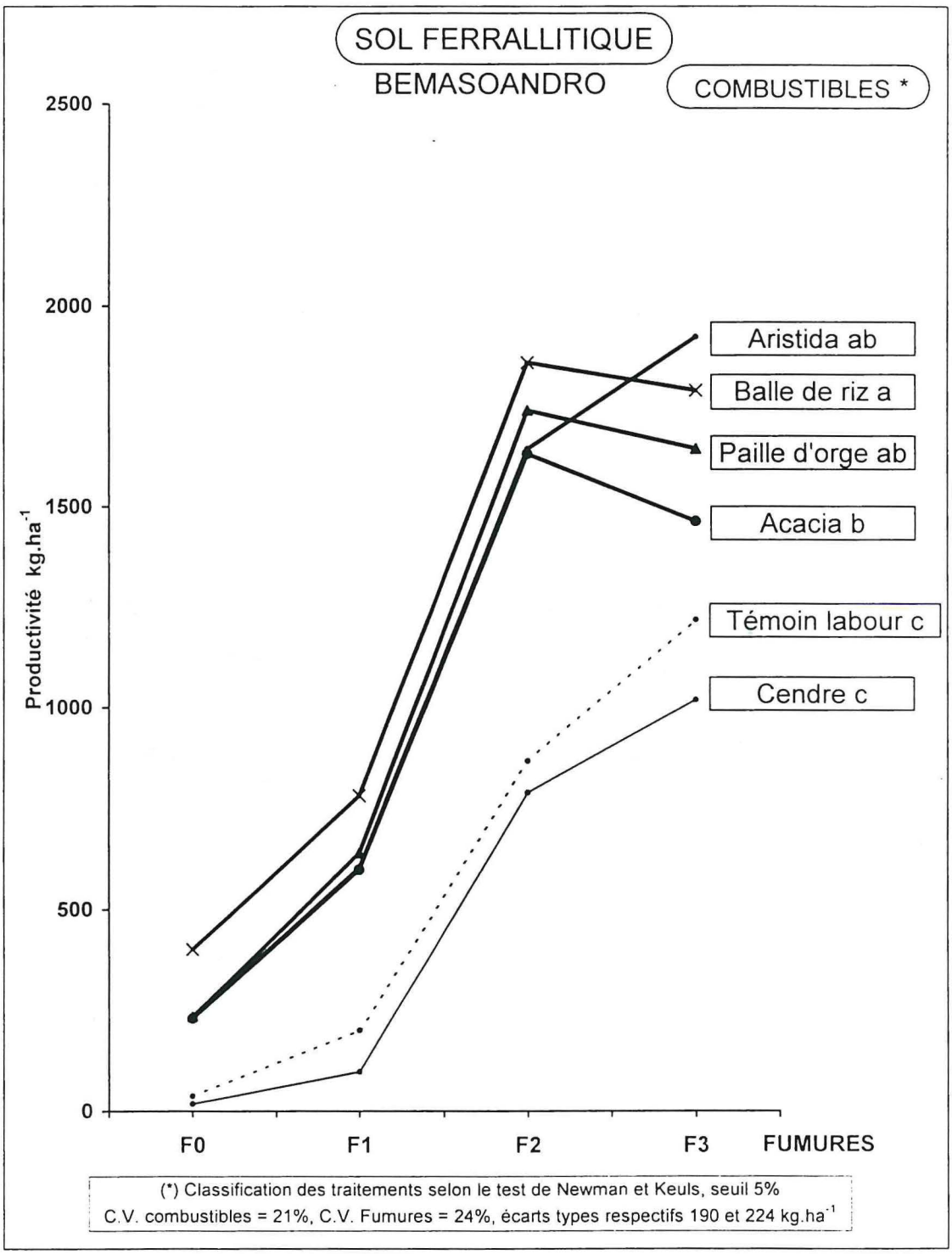
Les effets des combustibles et des fumures sont significatifs au seuil 1 % (C.V. respectifs de 21 et 24 %, écarts types respectifs 190 et 224 kg/ha), ainsi que leur interaction au seuil 5 %. Selon le test de Newman et Keuls, les rendements affectés de lettres identiques ne diffèrent pas au seuil 5%.

Combustible	F0	F1	F2	F3	Moyenne
PAILLE D'ORGE	398	1373	1833	2175	1445 a
BALLE DE RIZ	454	1338	1800	2222	1453 a
MIMOSA	352	1165	1754	2183	1364 a
BOZAKA	295	1048	1875	2129	1337 a
CENDRE	253	605	1954	1696	1127 b
TEMOIN avec labour	155	633	1565	1827	1045 b
Moyenne	**318 z**	**1027 y**	**1797 x**	**2039 v**	**1295**
Semis direct sans écobuage (test)	**(563)**	**(1431)**	**(2119)**	**(1830)**	**(1486)**

Tableau 7 : **Arrière-effet du combustible utilisé pour l'écobuage sur le rendement du soja en sol ferrallitique sur socle cristallin (Ibity), en kg de grain par ha**

Les effets des combustibles et des fumures sont significatifs au seuil 1% (C.V. respectifs de 15 et 15 %, écarts types respectifs 201 et 199 kg/ha), mais leur interaction ne l'est pas.
Selon le test de Newman et Keuls, les rendements affectés de lettres identiques ne sont pas différents au seuil 5%.

Figure 4: Arrière effet du combustible utilisé pour l'écobuage en semis direct sur le rendement du soja



Nous observons les mêmes résultats (figure 5) sur l'autre sol ferrallitique sur socle cristallin (Ibity) avec une dégradation significative, mais moins rapide, du sol labouré car le terrain est plat et aménagé (lignes antiérosives, très peu fréquentes sur les Hautes Terres).

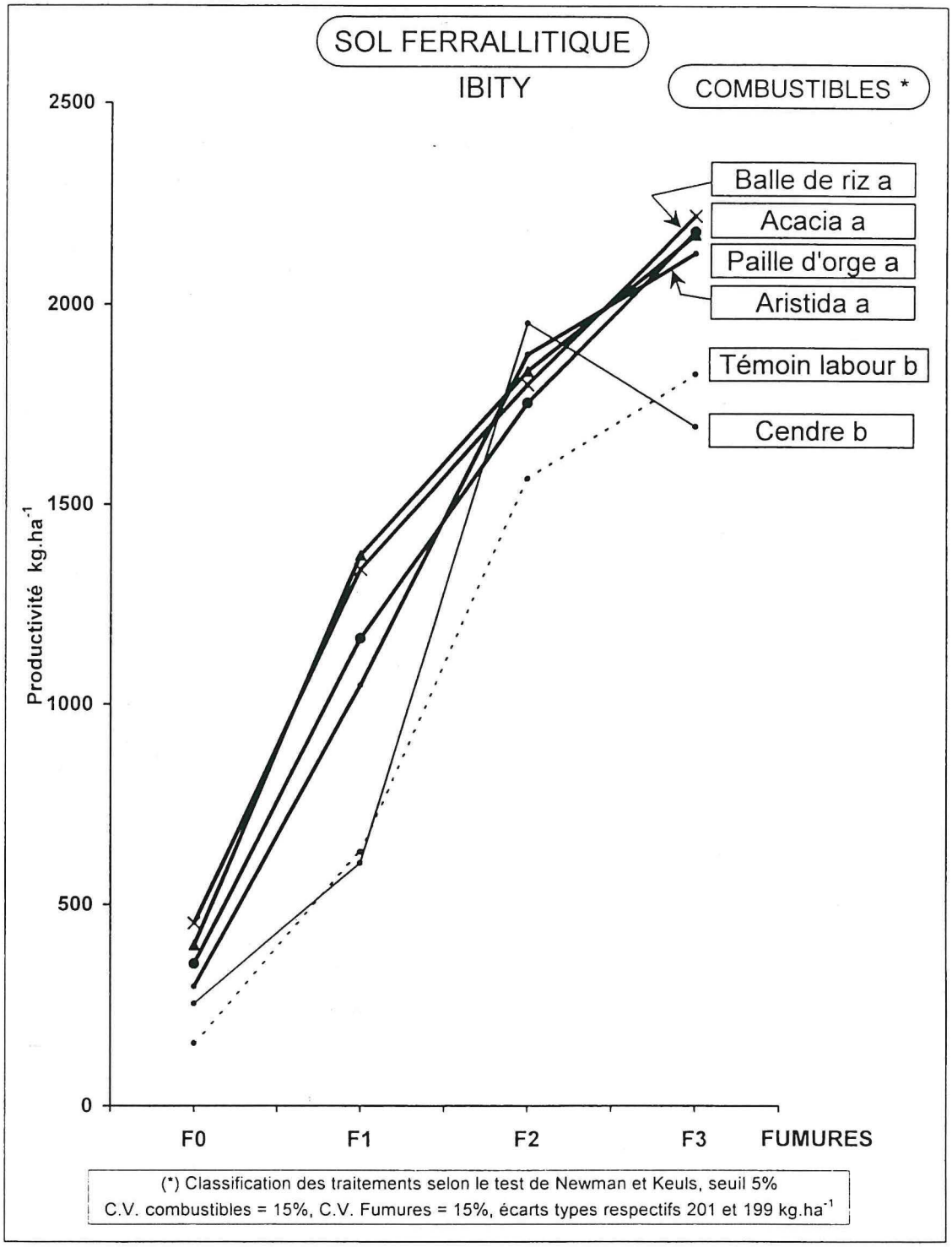
Par contre, si cette topographie limite l'érosion, elle conduit cependant, si le sol est compacté, à son engorgement en année pluvieuse. Nous avons rencontré ce problème chez le riz en 2000-2001, dans cet essai (MICHELLON et al, 2001 n°3), ainsi que dans l'expérimentation sur le traitement des semences à Andranomanelatra (MICHELLON et al, 2001 n°1). Nous avons alors conseillé de réaliser un décompactage biologique en incluant une plante à enracinement puissant dans la rotation telle que la crotalaire, *Crotalaria grahamiana*. Celle-ci peut être associée au maïs, sans affecter sa production (SEGUY et al, 2000) ; RAKOTONDRALAMBO et al, 2001 ; RAZANAMPARANY et al, 2001). Elle constitue un excellent précédent pour la culture du riz pluvial en semis direct, le riz étant particulièrement exigeant en matière de macroporosité du sol (RAKOTONDRALAMBO, RAZANAMPARANY, 1998).

Conduit dans des conditions similaires à celles des essais d'écobuage, la production du soja associé à la crotalaire en semis direct apparaît équivalente à celle du témoin après labour (tableau 8). Cette culture est relativement plastique : la réduction de sa densité (remplacement d'une ligne sur 3 par la crotalaire en semis direct) est compensé par l'augmentation du nombre de gousses par plante (annexe 4).

Emplacement	**Andranomanelatra**	**Ibity**
Variété de soja	**Cometa**	**FT 10**
Témoin avec labour en culture pure	1140	1349
Semis direct en association avec la crotalaire	1268	1416

Tableau 8 : **Rendement du soja selon le mode de gestion du sol et de la culture, en kg de grains par ha**

Figure 5: Arrière effet du combustible utilisé pour l'écobuage en semis direct sur le rendement du soja



VII. CONCLUSIONS

Sur les Hautes Terres de Madagascar, la pression démographique et la saturation des bas-fonds rizicoles accélèrent la mise en culture des collines aux sols fragiles et peu fertiles. Les fumures étant limitées, les rendements restent faibles, tandis que l'érosion ensable les rizières et détruit les aménagements.

Le semis direct sur une couverture végétale permet d'y remédier, en particulier lorsqu'il est associé à l'écobuage, technique traditionnelle en altitude élevée. Plutôt que de brûler la jachère *d'Aristida sp.* pour nettoyer le terrain, elle est conservée pour le paillage et enfouie dans des tranchées largement espacées où elle assure une combustion lente. Aux combustibles disponibles dans la jachère : herbes desséchées, *Aristida sp.*, et branches *d'Acacia mearnsii*, s'ajoutent les pailles d'orge en zone volcanique ou les balles de riz en milieu périurbain.

Depuis 1998, ces matériaux sont comparés dans des systèmes en semis direct sur couverture végétale sur plusieurs sites avec un écobuage :
- réalisé directement dans la jachère, après sa fauche, en sol ferrallitique,
- ou après labour suivant des cultures vivrières, en sol volcanique, densément peuplé.

Le système de culture témoin est conduit en sol nu, après un labour avant chaque semis.

En première année, l'effet est spectaculaire et conduit à une production de riz pluvial équivalente à celle que procure une forte fumure minérale, inaccessible financièrement aux agriculteurs pour l'instant. En moyenne, le supplément de rendement est de 1 à 2 t de paddy par ha selon le combustible par rapport au témoin labouré, sans interaction avec le niveau de fumure.

L'année suivante, le système avec écobuage présente un arrière-effet sur le rendement de la culture de soja, plus marqué en sol volcanique, très riche en matière organique. En troisième année, cette différence se maintient sur ruz pluvial, seulement sur ce type de sol. A partir de la quatrième année, elle se généralise quelque soit le terrain, mais cette différence est surtout liée à la dégradation du sol après labour.

Tous les combustibles utilisés pour l'écobuage : herbes desséchées ou bozaka, *Aristida sp.*, branches de mimosa, *Acacia mearnsii*, paille d'orge ou balle de riz augmentent la production par rapport au témoin labouré non écobué pendant les premières années.

L'effet d'un apport de cendre provenant de la combustion du bozaka en plein air est moins marqué que celui d'un écobuage avec la même quantité de biomasse.

L'écobuage, pratiqué une seule fois et associé au semis direct qui stimule l'activité biologique et améliore le statut organique du sol, permet de construire des systèmes de cultures durables répondant aux besoins d'autoconsommation des agriculteurs, tout en protégeant leurs rizières.

L'effet spectaculaire de l'écobuage ne doit pas faire oublier la nécessité d'un décompactage du sol lors de la mise en place du semis direct, surtout lorsque le riz pluvial est inclus dans le système.

Il peut être réalisé par des moyens mécaniques tels qu' un labour profond, ou biologiques, grâce à une plante à enracinement puissant comme la crotalaire. Celle ci peut être intégrée dans la rotation en l'associant à la culture du maïs ou du soja, sans en affecter le rendement.

Mars 2002

CIRAD : ***MICHELLON R.***

TAFA : ***MOUSSA N.***
RAKOTONIAINA F.

avec la participation des stagiaires :
ANDRIANASOLO H. M.
FARAHNITRINIAINA J.C.
RAVELOMANARIVO A.
RAVONISON L. N.

FOFIFA : ***RAZAKAMIARAMANANA***

BIBLIOGRAPHIE

- *BOURGUIGNON C., CALLOT G., GABUCCI L., MICHELLON R., PERRET S., RAUNET M., SEGUY L., 1996* : **B. Analyse du fonctionnement hydrique, biologique et microbiologique du sol**, p 16-50. In : MICHELLON R., 1996 : **Amélioration de la fertilité des andosols de la Réunion et de la productivité des cultures de géranium rosat avec couverture permanente**. CIRAD Réunion, 50 p

- *CHABANNE A., RAZAKAMIARAMANANA, 1996* : **La climatologie d'altitude à Madagascar** – Séminaire sur le "Développement de la riziculture pluviale et aquatique d'altitude à Madagascar". FOFIFA/CIRAD, 29 mars au 5 avril 1996, 9 p

- *CHABANNE A., SEGUY L., RAZAKAMIARAMANANA, 1996* : **Gestion de la fertilité des rizières d'altitude à Madagascar**. Exemple de la plaine de Vinaninony (1875 m) – Séminaire sur le "Développement de la riziculture pluviale et aquatique d'altitude à Madagascar". FOFIFA/CIRAD, 29 mars au 5 avril 1996, 9 p

- *CHARPENTIER H. et al, 1999* : **Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar – Rapport de campagne 1998/1999. "TAFA"** – Convention ANAE-CIRAD-TAFA-AFD, 103 p + annexes

- *CHARPENTIER H. et al, 2000* : **Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar – Rapport de campagne 1999-2000. "TAFA"** – Convention ANAE-CIRAD-TAFA-AFD, 103 p + annexes

- *DZABA D., 1987* : **Contribution à l'étude de la dynamique de la fertilité chimique du sol dans un système de culture traditionnel à base d'écobuage**. Centre de Recherches Agronomiques de Loudima Congo, p 595 – 627

- *F.T.M., CRGR, IREDEC, ODR, 1997* : **Atlas régional de Madagascar** – La région du Vakinankaratra

- *KOBAMA, 1994 :* **Rapport de campagne saison et contre saison 1993-1994.** Opération Blé - Fermes Mécanisées, 33 p

- *LEGIER P., 2000* **: Communication personnelle**

- *MICHELLON R., 1996* : **Modes de gestion écologiques des sols et systèmes de culture à base de géranium dans les hauts de l'Ouest de la Réunion**. CIRAD CA Réunion n°47 – 1996, 103 p

- *MICHELLON R. et al, 2000* : **Amélioration de la fertilité par écobuage : Influence de la fréquence et de l'intensité de la combustion selon le type de sol de tanety**. CIRAD – TAFA – FOFIFA. Fiche d'essai 1999 n°1, 55 p

- *MICHELLON R. et al, 2000* : **Amélioration de la fertilité par écobuage : Influence de la nature du combustible selon le type de sol de tanety**. CIRAD – TAFA – FOFIFA. Fiche d'essai 1999 n°2, 24 p

- *MICHELLON R. et al, 2001* : **Amélioration de la fertilité par écobuage : Influence de la nature du combustible selon le type de sol de tanety**.. CIRAD – TAFA – FOFIFA. Fiche d'essai 2000 n°2, 34 p

- *MICHELLON R. et al, 2001* : **Direct seeding on plant cover with "soil smouldering" techniques** [Conception de systèmes durables avec un minimum d'intrants à Madagascar : semis direct sur couverture végétale avec écobuage] I Word Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5 October, 2001

- *MICHELLON* R. et al, 2001 : Influence du traitement des semences et de la date de semis sur la production du riz pluvial en fonction du mode de gestion du sol sur les Hautes Terres - CIRAD-TAFA-FOFIFA. Fiche d'essai 2000 n°1, 18 p

- *MICHELLON R.. et al, 2002 :* **Amélioration de la fertilité par écobuage : Influence de la fréquence et de l'intensité de la combustion selon le type de sol de tanety.**. CIRAD-TAFA-FOFIFA. Fiche d'essai 2001 n°2, 52 p

- *MICHELLON R. et al, 2002* : **Amélioration de la fertilité par écobuage : influence de la nature du combustible selon le type de sol de tanety** - CIRAD-TAFA-FOFIFA, Fiche d'essai 2001 n°3, 30 p

- *MICHELLON R. et al, 2002* : **Amélioration de la fertilité par écobuage : influence de la nature du combustible selon le type de sol de tanety**. Documents annexes à la fiche d'essai 2002, n°2

- *NZILA J.D., 1992* : **La pratique de l'écobuage dans la vallée du Niari** (Congo). **Ses conséquences sur l'évolution d'un sol ferrallitique acide**. Document ORSTOM n°7, 190 p

- *RAKOTONDRALAMBO P., RAZANAMPARANY C., 1998* : **Adaptation du semis direct dans les régions de Madagascar p. 257-263**. In : RASOLO F., RAUNET M. (éditeurs scientifiques), 1999 : **Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture**. Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 mars 1998, ANAE-CIRAD-FAFIALA-FIFAMANOR-FOFIFA-TAFA. MONTPELLIER-France-CIRAD, collection Colloques, 658 p

- *RAKOTONDRALAMBO P., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., 1997* : **Rapport de campagne 1995-1996.** TAFA, 48 p + annexes

- *RAKOTONDRALAMBO P., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., 1997* : **Rapport de campagne 1996-1997.** TAFA, 69 p

- *RAKOTONDRALAMBO P., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., RAZAKAMANANTOANINA R., RAKOTOVAZAHA L., 2000* : **Rapport de campagne 1998-1999**. TAFA, 30 p

- *RAKOTONDRALAMBO P., RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., RAZAKAMANANTOANINA R., RAKOTOVAZAHA L., 2001* : **Rapport de campagne 1999-2000**. TAFA, 40 p

- *RAKOTONIAINA S. N., 1998* : **Semis direct : Diffusion en milieu paysan** – Région Vakinankaratra ESSA Antananarivo. CIRA/O.N.G. "TAFA", 92 p

- *RANDRIANTSOA M. M., 2001* : **Rôle de la matière organique dans la fertilité phosphorique d'un sol ferrallitique des Hautes Terres malgaches**. DEA de l'Institut National. Polytechnique de Lorraine CIRAD-TAFA, 26 p

- *RAZANAMPARANY C., MOUSSA N., RAZAKAMANANTOANINA R., RAKOTOVAZAHA L., RANDRIANAIVO S., 2001* : **Rapport de campagne 2000-2001**. Région du Vakinankaratra, TAFA, 44 p

- *SEGUY L., 1974* : **Influence de la technique de l'écobuage sur les rendemens de maïs et sur les propriétés physico-chimiques des sols** – O.N.A.R.E.S.T. IRAT/CVT – Rapport de synthèse sur les cultures vivrières – Cameroun, p 44-47

- *SEGUY L., 1974* : **Etude sur la lixiviation des éléments minéraux et colloïdaux dans différents types de sols de l'Ouest Cameroun**, O.N.A.R.E.S.T. IRAT/CVT – **Rapport de synthèse sur les cultures vivrières** – Cameroun, p 77-83

- *SEGUY L., 1996* : **Rapport de mission à Madagascar du 17 au 31 mars 1996** – CIRAD CA. Programme APAFP n°38. Mission Française de Coopération et d'Action Culturelle Antananarivo, Madagascar, 54 p

- *SEGUY L., 1997* : **Rapport de mission à Madagascar : Systèmes de culture durables avec semis direct, protecteurs de l'environnement, dans les régions du Sud-Ouest, les Hauts-Plateaux et le Moyen Ouest de Madagascar, en petit paysannat**, du 13/03 au 04/04/97. CIRAD CA Brésil – Programme APAFP Montpellier n°70/97, 120 p

- *SEGUY L., 1998* : **Systèmes de culture durables avec semis direct, protecteurs de l'environnement, dans les régions du Sud-Ouest, les Hauts-Plateaux et le Moyen Ouest de Madagascar, en petit paysannat** – Rapport de mission à Madagascar du 2 au 30/03/98. Mission Française de Coopération et Action Culturelle Antananarivo Madagascar – CIRAD.CA-TAFA-ANAE-FOFIFA-FIFAMANOR-FAFIALA, 85 p + annexes

- *SEGUY L. et al, 2000* : **Les techniques de semis direct sur couvertures végétales à Madagascar ou comment pratiquer une agriculture durable avec un minimum d'intrants chimiques. Le cas des régions des hauts Plateaux et du Sud Ouest semis aride de l'île**. O.N.G. "TAFA", CIRAD.CA-G.E.C. – Document de synthèse en cours de préparation.

- *"TAFA", 1995* : **Rapport de campagne 1994-1995**. Convention TAFA/FIFAMANOR du 03/01/95, 78 p

- *"TAFA", 1995* : **Rapport de campagne 1997-1998**. Convention TAFA/FIFAMANOR, 14 p

Annexe 1 - Composantes du rendement à Betafo

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	611	652	699	717
BALLE DE RIZ	605	631	665	691
MIMOSA	597	667	679	681
BOZAKA	617	631	690	683
CENDRE	687	687	702	712
TEMOIN après labour	539	615	647	699

A1.1. **Densité à la récolte, en milliers de plantes par ha**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	8,2	10,6	12,6	14,4
BALLE DE RIZ	10,2	11,4	13,8	17,0
MIMOSA	9,1	11,8	11,4	14,1
BOZAKA	10,0	13,4	13,9	17,1
CENDRE	8,0	9,5	11,1	12,6
TEMOIN après labour	6,1	10,1	13,7	12,0

A1.2. **Fructification, en nombre de gousses par plante**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	1,9	2,1	2,2	2,4
BALLE DE RIZ	2,2	2,2	2,2	2,5
MIMOSA	1,9	2,1	2,3	2,5
BOZAKA	2,0	2,2	2,3	2,4
CENDRE	2,1	2,2	2,3	2,4
TEMOIN après labour	1,5	2,2	2,1	2,3

A1.3. **Remplissage des gousses en nombre de graines par gousse**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	114	117	115	122
BALLE DE RIZ	113	120	121	123
MIMOSA	122	127	118	114
BOZAKA	104	113	120	116
CENDRE	111	123	122	121
TEMOIN après labour	120	114	116	121

A1.4. **Poids moyen de graines, en g par 1000 graines**

Annexe 2 - Composantes du rendement à Bemasoandro

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	545	594	614	646
BALLE DE RIZ	538	553	683	646
MIMOSA	426	520	671	628
BOZAKA	516	655	687	660
CENDRE	121	328	468	544
TEMOIN après labour	205	470	535	538

A2.1. **Densité à la récolte, en milliers de plantes par ha**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	2,3	4,4	16,9	19,3
BALLE DE RIZ	5,8	9,7	16,1	21,2
MIMOSA	4,8	7,3	12,6	13,1
BOZAKA	2,1	6,2	13,1	14,7
CENDRE	0,6	2,0	11,6	10,9
TEMOIN après labour	1,2	2,7	10,3	12,1

A2.2. **Fructification, en nombre de gousses par plante**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	1,6	2,0	16,9	19,3
BALLE DE RIZ	1,8	2,0	2,3	2,4
MIMOSA	1,6	2,2	2,3	2,3
BOZAKA	1,7	1,7	2,2	2,6
CENDRE	1,6	1,6	2,4	2,1
TEMOIN après labour	1,5	1,8	2,3	2,0

A2.3. **Remplissage des gousses en nombre de graines par gousse**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	108	130	104	117
BALLE DE RIZ	121	109	111	110
MIMOSA	127	117	112	107
BOZAKA	120	129	116	109
CENDRE	115	113	93	108
TEMOIN après labour	145	112	111	101

A2.4. **Poids moyen de graines, en g par 1000 graines**

Annexe 3 - Composantes du rendement à Ibity

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	485	643	659	638
BALLE DE RIZ	565	617	637	697
MIMOSA	572	646	668	664
BOZAKA	476	585	639	650
CENDRE	634	702	653	690
TEMOIN après labour	567	659	629	664

A3.1. **Densité à la récolte, en milliers de plantes par ha**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	4,1	9,5	11,4	14,0
BALLE DE RIZ	5,8	9,3	11,9	11,2
MIMOSA	4,9	10,3	10,2	11,0
BOZAKA	5,0	9,3	14,1	14,6
CENDRE	2,5	4,6	11,6	13,3
TEMOIN après labour	2,0	7,0	9,6	12,9

A3.2. **Fructification, en nombre de gousses par plante**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	1,7	2,2	2,5	2,6
BALLE DE RIZ	1,5	2,1	2,4	2,4
MIMOSA	1,8	2,0	2,2	2,3
BOZAKA	1,8	2,1	2,2	2,5
CENDRE	1,6	1,6	2,3	2,1
TEMOIN après labour	1,5	1,9	2,1	2,0

A3.3. **Remplissage des gousses en nombre de graines par gousse**

	F0	F1	F2	F3
PAILLE D'ORGE	110	123	126	116
BALLE DE RIZ	118	124	137	121
MIMOSA	114	115	121	118
BOZAKA	122	117	128	121
CENDRE	107	115	123	114
TEMOIN après labour	106	113	119	114

A3.4. **Poids moyen de graines, en g par 1000 graines**

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Annexe 4 - Composantes du rendement à Andranomanelatra et Ibity : Macrofaune du sol en fonction de son mode de gestion

Ces tests sont conduits pour homogénéiser les parcelles des essais de décalage de cycle et de traitement des semences de riz (MICHELLON et al, 2001 n°1), tout en décompactant les sols des parcelles en semis direct par voie biologique (Crotalaire)

A4.1. **Itinéraires techniques**

EMPLACEMENT	ANDRANOMANELATRA	IBITY
SOL	**FERRALLITIQUE QUE sur dépôt fluviolacustre**	**FERRALLITIQUE sur socle cristallin**
Préparation du terrain : - labour en septembre - semis direct	charrue attelée	angady conservation des pailles de riz et désherbage manuel
Date de semis Variété Traitement des semences	14 au 16/11/01 Cometa	10 au 12/12/01 FT 10 Par voie humide avec 1 g/kg de thirame (Caltir PM), puis inoculation avec le rhizobium spécifique (TIKO)
Densité	- Sur labour : 3 graines par poquet à 0,1 m sur des lignes espacées de 0,4 m - Semis direct : poquets à 0,1 m sur deux lignes à 0,4 m et 1 ligne intercalée de crotalaire à 0,4 m avec des poquets tous les 20 cm	
Fumure au semis	F_2 : 5 t/ha de fumier (bovin) + 200 kg/ha de 11.22.16 + 250 kg/ha de dolomie	
Désherbage manuel	4 au 07/01/02	4 au 08/01/02
Traitement insecticide	Contre une chenille défoliatrice, *Pyrameis cordui* avec 7,5 g/ha de lambda - cyhalotrine (0,15 l/ha de Karate 5EC) les 08/01/02 et 16/02/02	
Récolte	29/04/02	18/04/02

A4.2. **Composantes du rendement**

A4.2.1. *Andranomanelatra*

	Densité en millier de plantes/ha	Nombre de gousses par plante	Nombre de graines par gousse	Poids 1000 graines en g
Témoin labour	424	17,4	2,2	104
Semis direct, associé à la crotalaire	226	31,0	2,4	119

A4.2.2 *Ibity*

	Densité en millier de plantes/ha	Nombre de gousses par plante	Nombre de graines par gousse	Poids 1000 graines en g
Témoin labour	538	11,5	2,2	108
Semis direct, associé à la crotalaire	404	17,6	2,5	123