



**SUIVI EVALUATION ET PROPOSITIONS
DE RECHERCHE-ACTION
POUR LA DIFFUSION DU SEMIS DIRECT
SUR COUVERTURE VEGETALE
AU NORD CAMEROUN**

CIRAD / IRAD / AFD / SODECOTON

Mission du 28 septembre au 5 octobre 2006



**Lucien SEGUY
CIRAD-CA**

SOMMAIRE

PREAMBULE	2
CALENDRIER DE LA MISSION	3
LISTE DES PARTICIPANTS	5
I – INTRODUCTION – Le nouveau projet ESA – Promotion de l’agroécologie : resituer contexte, contraintes atouts du projet et ses enjeux (2007-2009)	8
11. La politique sectorielle	8
12. Des constats	8
13. Des contraintes	9
14. Les atouts du projet	11
15. Des enjeux	12
II – UN DESEQUILIBRE ACTUEL ENORME DE DEVELOPPEMENT FACE AU POTENTIEL DES RESSOURCES EN EAU ET EN SOLS DISPONIBLES	13
21. Constat	13
22. Premiers éléments objectifs des possibilités de production agricole sur les terres vertiques	18
III – LES SCV AU NORD CAMEROUN – Genèse de leur transfert-adaptation et réponses confirmées, reproductibles, à la diversité du milieu (physique, socio-économique)	23
31. Genèse du transfert – adaptation des SCV (rappel)	23
32. Evaluation des principaux impacts des SCV sur les performances agronomiques des cultures et la capacité de production des sols	24
IV- RECOMMANDATIONS ET JUSTIFICATIONS	27
41. Diffusion des SCV : Comment l’organiser à partir des acquis techniques aux divers niveaux d’échelle, des moyens matériels et humains	27
42. La recherche – action participative sur les SCV : « booster » les fonctions restauratrices de la fertilité des sols et de leur capacité de production (productivité, diversification, agriculture-élevage)	31
421. Qui fait quoi ? (types d’activités)	31
422. Propositions d’actions de recherche	32
43. Les SCV sur le plateau de l’Adamaoua (Projet Maïscam)	46
V – CONCLUSIONS (rappel 2004, actualisé)	48
PHOTOS ILLUSTRATIVES DES SCV SUR SOLS EXONDES (Sols ferrugineux tropicaux au Nord et à l’extrême Nord)	51
ANNEXES :	81
ANNEXE 1 – Extrait du doc « projet eau-sol-arbre : « Promotion de l’agroécologie » Minader-Dagris – déc. 2005	82
ANNEXE 2 – Outil de caractérisation du fonctionnement agronomique des systèmes de culture	137

PREAMBULE

Il est fortement recommandé au lecteur de se reporter aux rapports de mission précédents (1997-2006) de MM. S. Boulakia et H. Charpentier, L. Séguy, E. Scopel, K. Naudin, qui retracent la genèse du transfert adaptation des SCV dans les régions Nord et extrême nord du Cameroun, aux rapports annuels de l'équipe ESA¹ et IRAD qui font état de l'évolution des résultats obtenus sur les 5 ans d'existence du projet et enfin le rapport de faisabilité du MINADER et DAGRIS² de décembre 2005 « *Projet : eau, sols arbre – Promotion de l'agroécologie* », qui retrace l'histoire de ce projet, définit les grands axes d'intervention, les impacts attendus et précise les moyens et ressources financières, matérielles et humaines pour assurer sa progression sur la période 2007-2009.

Ne seront rapportés ici que le « *fil directeur* » du développement évolutif des SCV et les principales recommandations pour assurer, dans la pérennité, leurs fonctions essentielles pour tous les acteurs :

- Production de connaissances scientifiques, dont, en priorité, le cycle de reconstruction des sols par voie agro-biologique (*qualité biologique, résilience*) et de l'efficacité de l'eau.
- Reproductibilité des technologies SCV, diversifiées et adaptées aux principales contraintes des milieux physique et socio-économique du nord-Cameroun et de la zone soudanienne africaine ; diversification des ressources génétiques pour exprimer le potentiel au moindre coût, des systèmes de culture SCV et d'élevage, intégrés.
- Formation continue de tous les acteurs de la recherche-développement.
- Diffusion des SCV – Mise en œuvre multidimensionnelle.
- Augmentation de la capacité de transfert-adaptation des SCV et systèmes d'élevage intégrés dans les sociétés cotonnières de la zone soudanienne africaine par intégration de l'équipe ESA comme consultants extérieurs auprès des bailleurs de fonds.

() Certaines recommandations importantes faites au cours de ma mission 2004, n'ont été que partiellement ou pas mises en place et seront de ce fait simplement reconduites ; de même, la plupart de conclusions relatives au fonctionnement agronomique comparé des SCV et systèmes traditionnels et à leurs performances technico-économiques seront rappelés car pleinement confirmées.*

¹ MM. Oumarou Balarabé, Krishna Naudin, Abou Abba et équipe IRAD

² MM. Reynald Evangelista, (DAGRIS), et Hubert Charpentier (Consultant indépendant)

CALENDRIER DE LA MISSION

Vendredi 29 septembre : *Trajet Njamena – Seradoumda – Maroua*

- 16h 00 : Visite parcelles de démonstration et de collection de riz et de plantes de couverture à SERADOUMDA
- 18h 00 : Visite exploitant pilote SCV de MAMBANG, (parcelles coton, céréales associées, riz et niébé)
Coucher à MAROUA

Samedi 30 septembre : *Trajet Maroua – Kaélé – Garoua*

- 07 h 00 : Rencontre Directeur de la Production Agricole Adjoint (DPAA) Sodecoton
- 08 h 00 : Visite parcelles essais double culture riz/niébé – muskwari sur vertisol
- 10 h 30 : Visite site de restauration des hardés de PIWA
- 12 h 30 : Visite site expérimental de ZOUANA
- 14 h 00 : Visite bloc SCV de ZASSINRI (4 ha , 12 planteurs systèmes SCV: jachère améliorée, collection, céréales associées)
- 16 h 30 : Visite collection riz sur vertisol en zone de crue et double culture riz/muskwari sur vertisol à FADARE
Coucher à GAROUA

Dimanche 01 octobre : *Trajet Garoua– Lainde – Pintchoumba -Touboro*

- 07 h 30 : Séance de travail ESA – équipe Tchad
- 11 h 00 : Visite réalisations SCV du terroir LAINDE MASSA (céréales associées, coton paillé, jachères améliorée, introduction du riz, de l'arbre...)
- 14 h 30 : Visite site expérimental de WINDE PINTCHOUMBA et site annexe de Pintchoumba (Sud de la zone cotonnière)
Coucher à NGAOUNDÉRE

Lundi 02 octobre : *Trajet Ngaoundéré – Touboro*

- 08 h 00 : Visite ranch des éleveurs producteurs de fourrage et des semences de brachiaria et stylosanthes
- 11 h 00 : Visite sites de production de semences et parcelles MAÏSCAM (Semis Direct maïs sur jachères à légumineuses et brachiaria, tournesol, collection riz, soja)
Coucher à TOUBORO

Mardi 03 octobre : *Trajet Touboro – Kanana – Foulbi – Garoua*

- 07 h 30 : Rencontre Chef de Région SODECOTON de TOUBORO
- 08 h 00 : Visite parcelles Expérimentations en milieu paysan SCV à KANANA
- 10 h 30 : Visite parcelles de prédiffusion des SCV suivies par les chefs de zone à FOULBI. Coucher à GAROUA

Mercredi 04 octobre : *Trajet Garoua – Pitoa – Bockle – Garoua*

08 h 00 : Visite site de multiplication de semences de PITOA
10 h 00 : Visite essais IRAD de BOCKLE
15 h 00 : Conférence / restitution de la mission
Coucher à GAROUA

Jeudi 05 octobre : **Rencontre DPA / SODECOTON**
Départ de GAROUA pour NDJAMENA
Fin de la mission

Liste des participants à la tournée de Lucien Séguy du 29/09/2006 au 04/09/2006

Equipe ESA

Noms et Prénoms	Fonction	Poste
Abou Abba Abdoulaye	Coordinaeur	Garoua
Sadou Fernand	Resp. Volet Opérationnel	Garoua
Toumba	Resp. Formation.	Maroua
Mana Justin	Resp. Volet Gestion de l'espace	Garoua
Oumarou Balarabé	Resp. Volet RD/SCV	Garoua
Mahamat Alifa	Agro-Aménagiste muskwari	Maroua
Dourwé Gaston	Chef d'antenne SCV EN	Maroua
Abakar Madam Dogo	Agronome Stagiaire Terroir	Sirlawé
Adoum Oumarou	Agronome Stagiaire Terroir	Laïndé Massa
Wadiébé Pagou	Technicien SCV	Maroua
Wadié Elie	Technicien SCV	Kaélé
Veklé Hirgué	Technicien SCV	Yagoua
Baïtia Mathieu	Technicien SCV	Ngong
Houngang Timothé	Technicien SCV	Garoua
Tchingombé O.	Forestier	Maroua
Laombadei Simeon	Superviseur	Maroua
Daguidam Christine	Animatrice OPCC/ESA	Maroua
Daoudou	Agro-Aménagiste	Kaélé
Lamwé Sirandi	Superviseur	Kaélé
Wassou Pabamé		
Kowé Laabel	Technicien Muskwari	Dargala
Bouba Garga	Technicien Muskwari	Dargala
Mahamat Aboukar	Superviseur	
Bouba Mango	Superviseur	
Asta Hélène	Animatrice OPCC/ESA	
Baïpamé	Forestier	
Ladan Sylvain	Superviseur	
Bouzoumné Pascal	Forestier	Touboro
Houtoing Denis	Superviseur	Sorombéo
Blama Adigné	Djaoro/planteur	Pont Sava

Noms et Prénoms	Fonction	Poste
Argoï Affia	Délégué GP/Planteur	Pont Sava
Kora Lydia	Planteur	Pont Sava

Equipe Direction de la Production Agricole SODECOTON

Noms et Prénoms	Fonction	Poste
Ibrahim Ngamié	DPA A	Maroua
Boubakari Yabou	CDR Maroua Sud	Maroua Sud
Kouayep Elie	Chef de Région	Maroua Nord
Sali Boubadjam	Chef de Région	Kaélé
Beramgoto	Chef de Région	Touboro
Dékalbé Nathan	Zootechnicien Régional	Maroua
Hinimbio Taïda pierre	Responsable adjoint CSE	Maroua
Dandi Ali	Animateur Régional	Touboro
Wadjonré Kaïna	Chef de Secteur	Ngong
Visele	Chef de secteur	
Kaldaza	Chef de secteur	
Blama Abali	Chef de secteur	Ndock
Kaïgama Kassala	Chef de zone	Ngouni
Bonso Bénéôit	Chef de zone	Axe Tchad
Yaouli Justin	Chef de zone	Tapi
Houldoulami Jérôme	Chef de zone	Cades
Tchoumé Isma	Chef de zone	Touboro
Guemi Jean	Chef de zone	Parafaré
Bouba Poblo	Chef de zone	Laïndé Massa
Wangpong Bernard	Chef de zone	Djamboutou
Tor Madam	Chef de zone	Djalingo
Sali Yayi	Chef de zone	Mayo Dadi
Yayibé Joseph	Chef de zone	Kismatari
Abdel Aziz	Chef de zone	Sanguéré
Yaouba Haman	Chef de zone	Lougol
Kosga André	Chef de zone	Ngong
Chanyelbo Joseph	Chef de zone	Windé Ngong
Mang Igri Alphonse	Chef de zone	Boumedyé
Nkouenko Justin	Chef de zone	Lango
Taïgaïbé Marc	Chef de zone	Koné

Equipe Tchad

Noms et Prénoms	Fonction	Poste
Damien Hauswirth	Assistant technique	Mondou
Dr Djondang Koye	Dir. Scientifique ITRAD	Ndjamena
Ouéyé Gaouna	Chercheur ITRAD	Ndjamena
Michel Naïtormaïdé	Chercheur ITRAD	Bébédja
Djinodji Reoungal		
Jérôme Vai Hal Tao	BELACD	Pala
Esaïe Mbaïtelsem	ATADER	Doba

Equipe élevage Ngaoundéré – Touboro

Noms et Prénoms	Fonction	Poste
Dr Mamoudou Assana	Chef service élevage	Garoua
Dr Mohamadou Bachirou	DGA Maïscam	Ngaoundéré
Iya Bakary	Zootechnicien Régional	Touboro
Modibbo Iya Hamoui	Eleveur	Ngaoundéré
Iya Ibrahim	Eleveur	Ngaoundéré

Equipe IRAD Journée du 04 Octobre 2006

Noms et Prénoms	Fonction	Poste
Ayongwa Geodon	Chercheur IRAD	Garoua
Awa Anastasia	Chercheur IRAD	Garoua
Dongmo Aimé Landry	Chercheur IRAD	Garoua
Njeoyah Clemence	Chercheur IRAD	Garoua
Kaptuan Eliane	Assistante	Garoua
Gang Dimanche	Technicien	Garoua

I – INTRODUCTION : Le nouveau projet ESA – Promotion de l’agroécologie → Resituer contexte, contraintes atouts du projet et ses enjeux (2007 – 2009)

(*) *Extrait intégral du document : Projet eau, sol, arbre – Promotion de l’agroécologie – rapport de faisabilité du MINADER et DAGRIS – décembre 2005.*

1. Contexte

1.1. La politique sectorielle

La politique agricole et de développement rural du projet « ESA – Promotion de l’agroécologie » s’inscrit dans la politique nationale qui vise, entre autres, à la libéralisation des activités économiques, à la lutte contre la pauvreté, à la décentralisation, à la préservation des ressources naturelles et à la promotion d’une agriculture durable.

La prise en compte des spécificités et des contraintes liées aux différentes régions et zones agro-écologiques du pays s’inscrit comme une priorité.

Les provinces du Nord et de l’Extrême Nord correspondent vraisemblablement aux écosystèmes les plus sensibles et les plus dégradés du pays. La mise en œuvre d’une stratégie de développement visant à intégrer les activités humaines et agricoles aux écosystèmes s’impose aujourd’hui comme une nécessité indispensable pour assurer la sécurité alimentaire et lutter contre la pauvreté.

1.2. Des constats

Les principaux constats mis en avant lors de l’étude de faisabilité du projet ESA sont plus que jamais d’actualité.

- La croissance démographique au Nord Cameroun est de l’ordre de 3 % par an. L’agriculture demeure la principale activité. De façon mécanique, le besoin en terre s’accroît, au minimum, au même rythme. La pression foncière n’est pas un facteur conjoncturel. Conjugée à une baisse de la pluviométrie dans la partie septentrionale, elle constitue un élément déterminant essentiel pour l’avenir de la zone.

- L’impact de l’accroissement démographique est amplifié par les mouvements migratoires. Certaines parties de la province de l’Extrême Nord à forte densité de population sont de surcroît particulièrement affectées par le déplacement des isohyètes.

Depuis les années 80, certains départements, notamment celui de la Bénoué sont la cible d’importants flux migratoires. L’absence de structures d’accueil et de planification conduit à une désorganisation des systèmes fonciers, voire sociaux. Les stratégies d’appropriation foncière sont source de conflit et se traduisent parfois par des défriches plus importantes que nécessaires.

- Le couvert boisé régresse aux abords des villes mais aussi dans les zones rurales, même si localement les parcs arborés ont pu se régénérer ou se créer grâce aux efforts précédents. La diminution du couvert végétal « catalyse » l’érosion hydrique qui, elle-

même accentue la baisse de fertilité des sols liée à la mise en valeur agricole et aux prélèvements qui en résultent.

- L'état de dégradation des sols, en dehors de quelques fronts pionniers au Sud de la zone cotonnière (*Poli, Touboro...*) est de plus en plus préoccupant. Cette dégradation se matérialise sur l'état végétatif des cultures et des espèces herbacées sur les jachères. La présence quasi systématique du *Striga* sur les céréales constitue un excellent indicateur de baisse de teneur en matière organique et de façon générale de fertilité des sols.

Une étude menée par l'IRAD sur 59 parcelles du bassin de la Bénoué, avait fait l'objet d'analyses de sol en 1990 (*Laboratoires CIRAD et IRD Dakar*). De nouveaux échantillons (*horizons 0 – 20 cm et 20 – 40 cm*) prélevés en montrent une baisse importante du taux d'argile, de la teneur en carbone et en azote, de la CEC (*capacité d'échanges cationique*) et en éléments basiques (*calcium, magnésium et surtout potassium*).

- Les techniques traditionnelles avec travail du sol ont fortement contribué à dégrader les sols au cours des dernières décennies. Les aménagements de parcelles, même s'ils permettent de limiter fortement les phénomènes d'érosion, n'ont qu'une faible incidence sur ces paramètres de la fertilité.

- Dans les systèmes de production traditionnels, la restitution en matière organique et en éléments minéraux dépend presque exclusivement d'un système de jachère en voie de diminution, voire de disparition, dans une grande partie de la zone cotonnière. Les terres ne retournent à la jachère, pour une durée généralement trop courte, que lorsqu'elles sont totalement dégradées.

- Moins de surface en jachère signifie moins de ressources fourragères pour les animaux, avec pour conséquence un surpâturage des jachères encore disponibles et des prélèvements accrus sur les résidus de récolte. Provoquant ainsi une exportation de la fertilité résiduelle qui serait normalement retournée au sol.

- Les fumures minérales préconisées visent à couvrir les besoins de la culture du coton. Elles sont insuffisantes pour compenser les exportations liées à l'ensemble des cultures entrant dans l'assolement. Ces engrais minéraux épandus sur des sols où le complexe argilo-humique est très dégradé, ont de plus, une efficacité faible. En effet, une partie importante des nutriments apportés est perdue par ruissellement et drainage vertical. Par ailleurs, leur usage souvent exclusif et une mise en culture continue avec travail du sol, participent, à long terme, à la déstructuration et à l'acidification du sol. Comme la majorité des cultures, le coton est sensible à l'acidité des horizons de surface. Une diminution du PH induit une baisse de productivité.

1.3. Des contraintes

Les contraintes analysées au cours des études de faisabilité précédentes demeurent, pour l'essentiel, d'actualité.

Les contraintes naturelles

Ce sont des contraintes fondamentales. L'évolution climatique est certainement la première d'entre elles. Les isohyètes ont connu, au cours des dernières décennies, un déplacement significatif selon un gradient Nord-Sud. Cette diminution de la pluviométrie, conjuguée à l'augmentation de la pression démographique contribue incontestablement à amplifier les migrations de population.

Les contraintes économiques

L'économie des exploitations cotonnières du Nord Cameroun est tributaire des fluctuations du marché mondial du coton. Les différentes crises auxquelles la filière cotonnière camerounaise a su faire face attestent de sa combativité et de sa compétitivité. Néanmoins, comme l'ensemble des pays producteurs africains, la filière camerounaise voit sa compétitivité de plus en plus fragilisée par les impacts de ces crises à répétition et notamment de la crise actuelle qui bat des records d'intensité et surtout de longévité. Au-delà de la baisse tendancielle qui semble caractériser l'ensemble des produits agricoles peu différenciés, les filières cotonnières africaines interviennent sur un marché rendu totalement inéquitable par le jeu des subventions que s'accordent les principaux pays producteurs comme la Chine et les États unis. Les sacrifices et la résistance dont ont dû faire preuve les pays africains, les ont tenus en marge des progrès et évolutions techniques. Au cours des 15 dernières années, le rendement mondial moyen a progressé d'environ 200 kg de fibre par ha et se situe aujourd'hui à plus de 700 kg alors que, dans le même temps, la productivité africaine a stagné, voire perdu quelques kg et continue à se situer bien en dessous de la barre des 500 kg par ha.

L'iniquité du marché mondial, la perte de compétitivité liée à la faiblesse relative de la productivité, la parité euro / dollar, la hausse du prix de la plupart des intrants et notamment le renchérissement du coût des produits pétroliers sont autant de facteurs qui pénalisent particulièrement les pays producteurs africains et la filière camerounaise.

La crise actuelle a conduit la Sodecoton, en accord avec l'organisation des producteurs, à réduire de façon conséquente le prix d'achat au producteur et à n'accorder de crédit que sur la moitié de la dose d'engrais préconisée. Cette mesure de sauvegarde risque néanmoins d'être lourde de conséquences puisque très peu de producteurs auront la capacité d'acquiescer au comptant le complément d'engrais nécessaire. Cette réduction d'une dose d'engrais déjà insuffisante à compenser les exportations de l'ensemble des cultures va contribuer davantage à l'appauvrissement des sols.

Les contraintes d'ordre politique et social

Le contexte social, qui se caractérise par une mosaïque de populations, et la complexité des systèmes fonciers constituent sans nul doute l'une des principales contraintes à la mise en œuvre du Projet. Ces populations, malgré le brassage socioculturel provoqué par les flux migratoires, continuent à ressentir un sentiment dominant d'appartenance à leur groupe ethnique d'origine. Les dissensions, entre utilisateurs d'un même espace, sont souvent d'origine ethnique, et sont attisées dans les zones pionnières par une certaine avidité foncière.

Le pouvoir des autorités coutumières demeure important. Au Nord Cameroun, le pouvoir territorial ne peut aujourd'hui s'appliquer sans l'intermédiaire de la chefferie. Les chefs coutumiers sont « *auxiliaires d'administration* ». Mais ce titre reflète mal les pouvoirs dont disposent certains *lamidos*, pouvoirs très différents selon les lieux, les personnalités, les époques et les populations. Cette diversité donne un caractère éphémère aux décisions et complique les modes de régulation.

Le désengagement de l'Etat, la multiplication des interventions, le poids des chefferies rendent difficiles les prises de décision et la définition d'orientations de politiques agricoles.

Cette situation n'est pas favorable à un véritable débat sur l'affectation des terres. Ce débat entre les principaux acteurs (*éleveurs, agriculteurs, chasseurs*) est néanmoins indispensable à la préservation du patrimoine foncier et au développement de leurs activités respectives.

Les contraintes d'ordre institutionnel

Le paysage institutionnel est assez complexe. Les services officiels et les différents acteurs cohabitent sans une réelle coordination qui permettrait de faire jouer les complémentarités et synergies et d'éviter les chevauchements d'actions et les déperditions de moyens. Le déficit de planification et de structuration des services constitue une entrave au développement et une difficulté supplémentaire à la mise en œuvre du projet.

Le déblocage d'importantes ressources liées à l'initiative « Pays pauvres très endettés » (PSTE) et à l'atteinte du point d'achèvement devrait avoir un impact non négligeable. Il devrait permettre de promouvoir des actions de développement hautement nécessaires, mais dont l'efficacité et l'impact risquent d'être compromis faute de coordination. Les actions et interventions prévues dans le cadre du « Programme de développement national participatif » (PNDP) pourraient venir compléter utilement celles envisagées dans la présente étude. Un rapprochement et un dialogue entre les responsables du Projet « ESA - promotion de l'agro-écologie » et les représentations régionales du PNDP sont, de toute évidence, indispensables.

Les contraintes financières

La participation financière des intéressés est incontestablement un gage de réussite et de durabilité des actions mises en œuvre. L'approche participative a présidé aux orientations des projets DPGT et ESA et guidera celles du Projet « ESA - promotion de l'agro-écologie » et, comme sa dénomination l'indique, celles du PNDP. Néanmoins les effets de la crise cotonnière obèrent sensiblement les disponibilités financières des producteurs et des populations de la zone cotonnière et, par conséquent, leurs capacités à contribuer financièrement à la mise en œuvre des programmes et actions envisagés.

La solvabilité affaiblie des producteurs ne justifie en rien l'absence de réseaux bancaires et de mécanismes de crédit rural en zone cotonnière, outre ceux encore assumés par la Sodecoton. Cette carence constitue néanmoins une contrainte et une entrave au développement. Les besoins en financement existent et vont s'accroître au fur et à mesure du développement des activités. L'absence de mécanismes de crédit pose problème. Comment financer la fumure minérale, les charrettes et le matériel agricole, la construction de biefs, de puits...?

1.4. Les atouts du projet

Les atouts et motivations justifiant la mise en œuvre du projet « ESA – promotion de l'agro-écologie » sont nombreux et suffisamment incitatifs :

- Les réalisations des projets DPGT et ESA, l'adoption par les producteurs des semis sans préparation, initiés par la Sodecoton et diffusés maintenant depuis plus de 15 ans, ont largement sensibilisé le paysannat et lui ont conféré l'ouverture d'esprit et les aptitudes nécessaires pour accueillir et mettre en pratique les techniques propres à l'agro-écologie intégrant la lutte anti-érosive, l'agro-foresterie, l'élevage et les SCV.
- Les agriculteurs du Nord Cameroun accoutumés aux semis directs, possèdent déjà une bonne maîtrise des herbicides totaux. Faire évoluer ces producteurs vers les techniques des SCV consiste essentiellement à les amener à maîtriser les rotations, les associations et la succession de culture avec des plantes de couverture. Celles-ci permettront, en produisant davantage de biomasse aérienne et racinaire, de pratiquer le semis direct en continu sans toucher à l'horizon superficiel du sol où se concentre la majorité des échanges sol-plantes.

- Les trois années d'expérimentations sur les SCV au Nord Cameroun, et les résultats obtenus dans d'autres pays (*Brésil, Madagascar...*) où le semis direct sur couverture végétale est plus ancien, montrent que la dégradation des sols cultivés n'a rien d'irréversible. Il est possible, en quelques années, de reconstituer de véritables sols agricoles là où la désertification semblait inéluctable. Cette possibilité de restaurer rapidement la fertilité des sols par les voies organo-biologiques constitue un message d'espoir et une planche de salut pour les agriculteurs du Sud qui ne peuvent financièrement compenser la dégradation de leur « capital sol » par les voies chimiques.
- La diffusion de l'agro-écologie au Nord Cameroun se situe dans un contexte économique où tous les acteurs du développement agricole, des paysans aux responsables de l'encadrement, sont convaincus de la nécessité de faire évoluer l'agriculture actuelle vers une agriculture plus rémunératrice, plus durable, et mieux à même de subvenir aux besoins des générations futures.
- La très forte sensibilisation de tous ces acteurs à l'agro-écologie durant les précédents projets ESA et DPGT, a montré que des solutions existent. De nombreux agriculteurs se les sont appropriées et elles suscitent un fort intérêt dans les villages concernés. La demande de la part des producteurs est bien réelle, que ce soit pour les SCV proprement dits, ou pour toutes les autres disciplines de l'agro-écologie : aménagement de parcelles, installation de haies vives d'épineux pour clôturer les blocs de culture, mise en place d'espèces herbacées ou arbustives fourragères pour nourrir les animaux, et plantations d'arbres (*bois de chauffe, fruitiers*). Pour les activités liées à la promotion de l'arbre, un grand nombre de pépiniéristes a été formé et est à même de fournir des quantités importantes de plants.
- La Sodécoton dispose de moyens humains et logistiques des plus efficaces. Par ailleurs, les cadres et agents du projet ESA, notamment les ingénieurs et techniciens du volet SCV, sont compétents et dynamiques. Ils ont envie de transmettre le savoir-faire qu'ils ont acquis ces dernières années.
- Le projet « ESA – promotion de l'agro-écologie » devrait avoir un impact et véhiculer son message bien au-delà des limites Nord-Cameroun. Les apports des SCV et plus généralement de l'agro-écologie ne concernent pas seulement les agriculteurs camerounais, mais aussi tous ceux qui vivent de la terre dans la zone soudano-sahélienne. Toutes les cultures pratiquées dans ces écologies sont en effet représentées au Nord Cameroun, et le référentiel mis au point et diffusé dans le cadre du présent projet pourrait être applicable et profitable à de nombreux pays.

1.5. Des enjeux

Les travaux entrepris par les précédents projets DPGT et ESA ont permis la mise au point de solutions techniques, reposant sur les méthodes et pratiques propres à l'agro-écologie, capables de restaurer, d'améliorer et de maintenir durablement la fertilité des sols dont dépendent la productivité des cultures et le niveau de vie des populations rurales. Ces solutions ont été mises au point en milieux contrôlés et surtout, elles ont été testées et validées en paysannat. Il s'agit aujourd'hui d'amplifier les résultats obtenus, de les adapter aux différents contextes agro-climatiques et de les diffuser sur une plus grande échelle.

Même si ces pratiques liées à l'agro-écologie et les itinéraires techniques qui en découlent ont été sérieusement testés et sont aujourd'hui suffisamment au point pour être, sans risque, vulgarisés, le principal enjeu du nouveau projet est avant tout culturel. Au-delà des aspects

techniques, il s'agit en effet de substituer par de nouvelles approches, des pratiques agricoles devenues traditionnelles et des modes de fonctionnement et de gestion de terroirs qui constituent aujourd'hui des valeurs fondamentales propres aux sociétés rurales du Nord Cameroun (*coutumes et droits fonciers, transhumance et droit de passage des animaux...*).

"La mise en valeur" des terres sur de nouvelles défriches peut être, en l'absence de mesures précises, estimée à 15 000 ha / an. Si de nouvelles méthodes et de nouvelles techniques ne sont pas mises en œuvre, la baisse de la fertilité des sols se traduira par une diminution généralisée de la productivité des cultures qui accentuera la réduction de l'activité économique en zone rurale.

La baisse de rendements enregistrée en culture cotonnière dans la plupart des pays producteurs d'Afrique de l'Ouest, ne semble pas encore affecter la productivité camerounaise qui pourrait cette année atteindre son meilleur niveau. Sans mettre en doute les chiffres annoncés et la vérité des surfaces, les constats alarmants évoqués ci-dessus : destructuration des sols, rareté de la matière organique, griffes d'érosion profondes et fréquentes, présence accrue de *striga* sur cultures vivrières, pauvreté du couvert végétal... confirment, d'une façon assez générale, notamment autour de Garoua et sur les zones les plus septentrionales,



parcelle paysanne de Mambang en 2003 à droite sorgho associé au brachiaria : pas de striga, à gauche sorgho seul sur sol nu striga très présent

une dégradation avancée des sols et des terroirs. Il est donc urgent de promouvoir et de diffuser à plus grande échelle des techniques culturales et des modes de gestion de l'espace, capables de maintenir la fertilité des sols les plus riches et de restaurer celle des sols déjà fortement dégradés.

II – UN DESEQUILIBRE ACTUEL ENORME DE DEVELOPPEMENT FACE AU POTENTIEL DES RESSOURCES EN EAU ET EN SOLS DISPONIBLES

** Premier pas de la conquête des espaces à fortes potentialités, très sous exploités dans la région extrême nord du Cameroun (Maroua) et le bassin du lac Tchad.*

2.1. Constat

Il existe, en effet dans cette région, un contraste frappant entre les terres exondées l'agriculture pluviale soumises à un risque climatique important, une surexploitation (*cultures, élevage, vaine pâture, bois*) qui accélèrent leur dégradation et qui ont donc exigé des aménagements anti-érosifs coûteux, et les terres soumises à un régime d'hydromorphie dominant durant la saison des pluies, qui sont très sous exploitées :

- Les sols vertiques et vertisols (*des unités morphologiques : Karal + Yaéré + Hardé*) occupent dans le bassin du Tchad les superficies les plus importantes³ ; excepté les Hardés (*destructurés, géochimie dominante du sodium*), ces sols sont de bonne fertilité.

- Les milliards de m³ d'eau qui sont stockés sur ces unités basses de sols ne sont pas exploités durant la saison des pluies ; les agriculteurs attendent que cette énorme richesse hydrique se retire en totalité, pour coloniser une partie de ces terres avec la culture « miraculeuse du Muskwari ». La technique paysanne est remarquable qui a permis d'optimiser les relations « variétés de sorgho x régime hydrique ».

- En dehors de ces sorghos « Muskwaris », rien ; la savane à grandes graminées (*Sorghum halepense, Pennisetum divers, Andropogonées, Hyparrhenia r., etc...*) est brûlée : c'est le désert, excepté un peu de pâturage très extensif et peu productif.

- Rien que dans cette région extrême nord du Cameroun au Nord de la latitude de Guider entre isohyètes de 650 mm au Nord et 1050 mm au sud (*cf. carte 1 de M. Raunet, 2004*), des estimations de surfaces couvertes par ces sols⁴, indiquent des ordres de grandeur (*cf. M. Raunet*) suivants :

. Sols hardés (planosols sodiques)	255 000 ha
. Karé (Vertisols autres que ceux des Yaérés et vallées)	244 000 ha
. Vertisols des Yaérés (parallèle de Koza au Nord)	43 000 ha
. Vertisols de la vallée du Logone	200 000 ha
. Vertisols des vallées (Logone, Mayo Lout et sud Klélé)	70 000 ha

Soit un total, aux environs de 800.000 ha ! (*cf. cartes 2 et 3*).

A l'opposé, les sols exondés ferrugineux tropicaux surexploités, dégradés, à forte densité d'occupation, source de conflits fonciers, couvrent environ 335.000 ha (*cf. cartes 2 et 3*).

On voit bien tout l'intérêt socio-économique qu'il y aurait à construire un développement plus harmonieux capable de soutenir une production agricole (*cultures alimentaires industrielles, élevage, arbre*) beaucoup plus abondante, plus équilibré et durable entre ces 2 grandes entités de terres, soit :

- Soulager la pression d'exploitation sur les terres exondées (*sols ferrugineux tropicaux au sens large*).

- Coloniser les vastes unités de terres hydromorphes (*vertisols au sens large*).

Ce rééquilibrage de développement permettrait (*en tout cas contribuerait*) d'améliorer les conflits sociaux entre agriculteurs-éleveurs sédentaires et éleveurs transhumants.

Voilà à quoi une recherche-action dynamique devrait consacrer l'essentiel de ces efforts ; des résultats rapides, concrets et démonstratifs, appropriables pourraient ouvrir une nouvelle ère de développement pour cette vaste région du bassin du Lac Tchad et du Nord Cameroun en rééquilibrant les dynamiques de développement économique et social tout en diminuant la pression sur les ressources naturelles fragiles comme elle s'exerce actuellement sur le nouveau front pionnier de l'axe N'Gaoundéré – Touboro.

³ cf. thèse remarquable de Melle Christine Raymond, 1999 « Terres inondées et sorgho repiqué ; évolution des espaces agricoles et pastoraux dans le bassin du Lac Tchad ».

⁴ cf. rapport M. Raunet 2003.

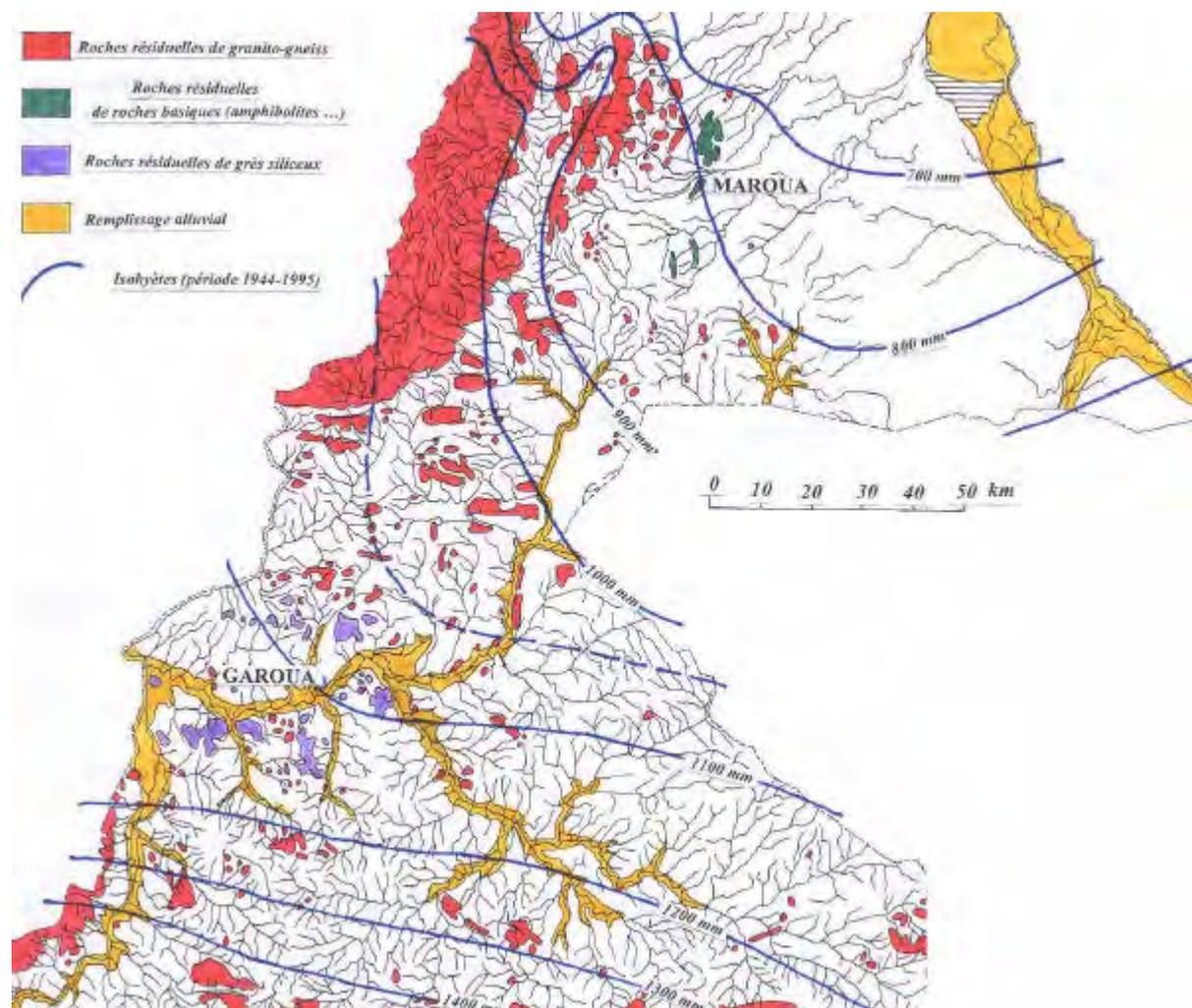


Figure 1 : Réseau hydrographiques et isohyètes de la région du projet SCV/ESA

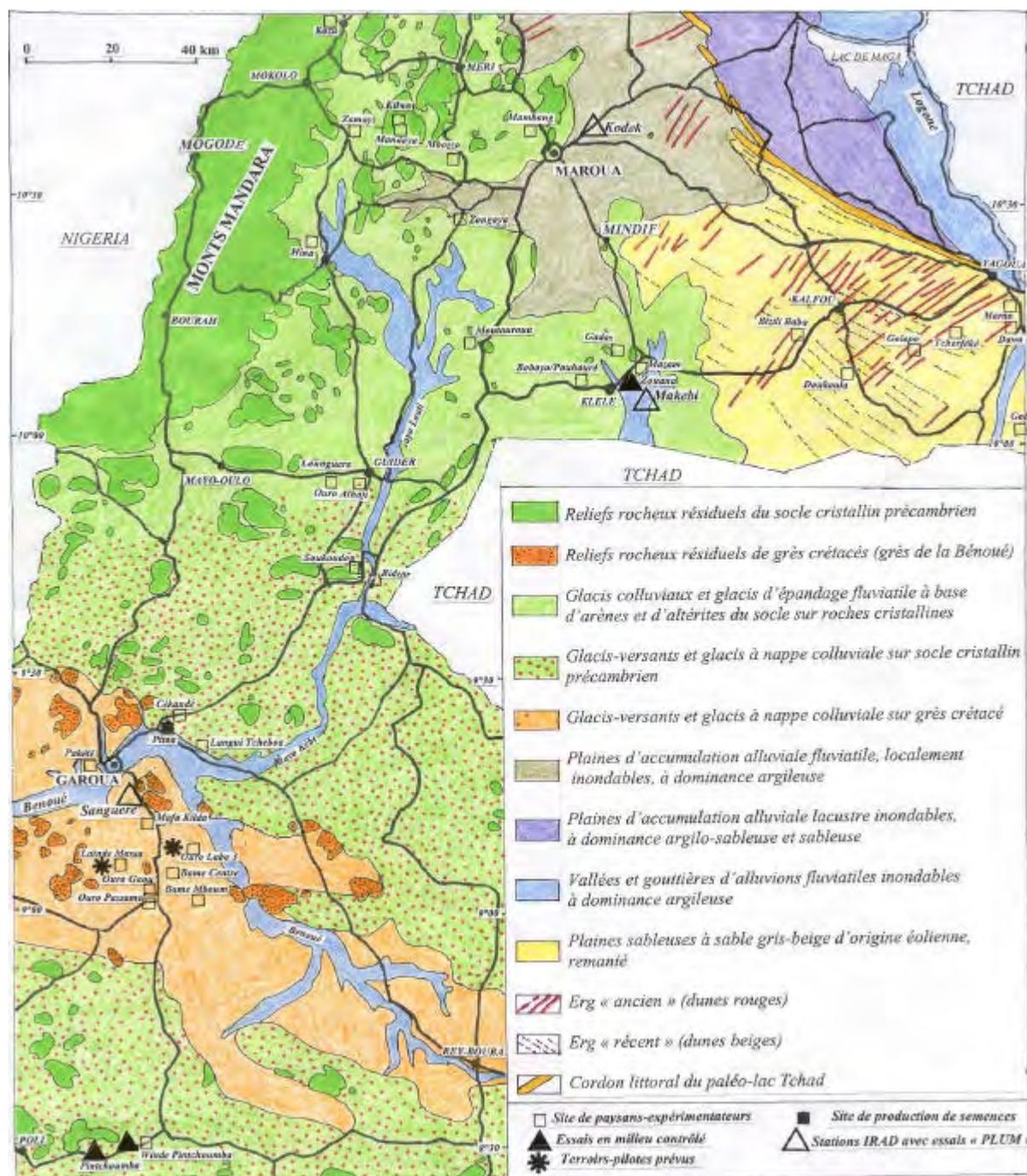


Figure 2 : Esquisse morphopédologique des régions de Garoua et Maroua (Nord Cameroun)

2.2. Premiers éléments objectifs des possibilités de production agricole sur les terres vertiques

Les photos à suivre, illustrent ces premières possibilités de production, à partir, successivement :

- Riz polyaptitudes Sebotas sur vertisols des unités morpho. Karal, yaérés et sur Hardés : les rendements oscillent entre 2 et plus de 5 tonnes/ha en fonction des variétés évaluées, et des conditions de culture (*type de sol x régimes hydriques*).

- *Vigna* cycle court (cv. *David*) sur vertisols Karal, dont la productivité peut être estimée entre 0.6 et 1.2 t/ha.

- *Brachiaria ruziensis* et crotalaire (cv. *Retusa*) sur sol Hardé, (*grosse production de matière verte à l'entrée de la saison sèche*).

(*) *Ces cultures semées en juin – début juillet, occupent l'espace vide de production « entre juin et septembre » et servent de précédent au sorgho Muskwari traditionnel dans la succession annuelle riz, vigna + Muskwari. Les SCV peuvent encore être beaucoup plus diversifiés avec les options « fourrages + vivriers + oléagineux » cf. recommandations.*



Erosion sur Karal



Vigna de premier cycle, précédent du Muskwari



Riz Sebotas (7 cultivar) + B22 + Primavera sur Karal



Riz Sebotas (7 cultivar) + B22 + primavera sur sols hardés



SCV-Crotalaire sur Hardé



SCV-Crotalaire et Brachiaria sur Hardé



SCV-Sorgho + Brachiaria sur Hardé

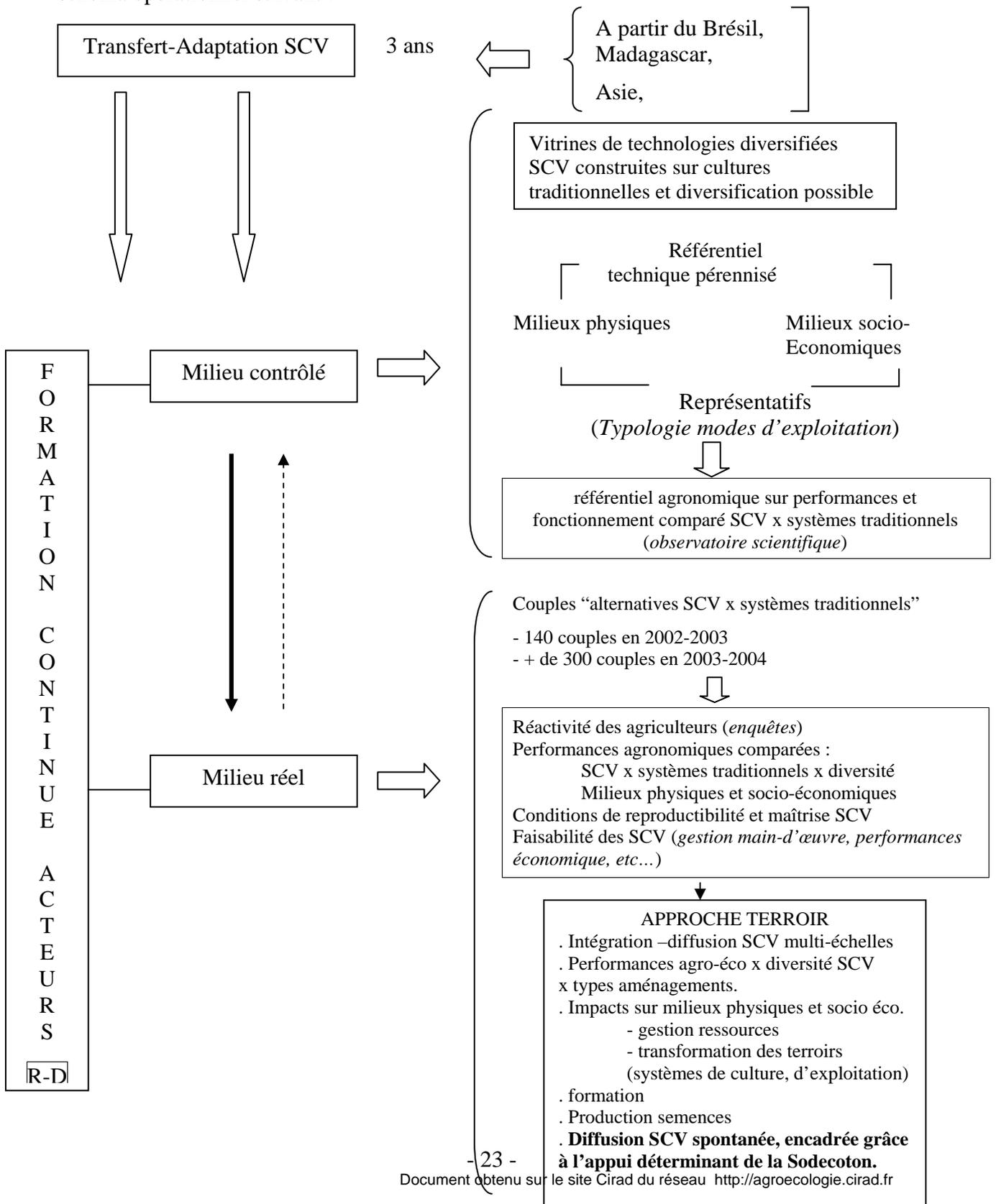


Riz Sebotas (7 cultivar) + B22 + Primavera sur vertisols
des unités morpho. "yaérés"

III – LES SCV AU NORD CAMEROUN – Genèse de leur transfert –adaptation et réponses confirmées, reproductibles, à la diversité du milieu (*physique, socio-économique*)

3.1. Genèse du transfert – adaptation des SCV (*rappel*)

Construite à partir des méthodes maintenant éprouvées de « création – diffusion – formation » qui relèvent de la recherche – action participative, elle peut être résumée par le schéma opérationnel suivant :



(*) *Vitesse de transfert-adaptation, diversité et maîtrise technique des SCV x milieux, reproductibilité des performances technico-économiques, accroissement spectaculaire de la capacité de production de tous les types de sols sur 5 ans (forte résilience dès que bonne maîtrise), acteurs formés, sont autant d'indicateurs significatifs en progression constante qui illustrent à la fois la qualité des méthodes de recherche-action participative, des résultats obtenus et de la formation dispensée.*

3.2. Evaluation des principaux impacts des SCV⁵ sur les performances agronomiques des cultures et la capacité de production des sols

Aussi bien sur les 3 « vitrines SCV » en milieu contrôlé (*une au Nord plus sec, deux au Sud plus humide*), que sur les approches terroirs (*niveau parcelle, systèmes de culture et d'exploitation*), la productivité de toutes les cultures des rotations (*céréales – coton*) progresse⁵ d'année en année et très vite sur les SCV, même en présence de la moitié de la fumure minérale SODECOTON :

- Les rendements de coton en progression constante, sont, sur 5 ans, 1,5 à 2 fois en moyenne plus élevés sur SCV que sur les systèmes traditionnels, en présence d'une très faible fumure minérale⁶ ; Des productivités entre 1,5 et 2,0 t/ha sont atteintes dans la zone extrême Nord la plus sèche, même les années les moins pluvieuses. L'écart des rendements entre semis direct sans couverture, labour et SCV s'accroît d'année en année : respectivement 400 kg contre 900 kg et 1600 kg en 2005 ; si les différences de rendements obtenus entre fumure Sodecoton (200 kg/ha NPK) et la moitié de cette fumure NPK (1/2 = 100 kg/ha) s'accroissent tous les ans sur labour, ils diminuent très rapidement au contraire sur SCV mettant en évidence la forte capacité de récupération du sol sous ce système aussi bien dans la région nord que extrême nord où les différences visuelles entre rendements ne sont pratiquement plus visibles en 2006.
- Les associations « céréales + plantes de couverture » (*sorgho au Nord, Sorgho et maïs au Sud*), produisent de plus en plus de biomasse⁵ sèche/ha, et la compétition entre la céréale et la plante de couverture, diminue avec le temps même dans la zone la plus sèche, traduisant l'augmentation spectaculaire de production du sol, après seulement 5 ans de SCV. (*résilience*)
- La peste végétale « *Striga Hermontica* », parasite endémique et très fortement limitante de la production des céréales, est totalement contrôlée par divers systèmes SCV,⁵⁻⁷
- La culture du riz pluvial⁸ (*cultivars Sebotas à aptitudes multiples*), introduite en 3^{ème} année de SCV dans les vitrines en milieu contrôlé au Nord comme à l'extrême nord exprime un bon potentiel : avec moins de 700 mm dans la région de Kaélé au Nord, les cultivars B22 et Sebotas 1141, produisent entre 1,5 et 3t/ha en SCV, même en présence de la très faible fumure minérale utilisée (*1/2 fumure maïs SODECOTON*),

⁵ cf. rapports annuels de l'équipe SCV du projet ESA (2001-2005) et du rapport de mission 2006 de K. Naudin notamment sur les performances technico-économiques, non exposées ici.

⁶ Inférieure aux exportations par grains des cultures (50 kg/ha NPK + 25 kg/ha urée (23 N).

⁷ *Brachiaria ruziziensis*, crotalaires, niébés, doliques, mucunas, etc...

⁸ cultivars B22, Sebotas 281, 33, 1141, etc...

soit 2 à 3 fois plus que le Sorgho traditionnel. La variété Sebota 1141, et les cultivars SBT 281, 68, 41, 65 montrent une productivité supérieure à 4-5 t/ha, en présence d'une fumure plus forte, dans la région Nord la plus arrosée (*Pintchoumba – 2006*).

- Les cultures associées aux céréales dans toute la région : *Brachiaria ruzi.*, *Crotalaria r.*, *Dolichos lab lab*⁹, *Stizolobium at. (mucuna)*, Niébés divers dont cycles longs, mélanges graminées – légumineuses (*regain de biodiversité*), fournissent toutes (*exceptés les cycles courts*) une très forte biomasse verte en saison sèche, exploitant mieux les ressources hydriques disponibles ; les espèces comme *Brachiaria ruzi.*, *Stylosanthes hamata et Guyanensis*, constituent ainsi d'énormes ressources fourragères¹⁰ additionnelles en saison sèche.
- Diverses espèces arbustives sont implantées avec succès sur les vitrines et terroirs (*remettre de l'arbre*) :
 - Espèces épineuses pour éviter la divagation des animaux (*Zizipus mucronata, Acacia nilotica et polyacantha, Jatropha etc...*)
 - Légumineuses à croissance rapide, telles que *Acacia Auriculiformis, mangium...*
- Diversification des espèces fourragères pérennes, à très forte productivité en saison sèche et non envahissantes des cultures, telles que le *Bana Grass, Cajanus cajan* (*diverses variétés qui peuvent être associées au Brachiaria ruzi et aux cultures annuelles de céréales*).
- Diversification également des espèces fourragères adaptées aux contraintes pédoclimatiques du Nord Cameroun :
 - *Brachiaria brizantha* (*au Sud*)
 - Divers cultivars de *Panicum maximum* (*au Sud*)
 - *Cenchrus ciliaris* (*à l'extrême Nord plus sec*)
 - *Stylosanthes hamata et Guyanensis* (*toute la zone*)
 - *Centrosema pascuorum*, *espèces de légumineuses issues du germoplasm local* (*genres Tephrosia, Sesbania, Alysicarpus, etc..*)
- Ce germoplasm diversifié et performant est multiplié sur les vitrines en milieu contrôlé et aussi sur les terroirs (*apprendre aux agriculteurs à produire leurs propres ressources génétiques et à les maintenir pures*).

On notera des problèmes nutritionnels fortement limitant de la protection des cultures sur le site « vitrine SCV x systèmes traditionnels » de Pintchoumba :

- Déficience à carence en manganèse sur riz et coton
- Déficience à carence en zinc (*maïs*)
- Déficience en calcium sur *Arachis pintoï*

(*) cf. recommandations sur la fertilisation et analyses de sols au chapitre IV.

- Sur Karal et Yaéré (*sols vertiques*), les collections de riz implantées (*Sébotas pluri-aptitudes*) aussi bien dans la région de Kaélé au Nord, qu'à Garoua au Sud, montrent un fort

⁹ variétés à grains blancs comestibles.

¹⁰ cf. recommandations pour rendre compatible « reconstruction de la fertilité des sols et les systèmes agriculture-élevage ».

potentiel de production entre 3 et 6t/ha, malgré des conditions pluviométriques assez fluctuantes.

Parmi les cultivars de riz qui se comportent très bien dans tous les milieu (*large adaptabilité*) on citera : Cirad 1141, B22, Primavera, Sebotas 281, 41, 65, 68, 69, 33 (*ce dernier est aromatique, et ouvre la voie d'une filière de qualité pour le Cameroun et l'exploitation*).

- Dans la collection de Sorghos CIRAD, on note l'excellent comportement de CIRAD 406 (*paille et grains*), CIRAD 436, CIRAD 203. Ces cultivars sont déjà passés à l'épreuve du goût des agriculteurs (*boule, bière, etc...*) et peuvent maintenant être diffusés et multipliés dans le cadre de l'opération « terroirs ».

En résumé :

Sous SCV, la capacité de production du sol augmente rapidement sur tous les types de sols, même les plus pauvres et dégradés ; cette amélioration rapide de la capacité de production¹¹ est due, simultanément à :

- Une amélioration spectaculaire de l'efficacité de l'eau :
Suppression du ruissellement et des externalités (*efficacité du système de porosité, rugosité forte de surface*).
- Une augmentation concomitante de la fertilité d'origine organo-biologique (*M O, Restructuration puissante du profil cultural par les effets racinaires alliés au travail de la macrofaune, recyclage efficace des nutriments → fermeture du cycle sol – cultures*).

Cette amélioration rapide et au moindre coût, permet :

- De produire beaucoup plus de biomasse totale annuelle (*au-dessus du sol et dans le profil*) : plus de production de grains et pailles pour les cultures en rotation, plus de production des plantes de couverture améliorantes associées (*fourrages, Niébés, Doliques, etc...*), ouvrant ainsi des perspectives :
 - . de négociation plus facile et plus positive avec les éleveurs transhumants à partir de richesse en biomasses plus abondantes maintenant disponibles.
 - . de produire plus d'aliments, de fibres, oléagineux (*à développer*) telles le soja, tournesol, ricin, sésame qui peuvent servir à la fois les objectifs de production de biocarburant du nouveau projet, l'alimentation du bétail et humaine, et d'amélioration des performances agrotechniques et économiques des SCV (*biodiversité, fixation gratuite d'azote...*).
- De diminuer la compétition « culture – plante de couverture associée »,
- D'incorporer rapidement aux systèmes SCV de nouvelles cultures plus exigeantes en eau (*impossibles à cultiver sur les systèmes traditionnels*) telles que le maïs et le riz pluvial, même dans les zones plus sèches. (*élargissement de l'aire géographique des cultures*).

¹¹ Les impacts des SCV sur les propriétés physiques et hydrodynamiques du profil cultural sont évalués (SCV x systèmes traditionnels) sur les vitrines SCV en milieu contrôlé (cf. rapport E. Scopel 2004).

IV – RECOMMANDATIONS ET JUSTIFICATIONS

4.1. Diffusion des SCV : Comment l'organiser à partir des acquis techniques aux divers niveaux d'échelle, des moyens matériels et humains ?

() Rappel : Une diffusion responsable et concertée, pour être efficace, et durable (appropriation) doit intégrer les dimensions socio-économiques, d'organisation et culturelles ; les SCV doivent être incorporés dans la gestion communautaire et évolutive des ressources en biomasse, force de travail (intégrer la vaine pâture), prise en compte et maîtrise collective : des flux hydriques à l'échelle des toposéquences et unités de paysage, flux de commercialisation des productions, d'achat d'intrants et facteurs de production (matériel agricole, etc...), transformation des productions, flux de production et de distribution de semences indispensables à l'adoption des techniques de l'agroécologie (SCV, promotion de l'arbre, rationalisation foncière, etc...) ; analyse des impacts des systèmes de culture (traditionnels, SCV, mixtes) systèmes d'élevage, des exploitations agricoles, des conditions, niveaux de vie et stratégie des agriculteurs ; promotion et dynamiques de la formation d'associations de producteurs porteurs des techniques agro-écologiques dont les SCV, au niveau régional.*

→ **consulter mes recommandations 2004** : mise en oeuvre, paramètres et indicateurs de suivi-évaluation,

→ **cf. consulter absolument le doc : projet « eau, sol, arbre – Promotion de l'agroécologie »**. MINADER, DAGRIS, déc. 2005 en annexe 1 de ce rapport :

Page 35 à 87 : Finalités et objectifs généraux, orientation et stratégie d'intervention ; les actions du projet : Recherche adaptative, diffusion, diversifications et innovations ; formation et sensibilisation, aspects institutionnels et organisation ; personnel et appui externe ; les coûts du projet, constituent les principaux chapitres développés. Je partage totalement les recommandations du chapitre 3.2 « les actions de diffusion » (pages 49 à 57), pour avoir participé à leur conception en concertation avec H. Charpentier ; ces recommandations pour une diffusion de masse efficace et encadrée visent l'incorporation de plus de 15000 ha de SCV sur la période 2007-2009.

. Recommandations complémentaires pour une diffusion de masse des SCV et des techniques agroécologiques

. Tous les éléments techniques, le niveau de perception et de maîtrise des SCV par les agriculteurs, la compétence de l'équipe ESA aussi bien en milieu contrôlé que réel, l'encadrement efficace de la SODECOTON, son autant d'outils opérationnels maintenant réunit pour la diffusion au niveau des terroirs, et à plus grande échelle.

. **Diffusion encadrée et diffusion spontanée** : la qualité de la première alimente la seconde ; La diffusion encadrée va bénéficier d'un « chef d'orchestre » efficace, qui connaît bien les milieux physiques et humain, qui sait agir sur le terrain pour, avec et chez les agriculteurs : la SODECOTON ; les agriculteurs et associations pourront disposer de l'organisation du crédit, des filières commerciales, dans des structures foncières sécurisées, etc...

. La diffusion spontanée de paysan à paysan, de village à village, constitue l'indicateur de succès le plus significatif. Elle peut se développer sous deux conditions nécessaires et suffisantes :

- Dès que la pré-diffusion encadrée a montré, démontré, expliqué les SCV pour que leurs principes de base fonctionnement et la maîtrise des techniques soient appropriés par les agriculteurs (ils innovent à partir de ce stade).

- Si la recherche-développement amont, a pu et bien su montrer, démontrer, enseigner les SCV « sans intrants » ou avec un minimum d'intrants, qui ne nécessitent donc que de très peu de crédit, et intrants pour se développer ; la diffusion spontanée est alors d'autant plus rapide et massive (*surfaces, nombre d'agriculteurs*) que ces SCV « sans intrants » ou avec un minimum d'intrants possèdent une très large adaptabilité aux différentes régions (*conditions pédoclimatiques variées*) et sont très faciles à pratiquer, à reproduire.

. Actuellement les travaux de recherche-développement construits et conduits par l'ESA (*saluons au passage leur qualité*), permettent de faire émerger des SCV « avec minimums d'intrants » plus performants que les systèmes traditionnels (*économie de main d'œuvre, moindre possibilité, productivité plus élevée et croissante*), et à très large adaptabilité.

. Parmi les SCV déjà **opérationnels**, on peut citer :

1/ Les rotations céréales + plantes de couverture/coton avec la ½ fumure Sodecoton.

→ Les plantes de couverture pouvant être :

- . *Brachiaria ruzi*.
- . *Crotalaria retusa* ou *Juncea* ou *Spectabilis*
- . le mélange des 2 espèces (Brachiaria + Crotalaria)

→ Les céréales : sorgho ou maïs, riz pluvial
(* *régions Nord et extrême Nord.*)

2/ Les mêmes rotations céréales + plantes de couverture en rotation avec le coton l'année suivante précédé d'une plante de couverture à forte densité semée à l'entrée de la saison des pluies (*sorgho, ou mil*), soit :

→ Année 1 : sorgho ou maïs associés à Ruzi, crotalaires ou mélange des 2.

|
En rotation
|

→ Année 2 : sorgho } Forte densité + coton en succession
mil } Semis 1^{ère} pluies utiles

(* *Ce 2^{ème} système en région Nord où il y a plus de disponibilité en eau.*)

3/ Rotation triennale

Année 1	Année 2	Année 3
Sorgho associé à <i>Ruzi</i> ou crotalaire ou mélange des 2	Maïs associé à <i>Ruzi</i> . ou crotalaire ou mélange des 2 ou et riz pluvial	Coton (extrême Nord) ou succession sorgho, mil forte densité + coton (Nord) ou Riz

. Parmi les SCV en cours de développement, à confirmer, et le plus rapidement possible, car ils ouvrent la voie possible **des SCV sans intrants** (*alimentent une forte diffusion spontanée*) :

Année 1	Année 2	Année 3
Maïs ou sorgho associés à <i>Stylosanthes guyanensis</i> (semis simultané)	<i>Stylosanthes</i> ou <i>Alysicarpus</i> <i>guyanensis</i> laisser pousser en année 2 (exploiter partie pour élevage) laisser tomber les semences au sol	Riz pluvial ou Maïs ou coton avec contrôle raisonné Stylo. (couverture vive)
Année 1 - manioc + B. ruzi.	Année 2 coton (sur B. ruzi) riz, maïs (sur Stylo.)	

. Dans tous les cas, il est fondamental, de bien choisir, en fonction à la fois, des situations pédoclimatiques, de l'état de dégradation des sols, et des systèmes de production (*avec ou sans élevage*) des SCV simples à pratiquer, dont il faut faire l'inventaire par région.

. Autre clé déterminante du succès de la diffusion, qu'elle soit encadrée ou spontanée : la production de semences au niveau des terroirs villageois ; ce savoir faire est incontournable pour alimenter, en continu, la diffusion.

(*) *Notre expérience à Madagascar, a été très riche d'enseignements à cet égard : les semences ont été le frein principal à la diffusion pendant 2 ans.*

. Après fixation de la demande en semences provenant du milieu réel (*des régions*), le projet **MAISCAM** peut parfaitement les produire en grande quantité (*cf. recommandations du chapitre 4.3*) les premières années de la diffusion et, ensuite, au fur et à mesure que les terroirs et associations villageoises prendront cette multiplication en charge, le projet privé maïscam pourrait poursuivre la multiplication **des semences de base** (Go, G, R). Cette stratégie du maintien de la pureté variétale est très importante pour éviter de voir chuter la productivité en cas de très forts mélanges (*exemple des variétés de riz Sebotas*) déjà très

mélangées 2 ans seulement après leur introduction → cf. recommandations à la recherche pour y remédier, chapitre 4.2.

Il est également utile de rappeler que les semences d'espèces fourragères telles que *Brachiaria ruziziensis*, *brizantha* ; *Stylosanthes guyanensis*, *Hamata* peuvent être produites en association avec des cultures alimentaires pour en diminuer le coût, exemple : Les *Brachiarias* peuvent être produits en association avec un riz de cycle court (*Primavera par exemple*) ou un maïs ; avec le riz, en semis simultané, il faut placer les semences des *Brachiarias* à 4-5 cm de profondeur ; en semis mécanisé on les place à la même profondeur en les mélangeant à l'engrais.

Les Stylos peuvent être produits en semis simultané avec maïs et utilisation de l'herbicide Alachlore (*p.c = lasso*) en pré-émergence.

(*) A noter que pour les éleveurs sédentaires du plateau de l'Adamaoua, ces systèmes pourraient être avantageusement pratiqués : le revenu élevé que fournit la céréale associée permet de payer le coût d'installation du pâturage et garantit une production soutenue et très élevée du pâturage sur 5 ans ; il ne faut pas oublier que pour obtenir une production très élevée et constante sur 5 ans, l'association céréale (riz cycle court, maïs) + espèce fourragère doit recevoir, au semis, une fumure consistante du type 30N + 120 K₂O/ha ; ensuite une fumure d'entretien de faible niveau après chaque pâture (piquets tournants de 5-7 jours consécutifs de pâture pour 21 à 30 jours de repousse).

. **Des magasins d'intrants et petits équipements, « porte ouverte »** « devraient être installés sur chaque terroir, dans lesquels les producteurs auraient le **libre choix** pour l'achat de leurs intrants qu'ils rembourseraient à la récolte sous forme de production ou argent. **Ces magasins apportent des enseignements précieux sur les choix et stratégies paysannes, pour la diffusion à grande échelle.**

. **Anticiper pour l'installation des SCV**, chaque fois que c'est possible soit dans les **zones à faible densité d'occupation** des terres (*Touboro, Pintchoumba, etc...*) :

- 1 an avant l'installation des SCV, coloniser les jachères pendant 1 an avec des plantes de couverture à fort développement telles que la **Mucuna**, la dolique, installées à l'entrée de la saison des pluies ; en 1 an, ces plantes couvrent étouffent la végétation en place, contrôlent toute la flore adventice ; fixent entre 80 et 120 kg/ha de N, et recyclent les nutriments tels que Ca, mg, mn, zn, cu, dont les sols sont parfois déficients (*zone de pintchoumba en région Nord*).

. **D'autres possibilités de colonisation des jachères sont possibles**, après brûlis traditionnel de saison sèche :

. Si l'on veut éviter le passage des bovins, on peut installer des mélanges d'espèces de couverture non appréciées par les animaux, à partir des espèces telles que les **crotalaires** (*Juncea, Retusa, Spectabilis, etc...*) + les **Tephrosias locaux** (diverses espèces à fort développement → cf. site de Zouana) + les **Sesbanias locaux** (très fort développement également), et du puissant mélange Eleusine + crotalaires, toutes bien adaptées aux deux régions du Nord Cameroun.

. Si l'on décide de laisser passer les bovins (zones de parcours traditionnelles ou négociées), des mélanges à base de *Brachiarias* + *Stylosanthes guyanensis* et *hamata* à l'extrême nord, et de *Stylosanthes guyanensis* en toute région qui permettra d'installer l'année suivante les SCV « zéro intrants » (sans herbicides, sans engrais) ; sa forte biomasse, permet après un an de développement, si jamais pâturée ou pâturée une seule fois 40 à 60 jours avant la fin des pluies (*pour permettre une repousse très conséquente pour la saison sèche*), de couvrir efficacement le sol pour 2 ans ou plus.

() Il est conseillé de pelletiser les semences de Stylo. avec du phosphate naturel (200 g/kg de semences) pour lui permettre une croissance initiale plus rapide.*

. **Se rappeler des fonctions spécifiques des plantes de couverture** ; par exemple, la biomasse de mil, déjà après 40 jours de croissance, recycle d'énormes quantités de potasse (120 à 180 kg de K/ha) et peut donc être utilisée pour cette fonction dans la zone Nord où il existe des déficiences (*à carences*) en K. Cette biomasse de mil peut être implantée comme précédent de coton dans la région Nord, ou comme sole améliorante pendant 1 an, en association avec *Stylosanthes guyanensis*, etc... (*sole tournante dans l'exploitation*).

. **Les acquis actuels SCV** (*recherche participative et pré-diffusion*) permettent d'envisager dès maintenant **l'introduction d'une petite mécanisation à base de motoculteurs bon marché** importés d'Asie (*japonais, chinois*), qui sont extrêmement fiables et équipés pour de multiples fonctions : transport, semis direct, pulvérisation, irrigation, battage, etc...

() la première mission utile à faire pour l'équipe ESA est certainement en Asie (Cambodge, Laos) pour voir, au-delà des SCV en culture manuelle, comment se développe une petite mécanisation adaptée aux SCV (équipe Fl. Tivet, A. Chabanne, H. Tran Quoc, P. Lienhard, S. Boulakia), pour les associations de producteurs. Enfin, il me paraît fondamental, pour espérer une diffusion rapide des SCV en Afrique (zones soudanienne, soudano-sahélienne), que l'équipe de l'ESA, très compétente (continuum de création-diffusion-formation sur les SCV), acquièrent le statut de consultant auprès des bailleurs de fonds (AFD, FAO, BM) pour attaquer d'abord les SODECOTON de ces zones écologiques (Mali, Burkina Faso).*

4.2. La recherche – action participative sur les SCV : « booster » les fonctions restauratrices de la fertilité des sols et de leur capacité de production (productivité, diversification, agriculture-élevage)

. Avant de voir comment ajuster-amplifier les actions de recherche participative au service de la progression des SCV dans le changement d'échelle que l'on propose, il est nécessaire de définir le partage de ces actions entre l'ESA, l'IRAD et les intervenants extérieurs, pour rechercher les complémentarités et synergies les plus efficaces.

4.2.1. Qui fait quoi ? (types d'activités)

. Sans rentrer dans le détail des actions à consolider, et à créer (*cf. projet eau-sol-arbre-production de l'agro-écologie, p. 38 à p. 48*) et compte tenu des compétences des 2 équipes ont peut souhaiter :

- que l'équipe ESA, intégratrices, doit charger, non seulement de se consacrer au continuum « création-diffusion-formation » sur les systèmes SCV et les techniques agroécologiques, mais également à la mise en place des dispositifs systèmes à venir, y

compris ceux qui supportent ou devraient supporter à l'avenir les recherches thématiques scientifiques conduites par l'IRAD. Cette mesure assurerait une complémentarité effective en utilisant au mieux les compétences de chaque équipe et en remplaçant les recherches thématiques au cœur des systèmes de culture.

- que l'équipe IRAD, concentre ses activités, sur les thèmes scientifiques indispensables au progrès des systèmes et dont l'évaluation se ferait si possible dans les systèmes de culture déjà identifiés pour être diffusés ou prometteurs, en phase de construction (*en devenir*).

4.2.2. Propositions d'actions de recherche

(*) *Rappel : Mes propositions 2004 (p. 14 à p.24) qui sont toujours d'actualité, seront largement reprises.*

a) Poursuivre la pérennisation des vitrines de l'offre technologique « systèmes de culture » au Nord et à l'extrême Nord.

Fonctions : Etudes sur fonctionnement agronomique comparé des systèmes (fertilité, bilan hydrique, etc...).

- . démonstration – formation pluri-acteurs,
- . multiplication de semences
- . analyses d'impacts : sols, eau, performances agrotechniques comparées des systèmes dans le temps.

b) Préserver la station de Pitoa, au Nord pour les introductions variétales et maintenir leur pureté, tester des molécules pesticides, etc..

A propos du maintien de la pureté variétale : le germoplasme riz, nouvellement introduit est déjà très mélangé ; pour récupérer la pureté variétale, procéder comme suit :

- Au lieu de vouloir épurer des mélanges complexes, il est préférable de partir de 10 à 20 panicules de la variété originale ; ces 10 à 20 panicules, seront semées en « panicule/ligne » séparées de 40 cm ; en cours de ce cycle, les lignes qui ne paraissent pas conformes sont éliminées – à la récolte on cueille :

- . de nouveau 10 à 20 panicules/variété pour recommencer l'année suivante → Go.
- . le reste de la semence issue de ces panicules est récolté en mélange (*bulk*), il sera multiplié en 2^{ème} année pour donner la génération G1, et ainsi de suite → cf. sélection généalogique classique.

- Ce schéma initial très simplifié pour récupérer rapidement la pauvreté variétale sur les variétés les plus intéressantes (*issus de tests de comportement x variabilité du milieu*), s'applique à toutes les plantes autogames.

c) Ouvrir de nouvelles parcelles « systèmes de culture pour enrichir l'offre technologique à partir de nos acquis actuels.

■ Les systèmes « zéro intrants » ou « minimum d'intrants » en sol exondés

Ces systèmes, faciles à pratiquer et productifs sont au coeur de la diffusion spontanée ; même si ils peuvent se passer pratiquement d'intrants pendant de longues périodes, d'autant plus longues que les sols ont une bonne fertilité au départ, il est conseillé de ramener les nutriments que l'on exporte des parcelles pour répondre à coup sûr, aux exigences de la durabilité d'exploitation : on ne peut pas, en effet, toujours « tirer indéfiniment » des nutriments des sols, sans jamais ne rien restituer.

Ces systèmes « zéro ou minimum d'intrants », sont construits sur le *Stylosanthes guyanensis* qui contrôle toute la flore adventice, fixe gratuitement beaucoup d'azote de l'air, et laisse après un an complet de croissance, une énorme biomasse sèche qui couvre parfaitement le sols pendant 2 ans. → 2 exemples :

1/ SCV céréales/coton

. Planter d'abord en **1^{ère} année**, de la mucuna (*Nord extrême Nord*), ou dolique (*Nord*), pour couvrir le sol, étouffer la flore adventices, fixer de l'azote, préparer le lit pour installer le semis direct l'année suivante.

. A partir de **l'année 2**, mettre en place le système SCV triennal riz/maïs/coton, mais de telle sorte que l'on puisse analyser les effets climatiques sur chacune des cultures de la rotation :
(*) à noter que le sorgho peut remplacer le maïs.

Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6
Mucuna ou Dolique ou mlange des 2	Maïs + Stylo	Stylo 1 an	1. riz + Stylo 2. maïs+ Stylo 3. coton	—coton —riz+Stylo —Maïs+Stylo	— Maïs+Stylo — Coton — Riz+Stylo

Cette rotation pourrait recevoir 6 niveaux de fertilisation minérale :

- Fo → sans fumure
- F₁ → fumier seul (3 à 5 t/ha)
- F₂ → ½ fumure NPK SODECOTON
- F₃ → ½ fumure NPK SODECOTON + fumier (F1)
- F₄ → Fumure NPK SODECOTON
- F₅ → fumure NPK SODECOTON + complément : 150 kg/ha superphosphate simple +50 kg KCL/ha + oligo-éléments (zn, mn, cu, B).

2/ Les systèmes manioc + *Brachiaria ruziziensis*, *Brizantha* et manioc + *Stylosanthes guyanensis*

. Ces systèmes permettent d'associer dans les sols dégradés, production de tubercules et fourrages et de refaire la macroporosité du sol surtout avec l'association manioc + *Brachiaria ruziziensis*. Les espèces fourragères sont exploitées tout au long du cycle du manioc, et peuvent être laissés comme couverture en croissance à partir du moment où le manioc met ses fruits aériens.

(*) A Madagascar, la productivité du manioc est multipliée par 2 à 5 dans le système manioc + *Brachiaria* par rapport au manioc en culture pure ; il est évident que le glyphosate est indispensable pour implanter d'autres cultures après le manioc + *Brachiaria*, ce qui n'est pas le cas pour l'association manioc + *Stylo* → cf. fiches techniques Madagascar.

. Le système manioc + stylo permet, après la récolte du manioc d'entrer dans les SCV sans intrants ou à minimum d'intrants (*restitution des nutriments exportés par les grains et fibres*).

■ Des itinéraires riz pluvial SCV performants, en rotation avec coton (zone Nord)

- 1) Riz culture pure (idem 2003/2004) – B22, *Primavera*, 114 et cultivars SBT.
- 2) Riz cycle court (B22 et *Primavera*) en lignes alternées avec *Brachiaria ruziziensis* (qui sera semé en simultané avec riz, mais plus profond), ou *Cenchrus ciliaris*. (*extrême Nord*).
- 3) riz cycle court (B22 et *Primavera*) en lignes alternées avec *Stylosanthes guyanensis*.
- 4) et 5) idem 2) et 3), mais laisser les plantes de couverture (*Brachiaria*, *Stylosanthes*) toute la saison des pluies suivantes ; en 3^{ème} année : coton SCV.

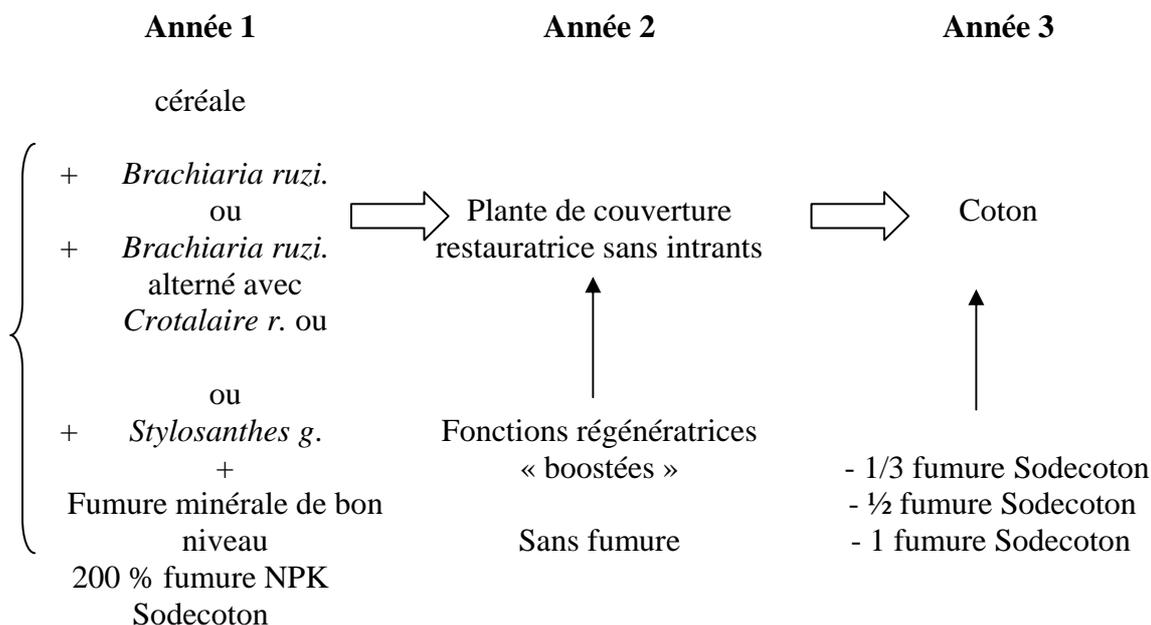
Fumure minérale renforcée, (150 % fumure Sodecoton) pour « booster » les fonctions restauratrices de la fertilité, des associations fourragères en année 2 qui ne recevront aucun intrant.

■ Itinéraire SCV triennal incorporant le mélange restaurateur, « Eleusine + légumineuses associées »

■ Sur les 3 vitrines (Zouana au Nord, les 2 sites de Pintchoumba au Sud), produire plus en SCV sur seulement la moitié de la surface cultivée que sur toute la surface en systèmes traditionnels (cf. SCV avec minimum d'intrants)

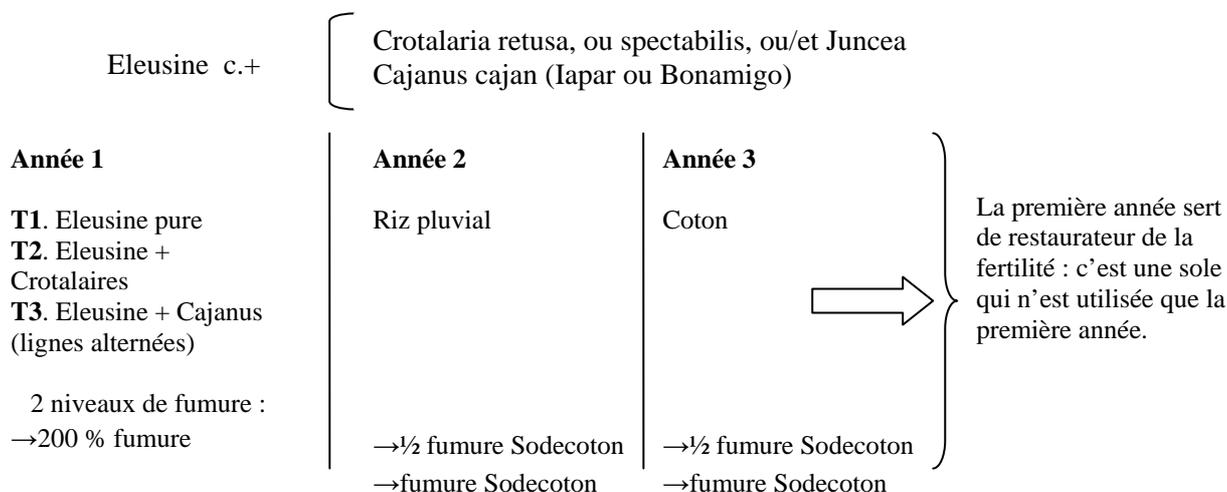
Compte tenu de l'amélioration rapide constatée (*Amérique du Sud, Afrique, Asie*) de la capacité de production du sol en SCV, la reconstruction de la fertilité par voie organo-biologique peut être très fortement « boostée » si on laisse, l'année suivante, les plantes de couverture intercalaires des céréales pousser pendant 1 an car elles possèdent des fonctions restauratrices beaucoup plus puissantes que les plantes cultivées ; ce sont les outils biologiques les plus aptes à transformer l'engrais minéral acheté en engrais organique ; au delà de leur dominance sur les autres espèces (*adventices*), leurs capacités restauratrices exceptionnelles de la fertilité leur permettent de faire remonter beaucoup plus vite la fertilité du sol, sans intrants en 2^{ème} année. Il est toutefois souhaitable pour « booster » ces fonctions de régénération à court terme, d'utiliser sur l'association « céréale – plante de couverture » en année 1, une fumure minérale de bon niveau (*ex : fumure SODECOTON + 50%*).

L'impact de ce type de système SCV,



sur la productivité du coton en 3^{ème} année et sur la qualité biologique des sols, est très important, pour démontrer son intérêt à court terme sur la fertilité organo-biologique et la capacité de production du sol. (cf. *itinéraires SCV triennal incorporant le mélange restaurateur Eleusine + légumineuses*).

Tous les systèmes SCV, dont la supériorité agronomique et technico-économique sur les systèmes traditionnels ne fait plus de doute, mériteraient des « subventions » pour stimuler leur diffusion – appropriation rapide et pour remonter au plus vite la fertilité des sols ; Ces systèmes sont en effet beaucoup plus efficaces que les aménagements anti-érosifs actuellement subventionnés à grands frais. (*Il est cependant évident qu'il n'y a aucune raison d'opposer ces aménagements et SCV. Les SCV pratiqués dans les aménagements + l'arbre pourront être implantés plus rapidement et plus efficacement*).



(*) *Tous ces itinéraires SCV, nouveaux à ouvrir, peuvent être implantés près de nos vitrines actuelles tant au Nord comme au Sud.*

■ **Itinéraires SCV avec plantes de couverture associées, implantées en fin des pluies : des SCV très importants pour zone plus humide de la région nord (Pitchoumba, Touboro)**

Au-delà des SCV actuels qui associent céréales (*maïs, sorgho*) et plantes de couverture en semis simultanée ou légèrement décalé, construire de nouvelles alternatives très intéressantes qui minimisent la compétition « céréale – plante de couverture » : planter, en semis direct (SD), un mois à 45 jours avant la fin du cycle des pluies, dès que les adventices repoussent entre les lignes de céréales (les dessécher à l'herbicide total) : *Brachiaria ruziziensis* pur en association avec *Crotalaria retusa* ou *Cajanus cajan* (Iapar ou Bonamigo) ou encore en interlignes alternés de *Ruziziensis* / légumineuses, mil et sorgho à forte densité.

Ces couvertures, qui sont aussi d'excellentes ressources fourragères (exceptée *Crotalaria retusa*), sont précieuses, pour, à la fois :

- Alimenter les animaux en saison sèche,
- Contrôler totalement la flore adventice en saison sèche et à la reprise des pluies de la saison des pluies suivantes.

• **SCV sur couvertures vivantes**

L'*Alysicarpus* local et l'*Arachis pintoï* (après correction des carences en Ca, Mn, Zn, B) peuvent permettre de construire des SCV simples et peu contraignants sur couverture vivante permanente : riz pluvial, maïs, sorgho, coton. Ces légumineuses doivent être desséchées en pré-semis direct avec :

- Préférentiellement du DIQUAT, le plus efficace sur dicot. et légumineuse en application séquentielle sur 5 jours = 1 à 1,5 l de P.c/ha qui peut être renforcé par un produit de pré-émergence (*ex / Atrazine sur maïs, sorgho ; oxadiazon, sur riz pluvial*).

- En l'absence de DIQUAT, le paraquat peut être utilisé, quoique moins efficace, sur Dicot. et légumineuses, de même que le 2-4 D amine ; il serait enfin intéressant de préciser quelle dose de glyphosate le contrôle sans le détruire.

• **Biomasses précédents le sorgho ou le coton de semis direct tardif, implantées en début des pluies :**

- Le sorgho semé à forte densité déjà testé avec succès.
- Le sorgho + *Crotalaria juncea* (6 à 7 kg de chaque espèce en mélange).
- Le mil semé à forte densité (*idem sorgho*)
- Le mil + sorgho + *Crotalaria juncea* + *Sesbania* (mélange de « biodiversité » efficace).
- Eleusine + *Crotalaria spectabilis*, en mélange → biomasse suppressive des maladies cryptogamiques des cultures.

(*) *il est très important d'expérimenter ces espèces et mélanges d'espèces (auxquels pourront se joindre également les Amaranthes (cf. Hubert Charpentier), les Echinochloa (cf.*

H. Charpentier) qui sont, comme l'Eleusine des plantes de couverture pour la consommation humaine, et des recycleurs des nutriments, exceptionnels.

Ces biomasses implantées à forte densité entre fin avril et mai, précèdent le coton ou le riz pluvial, le maïs, seront roulées, puis desséchées avant semis direct de ces cultures.

() Sur ces biomasses roulées, il est très important de vérifier si l'on peut effectuer le remplacement du glyphosate par des solutions salines de KCL ou ammonitrate (solutions à 10 %, 20 %, 30 %, 40 %), appliquées après le roulage, sur pailles humides) ; comparer ces doses salines avec le glyphosates + un témoin non traité (biomasse simplement roulée).*

■ Sur les vertisols de l'extrême Nord :

• **Intensifier** mise au point itinéraires SCV Riz pluvial + Muskwari, espèces fourragères, *Primavera*, Fofifa 152, 154.

Riz pluvial, SCV précoce (*I^{ères} pluies utiles*), cultivars B22, *Sebotas* 147, 182, 33, 41, 65, 1141, + nouveaux *Sebotas* 68, 69, 70 + *lajeado* (cycle long → paille à consommer par bétail en saison sèche) + et quelques *Sebota* cycle moyens : 43, 48, 63, 265, 36, 28, 175, 1, 33, 224.



En succession, dans pailles de riz fauchées et ré-étalées uniformément sur le sol dès la récolte, semis direct en succession de :

- .Niébé cycle court, cycle moyen
- .Pois du cap, doliques blanches
- .Pastèques

Si le riz n'est pas mûr (cycle long et moyen), 1 mois avant la fin de la saison des pluies, dès que l'inondation se retire, semer ces légumineuses en direct entre les lignes de riz ; à la récolte du riz, faucher et ré-étaler la paille uniformément sur le sol entre les lignes de légumineuses (contrôle adventices, économie d'eau).

• Planter, dès les premières pluies utiles, des boutures de *Banagrass*, autour des champs, mais 1 m à l'intérieur de la clôture d'épineux (*Ziziphus*), pour réserve de fourrage vert en saison sèche ; ce système peut également être implanté avec l'espèce arbustive *Leucaena leucocephala* (qui est rabattue à 1 m en **saison sèche** → les rameaux verts = alimentation du bétail).

() Suivre les recommandations 2004, cf. pages 21 à 24 – 2004 – réactualisées ci-après.*

(Rappel) Systèmes SCV à base de Riz de saison des pluies, et Muskwari en succession + diversification

Le Riz peut être installé dès les premières pluies utiles (*attention : il faut laisser les pluies bien s'installer pour ne pas perdre le semis direct la 1^{ère} année*), le *Muskwari*, pilier traditionnel, est installé en succession du Riz, à la date normale décidée par les agriculteurs qui maîtrisent très bien cette culture en fonction du régime hydrique de ces sols.

Si le Riz est de cycle court et mûr avant le repiquage du *Muskwari*, récolter et re-étaler la paille de Riz uniformément sur le sol pour **faire un mulch efficace** ; si le Riz est de cycle plus long, donc encore sur pied au repiquage du *Muskwari*, repiquer ce dernier dans les interlignes du Riz sur pied, et, à la récolte, faucher la paille et la ré-étaler uniformément sur le sol.

Dans le cas du semis précoce de Riz pluvial (*polyaptitudes*¹²), dès l'installation du mulch de paille de Riz en couverture du sol en sol encore humide, semis direct, de Pois du cap, de Niébés (*Types DAVID et cycles plus longs*), de Pastèques ; le *Muskwari* sera repiqué dans le mulch ensuite, à la date retenue par les agriculteurs.

Des fourrages peuvent être associés au Riz pluvial :

- Soit en semis direct simultané,
- Soit en semis direct décalé de 20 à 30 jours, } Sur Karé
- Soit en fin de cycle du Riz (*dès l'épiaison*) en sol encore humide (cas des Yaérés)

Les espèces à tester \implies *Brachiarias ruziziensis, brizantha, humidicola,*
Panicum maximum, Stylosanthes, Cajanus, etc...
Centrosema pascuorum, etc...

Ces fourrages, verts en saison sèche, offriront d'énormes ressources fourragères aux animaux (*détourner, délester la charge animale des unités de sols exondés surexploités*).

Dans les unités de « **Yaérés** » qui s'inondent, le Riz pluvial peut être installé de 2 façons :

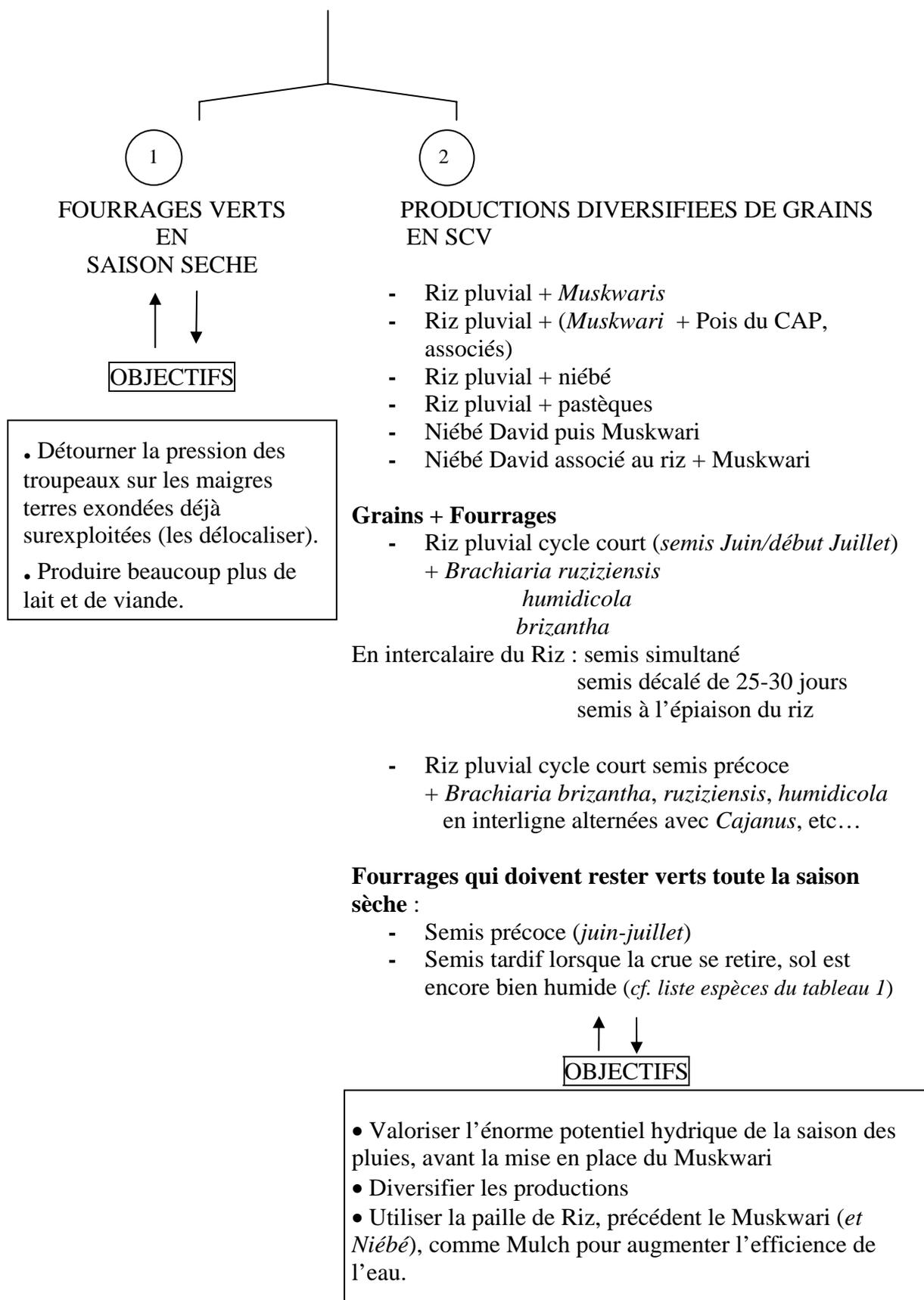
- semis direct dès que les pluies sont **bien installées**
- pépinières fin juin-juillet et repiquage dès que l'inondation arrive

Sur les **Hardés**, même techniques que sur Karal : Riz pluvial semis direct précoce, tenter *Brachiaria ruziziensis, Andropogon g., Brachiaria brizantha, Cenchrus ciliaris, crotalaires, Stylosanthes guyanensis, Centrosema pascuorum* en intercalaire du Riz, dès l'épiaison (*fourrage vert en saison sèche*).

Sur tous les types de sols, ne pas oublier d'apporter entre 60 et 90 unités de P₂O₅/ha (*sols déficients à carences*) + NK (60 – 60 unités/ha).

¹² les collections de Riz polyaptitudes Sebotas, sont belles sur ces sols argileux (*productivités entre 3 et 6 tonnes/ha*).

. Deux voies complémentaires de recherche – action :



. Systèmes fourragers

L'objectif principal est de produire d'énormes ressources fourragères vertes en saison sèche.

2 voies complémentaires :

- Ou installées en semis direct en interlignes du Riz (*cf. 6.1*) ou du vigna David
- Ou installées dès le début de la saison des pluies (*pluies bien installées*), en culture pure

Liste des espèces à expérimenter sur Karal, Yaéré, Hardé :

- *Brachiaria* : *humidicola*, *brizantha*, *ruziziensis* et surtout ***Mutica*** qui supporte très bien les fortes inondations (*Yaérés*) ; l'*humidicola* aussi mais plutôt sur Karal et Hardé, de même que *ruziziensis* et *brizantha*.
- *Panicum maximum* : les 2 espèces de la station de Pitoa.
- *Bana Grass* : en boutures, repiquées en sol humide.
- Autres espèces en provenance d'Australie sites de (***Heritage seeds***)
 - *Floren Blue Grass* (tous types de sols)
 - *Bambatsi Panic* (Karal, Hardé)
 - *Lotus Maku* (Karal, Hardé)
 - *Humidicola* (*Tully Grass*) (tous types de sols)
 - *Cavalcade* (Karal, Hardé)
 - *Arachis pintoï* (Karal, Hardé)
 - *Glycine* (variété *Tinaroo, Cooper*) (Karal, Hardé)
 - *Lucerne* : *Super Seven* (Karal, Hardé)
 - *Purple Pigeon grass* (Karal, Hardé)
 - *Setaria splenda* (Karal, Hardé)
 - *Keytah mix* (mélange espèces) (tous types de sols)
 - *Kikuyu Whittet* (tous types de sols).

A noter que toutes ces espèces pourront être testées en fin de saison des pluies également, en sol encore humide en surface, sur tous les types de sols (Karal, Yaéré, Hardé), ou par semis ou repiquées par boutures

. Liste des Riz à tester sur ces terres argileuses

- Cycles courts : B₂₂, Primavera, *Sebotas* : 147, 182, 68, 69, 70, Fofifa 152, 154
- Cycles moyens : *Sebota* : 1141, 41, 65, 281, 43, 48, 63, 198, 200
- Cycles longs : *Sebota* 265 et *Lajeado* → ces variétés offriront de fortes ressources en biomasse sèche en pleine saison sèche pour les animaux (*renfort alimentaire*).
- Cycles moyens parfumés (*aromatiques*) : *Sebota* 1, 33, 36, 28, 175

Il est évident que ces Riz aromatiques de super qualité, achetés 500 à 540 USD/tonne arrivée par le port de Marseille en Riz cargo, doivent être **valorisés** à leur juste valeur ; sur ces sols vertiques, il est possible de produire en SCV des Riz biologiques ce qui augmenterait encore leur valeur ajoutée à l'exportation.

Mais, même sur le marché intérieur camerounais, ces Riz doivent trouver un prix élevé à la hauteur de leur qualité exceptionnelle (*filière de commercialisation, marketing, etc...*).

. Mise en œuvre opérationnelle de cette opération de recherche – développement

- L'enjeu et le défi sont colossaux.
- Dans une **première étape**, après avoir réuni le matériel végétal nécessaire :
 - . L'implanter sous forme de collections sur une grande variabilité représentative des sols Karal, Yaéré, Hardé sur le Bassin du Lac Tchad (*Nord Cameroun – Tchad*) ; collections avec et sans engrais.
 - . De même tester sur cette même variabilité « sol – climat », les SCV Riz + Muskwaris, Riz + Fourrages, etc...

- Dans une **deuxième étape**, après avoir **trié** le meilleur matériel :

. Conduire des essais de fertilisation NPK, sur les systèmes SCV les plus intéressants, par exemple :

1) *Vigna David* associé à riz pluvial cycle court (*Primavera, B22*) en doubles lignes (2 l de riz espacées de 20 cm) suivis en succession de Muskwari.

2) Riz cycle court, suivi en succession de Muskwari

3) *Brachiaria ruzi*. semé tôt, faucher fin Août :

. ½ parcelle exporter comme fourrage vert

. ½ laissé sur le sol

vers fin septembre dessécher la repousse de *Brachiaria* et repiquer le Muskwari.

4) Sorgho + *Brachiaria ruzi* → idem *Brachiaria ruzi*.

5) *Crotalaria juncea, Retusa, Spectabilis, Ochzoleuca*, semées très tôt, les faucher idem *Brachiaria ruzi*. fin Août, et repiquage de Muskwari sur Mulch crotalaire.

6) Sorgho + crotalaires → idem crotalaires

Les itinéraires 1 à 6 recevront 3 traitements de fertilisation :

- sans engrais,
- fumure NPK Sodecoton
- 2 x fumure NPK Sodecoton

(*) Choisir des parcelles élémentaires de 100 m² pour pouvoir ensuite, splitter pour des sous parcelles variétés, ou autre, - 4 répétitions des traitements fumure/expérimentation.

Attention :

Ces sols hydromorphes sont le plus souvent dominés par une flore adventice à base de Cypéracées, *Ludwigia sp...* Le 2-4 D amine, très bon marché contrôle facilement cette flore (1 l à 1,2 l/ha 35 à 40 jours après le semis). Si l'on veut contrôler l'enherbement **facilement**, sans herbicide, il faut couvrir le sol par des plantes de couverture non appréciées :

- Crotalaires fauchées après récolte (à +/- 20-30 cm de hauteur) et qui vont repousser en saison sèche et seront roulées ou/et desséchées juste avant le semis direct du riz.

- *Sesbanias*, idem.

- *Sesbanias* + crotalaires, en mélange.

et également les mélanges :

- *Crotalarias* + *Sesbania* + *Brachiaria ruzi*.

et également les doliques et *mucuna*.

- Les équipes de recherche du Cameroun et du Tchad pourraient et devraient collaborer en :

. Etablissant des protocoles communs, à partir de mes recommandations.

. Suivi, mise en place et évaluation communs (*régional*).

- Une telle opération de recherche-développement, devrait être proposée à la Banque Mondiale pour financement (*M. Mahamat Tahir Nahar et Mme Chloé Milner, basés à Djaména*).

Il est également évident, que compte tenu des analogies écologiques entre Nord Cameroun et Tchad, les synergies entre équipes de recherche camerounaise et tchadienne déjà initiées devraient être amplifiées.

d) Recommandations pour conduire les expérimentations

Jusqu'à maintenant nous avons surtout trié les grandes composantes des systèmes de culture SCV, celles qui impriment les niveaux de réponse les plus significatifs par rapport aux systèmes traditionnels. Nous pouvons maintenant aborder des expérimentations plus fines et plus rigoureuses pour démontrer plus à fond les mécanismes de fonctionnement des systèmes. (*niveaux et types d'intrants, etc...*)

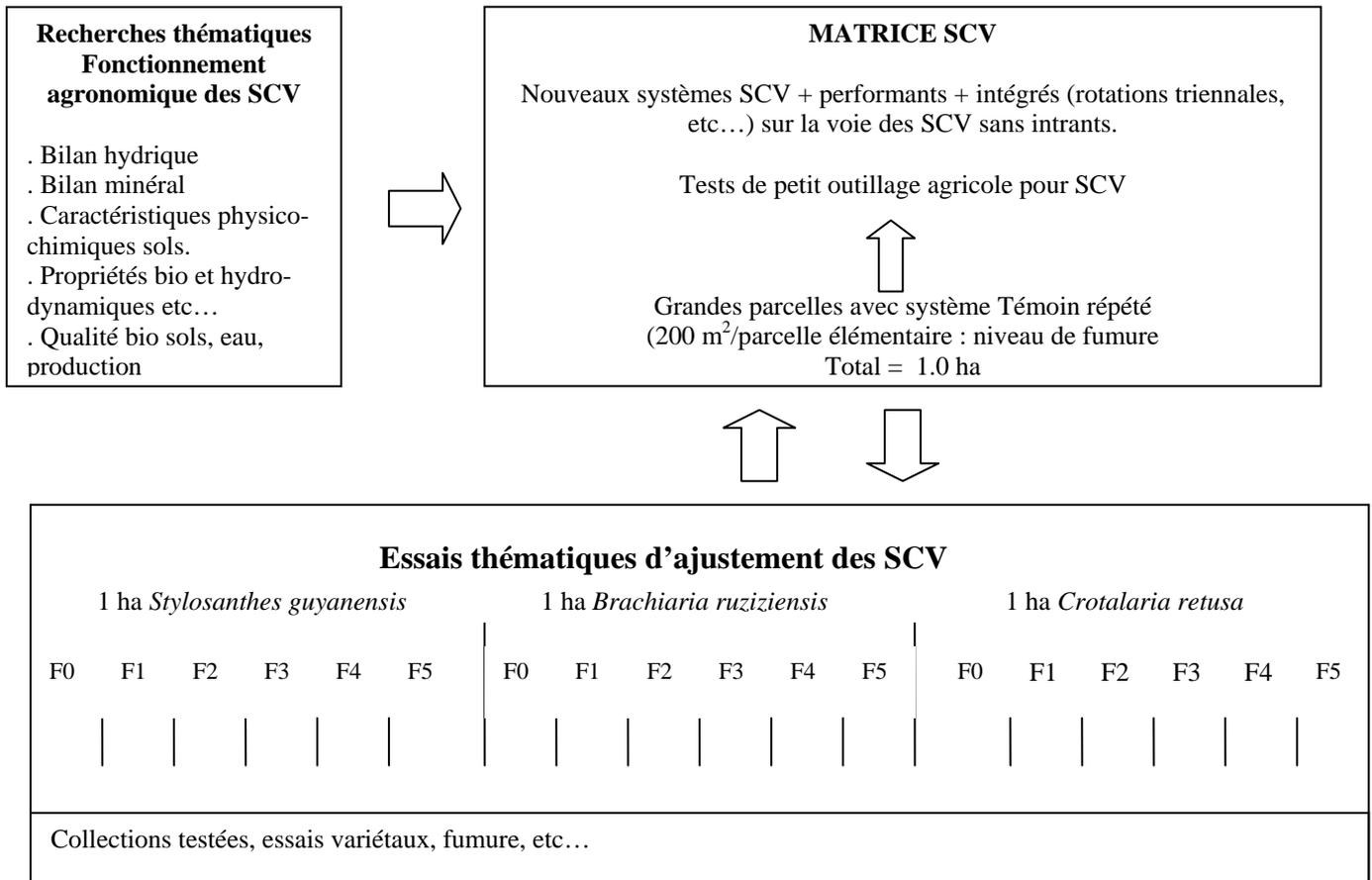
■ Les nouveaux dispositifs à ouvrir « systèmes de culture »

(cf. c) de 4.2.2.)

(*) *Ces dispositifs ont été rediscutés à Ponta Grossa, fin novembre, avec l'équipe Cameroun en formation (choix possibles entre dispositifs expérimentaux : collections testées en grandes parcelles avec témoins intercalés et à chaque extrémité, ou essai statistique split-plot à 3 répétitions.*

→ Systèmes zéro et minimum d'intrants (*Nord et extrême Nord*)

Sur chaque ouverture de parcelles nouvelles (*extrême Nord et Nord*), utiliser le « module type expérimental » suivant, qui permet d'intégrer les recherches thématiques d'ajustement des systèmes SCV (*variétés, type de biomasses, plus performantes, fonctionnement agronomique comparé des SCV, etc...*) :



ex : Matrice nouvelle SCV Céréales/Coton (type collection testée avec une rotation témoin répétée à chaque extrémité), (1 rotation Témoin répétée encadrant les SCV)

1/2

Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	
Mucuna ou dolique ou mélange des 2	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">T</div> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">N</div> <div style="margin-right: 5px;">Maïs + Stylo.</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Stylo. 1 an</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">1. Riz + Stylo. 2. Maïs + Stylo. 3. coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Coton Riz + Stylo. Maïs + Stylo.</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Maïs + Stylo. Coton Riz+ Stylo.</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">T</div> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>
	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho+ (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">coton</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 5px;">Sorgho + (Brach. crot.)</div> <div style="margin-right: 5px;">—</div> </div>	

6 niveaux de fumure = **F0** = sans fumure ; **F1** = fumier seul (3 à 5 t/ha) ; **F2** = ½ fumure NPK SODECOTON ; **F3** = ½ fumure NPK SODECOTON+fumier (F1) ; **F4** = fumure NPK SODECOTON ; **F5** = fumure NPK SODECOTON + complément : 150 kg/ha superphosphate simple + 50 kg KCL/ha + oligoéléments (zn, mn, cu, B).

T = Témoin ; **N** = Nouveaux systèmes en rotation (cf. c/ du 4.2.2)

Ce type de dispositif expérimental opérationnel (*systèmes x thématiques*) doit être appliqué à chaque nouvelle unité SCV « zéros ou minimum intrants » précédents, les SCV manioc + Stylo ou *Brachiaria*, les SCV itinéraire triennal incorporant le mélange restaurateur à base d'éleusine, les SCV sur couverture vivante, les SCV coton ou sorgho précédés de différentes biomasses (Nord) etc...

De même sur vertisols avec SCV à base de riz, niébé, espèces fourragères crotalaires + Muskwari en succession annuelle.

Sur chaque nouveau dispositif SCV, inclure sur témoin (*choisi comme le système SCV le plus performant actuellement*) et sur des nouveaux SCV :

. **2 lysimètres** (*1 sur F0 et 1 sur F5*) / système pour pouvoir faire les bilans hydriques et minéraux en fonction de la nature des systèmes de culture (*SCV x labour x couvertures vivantes et mortes*), de même que la qualité des eaux de percolation. De même **sur les vitrines actuelles**, il serait judicieux (*et rigoureux*) d'installer (*au Nord, comme à l'extrême Nord*).

. 2 lysimètres (*1 sur fumure la plus basse, 1 sur la plus haute*), dont :

- 1 sur labour	}	de la même rotation céréale/coton, la plus performante
- 1 sur SCV		

Sur les nouveaux dispositifs SCV, devraient également être suivies les caractéristiques physiques des sols et leurs propriétés hydrodynamiques (*cylindres L. Séguy, disponibles chez F. Tivet et A. Chabanne au Laos*).

(*) *Pour installer des lysimètres bon marché et caractériser les propriétés hydrodynamiques du profil cultural sur échantillons non remaniés (d.a, dR, K, etc..), consulter mon document « outils de caractérisation du fonctionnement agronomique des systèmes de culture – décembre 2004 en annexe 2) et publication à venir de M. F. Tivet au Laos qui montre l'intérêt de ce type de d'outil.*

. Analyser les sols des nouvelles matrices : par système, 3 échantillons moyens par système et niveau de fumure → profondeurs : 0-5 ; 5-10 ; 10-20 ; 20-40. (*Analyses à l'UEPG*).

. Sur les terroirs, au delà des indicateurs de nature agronomique et technico-économique décrits dans le doc « approche terroir-Madagascar », devraient être évalués :

- Les externalités (*ruissellement, recueil des eaux et sols pour analyses avec des bâches situées à l'aval, cf. doc Lucien Séguy – décembre 2004, en annexe 2*), sur les terroirs les plus pentus.
- Analyses physico-chimiques de sols sur les toposéquences :

. En haut, au milieu, en bas → 3 échantillons moyens / position.

Ces travaux d'évaluation des impacts des systèmes sur les sols pourraient être confiés à l'IRAD (*mise en place des lysimètres, récupération des externalités, échantillonnage des sols pour analyses.. à négocier*).

EN RESUME SUR LA RECHERCHE PARTICIPATIVE

1/ Recherches sur les systèmes de culture (ESA) → extension du dispositif actuel .

. **Ouvrir de nouvelles unités** au Nord et l'extrême Nord, en sols exondés, vertisols hydromorphes et hardés, pour optimiser les combinaisons les plus performantes d'itinéraires techniques (*rotations*), dans le sens de la recherche du minimum d'intrants, vecteur de la diffusion spontanée.

. **Evaluer le matériel génétique** de premier plan (riz, soja, espèces fourragères, tournesol, ricin, (IAC) *vigna, sorgho, etc..*) sous forme de collections testées (*témoin intercalé toutes les 3 à 5 variétés à tester*) dans les systèmes de culture.

. **Maintenir les vitrines** « systèmes de culture » actuelles.

. **Poursuivre l'approche terroir** en incorporant, à partir de vitrines actuelles (*et à venir*), les systèmes les plus performants (*choix multi-acteurs*)

. **Rédiger une synthèse des 5 ans passés** à l'exemple du doc Madagascar « *Manuel pratique du semis direct 2006* ».

2/ Recherches thématiques (ESA + IRAD)

. **Enrichir le germoplasm** actuel :

- En collectant les espèces (*très nombreuses*) de légumineuses natives des 2 provinces et en particulier les *Thephrosia*, etc...
- En introduisant d'Australie (*site de Heritage Seeds*) la collection que j'ai proposée en 2004 (*cf. systèmes fourragers des vertisols dans ce rapport*).
- Introduire variétés de tournesol et ricin, sésame, de IAC Brésil¹³

. **Mieux caractériser le fonctionnement agronomique** comparé des systèmes de culture, sur les vitrines systèmes actuelles pérennisées, en :

- Installant des lysimètres sur les systèmes le plus contrastés (*SCV le plus performant et labour x fumure faible et fumure forte*) pour pouvoir réaliser les bilans hydriques et minéral (*analyse des eaux de drainage en nutriments, cf. doc L. Séguy, déc. 2004 en annexe 2*).
- Caractérisant les propriétés hydrodynamiques et la dynamique d'enracinement du profil cultural sous ces mêmes systèmes les plus contrastés (*cf. doc en annexe 2*).

.../...

¹³ Site IAC Campinas pour commande variétés (et non hybrides) Tournesol, Ricin, Sésame, etc...
<http://www.iac.sp.gov.br> : **Girassol** : Tournesol ; **Mamona** : Ricin ; **Gergelim** : Sésame.

. **Prévoir** où en est le programme d'**analyses de sols** pour préparer les échantillons à envoyer au Professeur Joao Carlos Moraes de Sà (*Juca*) à l'UEPG au Brésil (*urgent*). Analyses de routine + oligo-éléments et fractionnement granulométrique du carbone. (*analyses départ et après 5 ans*).

. **Innovations** : Voir comment substituer le glyphosate par roulage des biomasses x concentrations salines de KCL et ammonitrate (*dessécher la biomasse et fertiliser en NK en même temps → essayer solutions à 10 %, 20 %, 30 %, etc... sur biomasses roulées*).

. **Essais soustractifs sur coton** (*N, P, K, Ca, mg, S et oligo-éléments*) à faire dans les 2 provinces, sur, à la fois SCV et labour x fumure organique et sans.

. **Essayer sur kare** les plus exondés, la culture de coton en SCV (*biomasse précédent : Brachiaria ruzi. + Crotalaria retusa, Stylo g...*).

4.3. Les SCV sur le plateau de l'Adamaoua (Projet Maïscam)

(*) A l'attention du Dr. Mohamadou Bachirou – DGA Maïscam à N'Gaoundéré

Une visite rapide de Maïscam, a mis en évidence (*en tenant compte du fait que je connais bien les sols de cette région pour y avoir travaillé en appui au projet blé, dans les années 75*) :

- La confirmation d'un formidable potentiel agricole... bien connu au Brésil qui comporte avec l'Inde la plus grande surface de ces sols rouges foncés sur basaltes (*les «trapps»*).
- Si la culture de maïs est bien maîtrisée, avec des rendements moyens pouvant être estimés entre 5,0 – 5,5 t/ha, la récolte de soja sera faible, très hétérogène, car dominée par les adventices ; cette culture est cependant très bien adaptée à cette écologie où l'on produit au Brésil, plus de 3 t/ha en semis direct comme le montrent nos variétés EMGOPA, avec un potentiel de 3 à 4 t/ha, sur une cycle court de 105 – 110 jours, multipliées près des bureaux de maïscam.

a) Les systèmes SCV possibles avec ou non intégration de l'élevage

. En premier lieu, avec des SCV bien maîtrisés, les fossés en courbes de niveau deviennent obsolètes car augmentent les coûts de production (*coûts de mécanisation plus élevés en limitant l'agilité et les performances des machines*), et constituent des nids à adventices qui réinfestent les parcelles de culture.

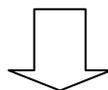
. La biomasse ne doit pas être broyée car cette opération peut compliquer le semis direct (*bourrage au semis*) et accélérer la décomposition de la couverture au-dessus du sol (*biodigestion*) le laissant plus rapidement découvert, donc exposé à l'agressivité climatique.

(*) *Après avoir ajusté divers SCV qui laissent le sol toujours couvert, (cf. propositions à suivre), les aménagements anti-érosifs peuvent être éliminés, et la biomasse doit être roulée encore que le semis direct peut être également réalisé sur la biomasse sur pied, même développée (après dessèchement au glyphosate).*

Les systèmes SCV possibles (à condition de bien maîtriser les adventices, au départ), quelques propositions maîtrisées au Brésil :

- Maïs + *Brach. ruzi.*
semis simultané
- si forte pression dicot., appliquer 1000 g. m.a
atrazine + 10 ml p.c. Aurora (*carfentrazone ethyl*)
20-25 j après semis (JAS)
- . Maïs + *Stylosanthes g. (CIAT184)*
ou *Cajanus cajan* (Iapar)
- utiliser herbicide Lasso (*Alachlore*)
en pré-émergence
- . Maïs + *Brach. ruzi.*
Cajanus cajan en lignes
alternées ou crotalaires en
interlignes (*retusa, juncea,*
spectabilis, ochroleuca)
- } → Si sol propre au semis

EN ROTATION AVEC



- Soja cycle court
(EMGOPA 306, 304, 316) + En succession
- Sorgho blanc pur
(Cirad 203, 202, 207, 406, 436)
ou associé en interlignes à :
- *Brach. ruzi.*
ou *Cajanus cajan*
ou Crotalaires
ou Eleusine pure
ou Eleusine + crotalaires en mélange
 - Blé
 - Sarrasin, sésame
 - Haricot (Brésil)
 - Tournesol (variété)

- Sur repousses de début
des pluies de
- Stylo.
Cajanus cajan
Brach. + cajanus
Brach. + Crotalaires
Eleusine, etc...
- ⇒
- Semis direct fin Juin
de
Riz pluvial**
(variétés B22, Primavera,
Sebotas 1141, 175, 68, 69, 70
41, 65, 48...)

(* **Herbicides Soja efficaces sur flore locale : Pivot** (*imazéthapyr*) 1 l/ha p.c. en post-précoce entre 10 et 15 jours après semis, polyvalent. Ou, sur **Dicot.** 20-30 JAS → **Cobra**

(Lactofen) 0.6 l/ha p.c ou 0.5 l/ha p.c.+ 50 g p.c. : Classic (chlorimuron ethyl) ; sur graminées, ou fusilade (Fluazifop butyl) 1 l p.c/ha, ou verdict (Haloxifop.r) 0.5l/ha p.c, en post.

. Herbicides riz pluvial en SCV : en post précoce (20 JAS), ally (nom commercial, Brésil) ou allié (nom commercial, France) (metsulfuron methyl) + cobra. (4 g + 0.3 l p.c ; en mélange, sur Dicot ; Clincher sur graminées, totalement sélectif riz de 0.8 l p.c./ha en post. précoce à 1.5 l/ha en post. tardif sur graminées développées (3-4 talles) (m.a = cyhalofop-butyl).

Il est également possible de construire des SCV sur couvertures vivantes permanentes :

- Maïs sur *Arachis pintoï* (maïs + pâture en succession),
- Soja, haricot sur *Cynodon dactylon* (*Bermuda grass, Tifton 85*)
→ grains + pâture.

Compte tenu du très haut niveau d'infestation du projet par les diocotylédones, je conseille d'utiliser pour le dessèchement des biomasses, avant semis direct :

- glyphosate 3 l/ha (*jusqu'à 5 l si Andropogonées au pérennes du même type*) + 25 à 60 g p.c. Aurora + 0.5 % huile minérale.

() Ce mélange contrôle parfaitement toutes les dicot., et également toutes les légumineuses (crotalaires et autres).*

V - CONCLUSIONS (*Rappel 2004, actualisé*)

Les recherches conduites sur les SCV dans le Nord Cameroun sont exemplaires (*hommage appuyé*) et peuvent servir pour transférer ces techniques conservatoires (*et régénératrices de la fertilité*) dans toute la zone soudanienne d'Afrique ; l'enjeu est donc très important et déborde très largement le seul Cameroun : ces résultats facilement transférables et adaptables sur les SCV s'adressent bien aux sols ferrugineux tropicaux dégradés de cette zone (*perte M.O., vie biologique*), généralement compactés, où l'efficacité de l'eau est faible (*40 à 60% de ruissellement*) et accentue les sécheresses fréquentes ; les troupeaux passent systématiquement sur les terroirs (*vaine pâture*) et consomment les résidus de récolte (*surexploitation des ressources*) ; la typologie des exploitations les classe basiquement en zones surpeuplées, sans jachères, sans arbres, et en zones peu peuplées avec jachère et le Coton est toujours le « moteur économique des systèmes de culture ».

L'expérience SCV du Nord Cameroun montre que le transfert – adaptation de ces techniques peut être très rapide aux plans agronomiques et techniques (*3ans*).

() Ce qui justifie pleinement que l'équipe ESA, maintenant très compétente, puisse être reconnue comme « consultants » par les bailleurs de fonds ; une telle reconnaissance permettrait de démultiplier la diffusion des SCV dans les écologies soudano-sahéliennes et soudanaises où le coton est présent comme culture de rente (appuyer d'abord les sociétés cotonnières : Burkina, Mali, etc...).*

L'appui à l'équipe ESA pourrait être décliné (*professionnalisation*) :

- par des missions de l'extérieur dans les domaines considérés comme prioritaires par l'équipe.
- L'ESA effectuerait des missions d'informations et de formation à l'extérieur, sur le réseau SCV ; je propose qu'en 2007, la première mission s'effectue en Asie auprès de l'équipe FL. Tivet, A. Chabanne, Hoa, P. Lienhard, S. Boulakia (*Laos+Cambodge*) pour la qualité de leurs méthodes de recherche – Action participative sur les SCV et le développement de la petite mécanisation.

La pré-diffusion des SCV passe maintenant (*2007/2009*) à la diffusion de masse ; l'opération « terroirs » déjà bien engagée constitue une étape maintenant décisive pour la diffusion des SCV et la formation des divers acteurs pour prendre en compte les conditions socio-économiques et culturelles des petites agricultures familiales.

C'est le rôle de la Recherche – Action participative, pour pouvoir démultiplier ensuite à très grande échelle la diffusion des SCV.

Les résultats obtenus en milieu contrôlé sont confirmés en milieu réel et montrent que les SCV bien maîtrisés, en améliorant très vite la fertilité par voie organo-biologique, produisent beaucoup plus, de manière plus stable, que les systèmes traditionnels, et permettent d'intégrer rapidement de nouvelles cultures plus exigeantes en eau (*riz pluvial, mais dans la zone Nord de Maroua*) en augmentant son efficacité.

Ruissellement et externalités sont contrôlés, la fertilité globale remonte très vite sur tous les types de sols, même les plus dégradés.

C'est bien ce thème central de la récupération de la fertilité des sols par voie organo-biologique tout en pratiquant une agriculture durable plus diversifiée et lucrative, qui est au centre des priorités de la Recherche : l'approche terroir constitue sans aucun doute une occasion unique de démontrer, à grande échelle, la très grande supériorité des SCV sur toute autre mode de gestion des sols, de même que sa faisabilité, ses conditions d'appropriation et de diffusion spontanée par les producteurs (*impact économique des SCV sur la ressource sol*), son impact sur la biodiversité avec l'intégration de l'arbre.

En outre, l'enjeu colossal de la mise en valeur de l'énorme potentiel sous utilisé des sols vertiques et hardés, milite également pour le renforcement de la recherche participative dédiée aux SCV sur ces unités de sols à faible densité d'occupation pour amplifier le potentiel de production de grains et fourrages (*surtout en saison sèche*), pour délester ainsi la surexploitation des sols exondés déjà fortement dégradés ; la colonisation raisonnée et négociée entre producteurs, producteurs-éleveurs et éleveurs transhumants permettrait de rééquilibrer le développement agro-pastoral du Nord Cameroun de manière plus harmonieuse, moins conflictuelle, utiliserait de façon plus efficace les ressources disponibles (*scénarios d'agriculture durable*).

■ OUVRAGES IMPORTANTS

Enfin , je recommande au lecteur de consulter la thèse de M. Zachée Boli Baboule (*doctorat en sciences de la terre*) soutenue le 31/05/1996 :

“Fonctionnement des sols sableux et optimisation des pratiques culturales en zone soudanienne humide du Nord Cameroun (expérimentation en cham en parcelles d’érosion à Mbissiri)”.

Dans cette excellente thèse, le zéro travail du sol paillé montre sa très large supériorité sur tous les modes de gestion des sols testés, pour la conservation de la ressource sol (qualité biologique) ; ce zéro travail paillé est cependant très loin de présenter les performances des SCV actuels dans lesquels des plantes de couverture renforcent l’ancrage du sol, le restructurent puissamment, fixent activement le carbone, recyclent efficacement les nutriments (*cycle sol – plante en circuit fermé*) ; les pertes en matières organiques avec travail intensif du sol sont catastrophiques et se chiffrent entre 50 et 60% sur 5 ans dans cette région, valeurs à rapprocher de nos travaux Brésil et Madagascar.

→ **De même, consulter le doc « Manuel pratique du semis direct à Madagascar – Volume II, 2006 »** (*sur 4 volumes en cours*), qui constitue un premier ouvrage de référence, dont l’équipe ESA devrait s’inspirer (type de présentation) pour s’attaquer à une synthèse que tout le monde attend sur les SCV au Nord Cameroun (*diffusion très importante pour la zone cotonnière d’Afrique et Asie chez les petites agricultures familiales – à traduire en anglais, espagnol*).

→ Et enfin consulter les fiches SCV édité conjointement par AFD/FFEM/MAE/CIRAD qui fait un tour complet et pour tout type de public de ce que sont les SCV, à quoi ils servent, et où et comment se situent-ils dans l’agriculture de conservation (*cf. annexe 3*).

**PHOTOS ILLUSTRATIVES DES SCV
SUR SOLS EXONDES
(SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX AU NORD ET
A L'EXTREME NORD)**

PHOTOS ILLUSTRATIVES DES SCV

SUR SOLS EXONDES (SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX) AU NORD ET A L'EXTREME NORD

I – VITRINE DES SYSTEMES DE ZOUANA (*extrême nord*) *Sols gravillonnaires (600 – 900 mm)*



SCV – Maïs et sorgho + crotalaire



SCV – Maïs + Crotalaire + Alysicarpus



SCV – Sorgho + Alysicarpus



Labour – Sorgho infesté de Striga



SCV – Sorgho + Bracharia = Striga Contrôlé



SCV – Coton de belle production (2.5 – 3.2 t/ha)



Couleur de l'horizon 0-5 cm, après 5 ans :
A gauche : SCV ; au milieu : semis direct sans couverture ; à droite : labour

II – BLOC DE ZASSINRI (Extrême Nord)
Sols très sableux, très pauvre en M.O.



SCV – Mucuna 1^{ère} année pour préparer SCV en 2^{ème} année



SCV – Sorgho + Crotalaire



**Aménagement du bloc de culture
(4 ha, 12 paysans)
Andropogong, Panicum m.**

III – TERROIR DE LAINDE MASSA (Nord-Sud GAROUA) SOLS DEGRADES – CEREALES, COTON, JACHERES AMELIOREES, ARBRES, AMENAGEMENTS



Jachères améliorées et sols très dégradés

**IV – VITRINE DES SYSTEMES DE W. PINTCHOUMBA ET PINTCHOUMBA
(SUD GAROUA)
(Sols ferrugineux tropicaux)**



SCV en rotation – coton



SCV – Maïs + Crotalaire



SCV – Sorgho + Crotalaire

**SCV – Sorgho M'Bairi (> 15 t M.S. /ha)
+ Crotalaire**



**SCV – Maïs de semis direct
Tardif + Alysicarpus**



SCV – Coton sur couverture vivante de Alysicarpus



SCV – Riz pluvial –Primavera



CIRAD 141 > 5 t/ha



SCV – *Stylosanthes guyanensis* après 1 an + aménagement vitrine

V – PARCELLES DE PRODUCTEUR – ELEVEUR ET DU PROJET MAISCAM

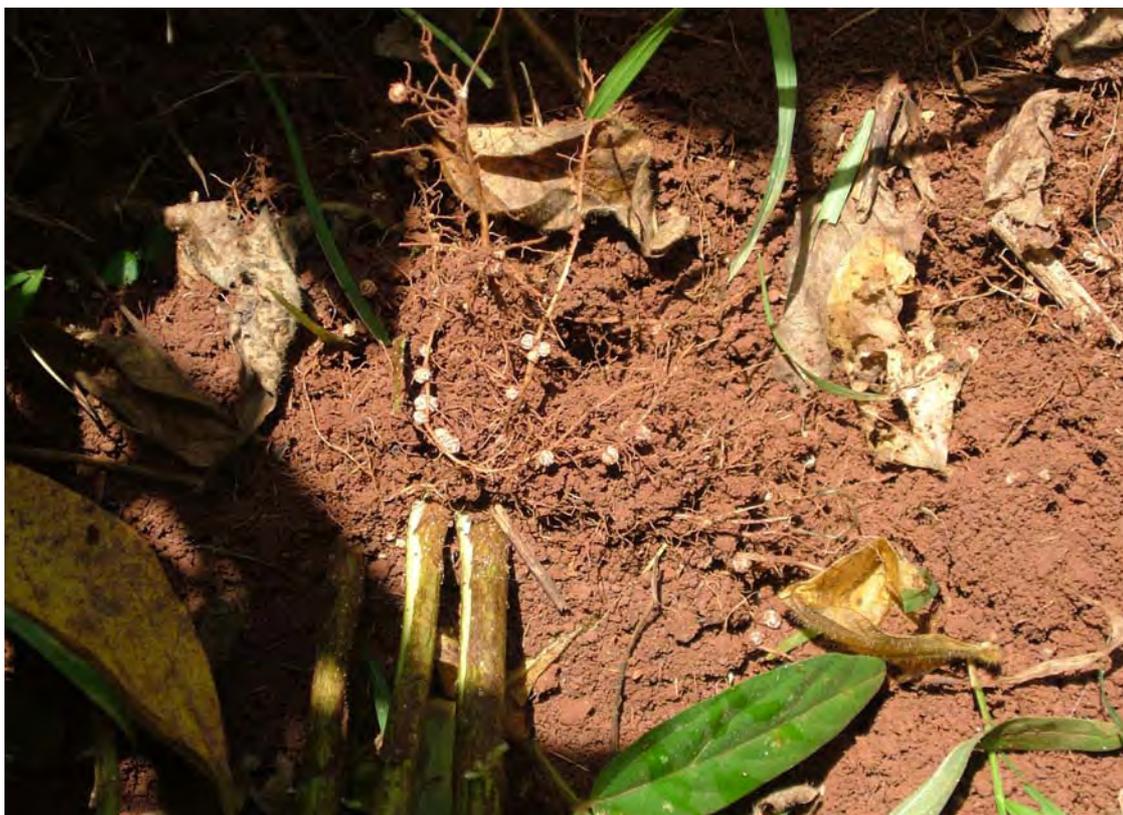
*Sols rouges foncés sur basalte à très fortes potentialités
(1200-1300 m altitude – 1300-1600 mm (N’Gaoundéré)*



Eleveur – Producteur de semences de *Brachiaria ruziensis*



Super variétés de soja EMGOPA (Brésil) sur Projet Maïscam



Très forte nodulation sur soja, sans inoculation



Soja maïscam dominé par adventices dicot

VI – STATION DE PITOIA – MAINTIEN DU GERMOPLASM
(près Garoua-Nord)
Mosaïque sols vertiques



SCV – Collection soja Brésil + local

SCV – Riz Cirad 141





SCV – Coton > 3 t/ha



SCV – Couverture du sol sous coton



SCV – Collection *Vignas*





SCV – Maïs en rotation avec coton (5 > t/ha)



SCV – Couvert *Centrosema pascuorum*



SCV - Crotalaria Juncea



SCV - Riz Sebotas



SCV - Riz Sebotas



Labour – Coton sur sol très dégradé (site IRAD et Bockle)



SCV – Coton sur le même sol dégradé (site IRAD de Bockle)

VII – TERROIR DE TOUBORO – FRONT PIONNIER – ZONE HUMIDE > 120 mm
Sols ferrugineux tropicaux sous savane dense et forêt



SCV – Défriche forêt Touboro (1^{ère} année) préparer SCV année 2



SCV – Maïs + haie vive *Acacia polyacantha* (contre divagation animaux)



SCV – Acacia polyacantha (fermeture terroir → embocagement)



SCV – Coton paillé

ANNEXES

ANNEXE 1 – EXTRAIT DU DOC :

“Projet eau-sol-arbre : Promotion de l’agroécologie” Minader-Dagris
(R. Evangelista, H. Charpentier) – Décembre 2005

ANNEXE 2 – Doc. “Outils de caractérisation du fonctionnement des systèmes de culture” – L. Séguy – Décembre 2004

ANNEXE 1

EXTRAIT DU DOC :

***“Projet eau-sol-arbre : Promotion de l’agroécologie” Minader-Dagris
(R. Evangelista, H. Charpentier) – Décembre 2005***

Les trois années d'expérimentations sur les SCV au Nord Cameroun, et les résultats obtenus dans d'autres pays (Brésil, Madagascar...) où le semis direct sur couverture végétale est plus ancien, montrent que la dégradation des sols cultivés n'a rien d'irréversible. Il est possible, en quelques années, de reconstituer de véritables sols agricoles là où la désertification semblait inéluctable. Cette possibilité de restaurer rapidement la fertilité des sols par les voies organo-biologiques constitue un message d'espoir et une planche de salut pour les agriculteurs du Sud qui ne peuvent financièrement compenser la dégradation de leur « capital sol » par les voies chimiques.

- ✚ La diffusion de l'agro-écologie au Nord Cameroun se situe dans un contexte économique où tous les acteurs du développement agricole, des paysans aux responsables de l'encadrement, sont convaincus de la nécessité de faire évoluer l'agriculture actuelle vers une agriculture plus rémunératrice, plus durable, et mieux à même de subvenir aux besoins des générations futures.
- ✚ La très forte sensibilisation de tous ces acteurs à l'agro-écologie durant les précédents projets ESA et DPGT, a montré que des solutions existent. De nombreux agriculteurs se les sont appropriées et elles suscitent un fort intérêt dans les villages concernés. La demande de la part des producteurs est bien réelle, que ce soit pour les SCV proprement dits, ou pour toute les autres disciplines de l'agro-écologie : aménagement de parcelles, installation de haies vives d'épineux pour clôturer les blocs de culture, mise en place d'espèces herbacées ou arbustives fourragères pour nourrir les animaux, et plantations d'arbres (bois de chauffe, fruitiers). Pour les activités liées à la promotion de l'arbre, un grand nombre de pépiniéristes a été formé et est à même de fournir des quantités importantes de plants.
- ✚ La Sodécoton dispose de moyens humains et logistiques des plus efficaces. Par ailleurs, les cadres et agents du projet ESA, notamment les ingénieurs et techniciens du volet SCV, sont compétents et dynamiques. Ils ont envie de transmettre le savoir-faire qu'ils ont acquis ces dernières années.
- ✚ Le projet « ESA - promotion de l'agro-écologie » devrait avoir un impact et véhiculer son message bien au-delà des limites Nord-Cameroun. Les apports des SCV et plus généralement de l'agro-écologie ne concernent pas seulement les agriculteurs camerounais, mais aussi tous ceux qui vivent de la terre dans la zone soudano-sahélienne. Toutes les cultures pratiquées dans

ces écologies sont en effet représentées au Nord Cameroun, et le référentiel mis au point et diffusé dans le cadre du présent projet pourrait être applicable et profitable à de nombreux pays.

1.5. Des enjeux

Les travaux entrepris par les précédents projets DPGT et ESA ont permis la mise au point de solutions techniques, reposant sur les méthodes et pratiques propres à l'agro-écologie, capables de restaurer, d'améliorer et de maintenir durablement la fertilité des sols dont dépendent la productivité des cultures et le niveau de vie des populations rurales. Ces solutions ont été mises au point en milieux contrôlés et surtout, elles ont été testées et validées en paysannat. Il s'agit aujourd'hui d'amplifier les résultats obtenus, de les adapter aux différents contextes agro-climatiques et de les diffuser sur une plus grande échelle.

Même si ces pratiques liées à l'agro-écologie et les itinéraires techniques qui en découlent ont été sérieusement testés et sont aujourd'hui suffisamment au point pour être, sans risque, vulgarisés, le principal enjeu du nouveau projet est avant tout culturel. Au-delà des aspects techniques, il s'agit en effet de substituer par de nouvelles approches, des pratiques agricoles devenues traditionnelles et des modes de fonctionnement et de gestion de terroirs qui constituent aujourd'hui des valeurs fondamentales propres aux sociétés rurales du Nord Cameroun (coutumes et droits fonciers, transhumance et droit de passage des animaux...).

"La mise en valeur" des terres sur de nouvelles défriches peut être, en l'absence de mesures précises, estimée à 15 000 ha / an. Si de nouvelles méthodes et de nouvelles techniques ne sont pas mises en œuvre, la baisse de la fertilité des sols se traduira par une diminution généralisée de la productivité des cultures qui accentuera la réduction de l'activité économique en zone rurale.

La baisse de rendements enregistrée en culture cotonnière dans la plupart des pays producteurs d'Afrique de l'Ouest, ne semble pas encore affecter la productivité camerounaise qui pourrait cette année atteindre son meilleur niveau. Sans mettre en doute les chiffres annoncés et la vérité des surfaces, les constats alarmants évoqués ci-dessus : destructuration des sols, rareté de la matière organique, griffes d'érosion profondes et

fréquentes, présence accrue de *striga* sur cultures vivrières, pauvreté du couvert végétal... confirment, d'une façon assez générale, notamment autour de Garoua et sur les zones les plus



parcelle paysanne de Mambang en 2003 à droite sorgho associé au brachiaria : pas de striga,

septentrionales, une dégradation avancée des sols et des terroirs.

Il est donc urgent de promouvoir et de diffuser à plus grande échelle des techniques culturales et des modes de gestion de l'espace, capables de maintenir la fertilité des sols les plus riches et de restaurer celle des sols déjà fortement dégradés.

2. Finalité et objectifs généraux

2.1. Finalité

Le projet "ESA - promotion de l'agro-écologie" vise à promouvoir une nouvelle forme d'agriculture. Elle doit permettre de lutter plus efficacement contre la pauvreté par l'amélioration de la productivité des cultures et de préserver le patrimoine naturel, notamment la qualité et la fertilité des sols, par une meilleure intégration des pratiques agricoles, et d'une façon plus générale des activités humaines, au sein des écosystèmes.

2.2. Objectifs généraux

Le projet « Eau, sol, arbre » a démontré l'intérêt et la faisabilité de la mise en pratique de techniques propres à l'agro-écologie. Il a de surcroît, et avant tout, suscité l'intérêt et l'adhésion d'un nombre significatif d'agriculteurs pour ces nouvelles pratiques culturales et cette nouvelle approche de gestion de terroirs agricoles. Le nouveau projet "ESA - promotion de l'agro-écologie" s'inscrit dans la continuité du précédent avec deux objectifs principaux :

- ✚ Poursuivre les aménagements de parcelles, la « végétalisation » des espaces, les constructions de biefs, la diffusion de la fumure organique..., en bref, poursuivre l'essentiel des réalisations des précédents projets en prenant davantage en compte les spécificités sociologiques, pédologiques et climatiques des différentes zones d'intervention. La régionalisation des actions constitue la principale ligne directrice du nouveau projet.
- ✚ Définir une méthodologie et initier la diffusion auprès d'un plus grand nombre de producteurs, des techniques propres aux semis sous couvert végétal. Les actions de recherche initiées aux cours du projet DPGT et développées par ESA, tant en milieu contrôlé qu'en paysannat, ont permis de définir des itinéraires techniques fiables permettant de restaurer et d'améliorer la fertilité des sols tout en garantissant des niveaux de productivité au moins équivalents à ceux obtenus par les pratiques agricoles traditionnelles. Il s'agit pour le projet d'adapter ces itinéraires techniques aux spécificités régionales et surtout de définir les méthodes et modalités nécessaires à une diffusion rapide de grande envergure.

2.3. Orientations et stratégie d'intervention

Les interventions du projet s'organiseront autour de trois grands axes :

- ✚ **La poursuite et le développement d'actions de recherche** essentiellement adaptative, opérant sur les sites expérimentaux et les terroirs-tests qui seront mis en place. Plus que la mise au point de nouvelles techniques, cette recherche aura pour vocation de « régionaliser », c'est-à-dire d'adapter les itinéraires techniques précédemment définis aux spécificités régionales.
- ✚ **La diffusion des techniques mises en œuvre par ESA** mais avec une approche « agro-écologie », intégrant l'ensemble des actions de lutte anti-érosive, de végétalisation des espaces... et conférant aux semis sous couvert végétal une position centrale. Comme cela a déjà été signalé précédemment, les difficultés inhérentes à cette diffusion seront davantage culturelles que techniques et nécessiteront de faire appel à des outils de communication innovants et performants.
- ✚ **L'identification et la mise en œuvre d'actions et activités nouvelles** contribuant à améliorer le revenu et les conditions de vie des producteurs. Cet axe constitue, en quelque sorte, un espace de créativité permettant au projet, à l'instar de l'approche DPGT, d'identifier, de tester et d'introduire de nouvelles techniques voire de nouvelles spéculations au sein des exploitations agricoles cotonnières. À titre d'exemple, l'introduction, dans les assolements, de cultures oléagineuses à vocation de biocarburants, pourrait dans la conjoncture pétrolière actuelle et les perspectives d'évolution, constituer une opportunité intéressante pour les producteurs de coton et permettre des compléments de revenu non négligeables.

La stratégie d'intervention du projet peut se résumer de la manière suivante :

- ✚ Un réseau de recherche et d'expérimentation ayant pour objets :
 - ✓ D'adapter le référentiel technique « agro-écologique » aux conditions spécifiques des différentes régions du Nord Cameroun.
 - ✓ De servir de vitrines et de lieux de démonstration pour sensibiliser et former les agriculteurs mais également les autorités administratives, les responsables et l'encadrement Sodecoton et les différents acteurs du développement.

- ✚ Un encadrement de proximité chargé plus particulièrement de la diffusion des nouveaux itinéraires techniques propres à l'agro-écologie en général et aux SCV en particulier. Compte tenu de l'ampleur et des ambitions du projet, les agents de la direction de la production agricole Sodecoton et ceux de l'opcc devront nécessairement participer activement à la diffusion de ces techniques.
- ✚ Des actions de formation et de communication constituent également un aspect fondamental de la stratégie d'intervention du projet. Les outils de communication jusqu'à présent utilisés dans le cadre des précédents projets ne seront *a priori* pas suffisants pour répondre aux objectifs de diffusion du présent projet. Des outils, des méthodologies et des techniques médiatiques performants sont aujourd'hui disponibles. Le projet doit y recourir et se doter des moyens matériels, et surtout humains, nécessaires.
- ✚ Une production de semences et du matériel végétal adapté constituent en quelque sorte la clef de voûte du système. Le projet doit être en mesure de garantir la fourniture d'un matériel végétal de qualité que ce soit pour les plantes de couverture, les plants nécessaires aux haies vives, aux jachères arborées ou à la mise en place de vergers.... Une plante de couverture inadaptée, des semences ou des plants de mauvaise qualité constituent des risques d'échec et de démotivation souvent irréversibles.

Les travaux de cellule de suivi-évaluation permettront de définir des indicateurs d'évolution et de performance indispensables dans la conduite des actions et le pilotage du projet.

3. Les actions du projet

3.1. Les actions de la Recherche adaptative

3.1.1. Les terroirs villageois.

Les acquis des projets DPGT et ESA doivent être concentrés sur ces terroirs, qui sont appelés à devenir de véritables vitrines des techniques agro-écologiques et des supports essentiels à la formation des acteurs du développement agricole sur les principaux thèmes suivants :

- ✚ Diffusion des SCV en démarrant la première année par des démonstrations convaincantes sur une large gamme de systèmes de culture dans laquelle les agriculteurs pourront faire des choix. Adapter au SCV, les cultures et les pratiques culturales existantes et introduire de nouvelles spéculations (riz pluvial et de polyaptitude, tournesol, autres oléagineux...)
- ✚ Améliorer les jachères, les aires de parcours des animaux, toutes les zones très dégradées, avec des espèces fourragères rustiques (*Brachiarias*, *Stylosanthes*...) qui restaurent rapidement le sol et fournissent une biomasse importante pour nourrir les animaux.
- ✚ Restaurer l'arbre et les végétaux dans le paysage et recréer un véritable bocage (rôle de brise-vent, régulateur thermique et biologique, abri pour la faune utile...) :
 - ✓ Stabiliser les aménagements existants (cordons, bandes enherbées) et fermer le parcellaire avec des graminées (*Andropogone*, *Panicum*, *Brachiaria*, *Bana Grass*...) ou des légumineuses (*Cajanus*, *Leucaena*...) qui fournissent une biomasse complémentaire pour les animaux, en particulier en saison sèche.
 - ✓ Fermer les blocs de culture avec des haies vives d'épineux en prenant soin d'aménager des aires de parcours pour les animaux.
 - ✓ Planter utilement dans le paysage : rupture de pente, le long des pistes, dans les pâturages permanents (ombrage pour les animaux), dans les soles de culture (agroforesterie)... des arbres pouvant fournir du bois de chauffe, du bois d'œuvre des fruits pour l'alimentation humaine, du fourrage pour les animaux...
 - ✓ Former les agriculteurs à la confection de pépinières et à la production de plants.
 - ✓ Densifier la présence des *faidherbias* dans les parcelles de cultures.
- ✚ Promouvoir la fumure organique (étables et fosses fumières, parcs améliorés...).

- ✚ Tester du petit matériel de semis direct (cannes planteuses, roues semeuses, semoir monorang, pulvérisateurs avec cache de protection...)
- ✚ Assurer, dans un premier temps la fourniture du matériel végétal dont ne disposent pas les agriculteurs, pour qu'ils puissent le multiplier pour les besoins du terroir. Les agriculteurs les plus performants pourront par la suite devenir des producteurs semenciers.
- ✚ Confectionner des biefs en pierre calées ou maçonnées, et aider les agriculteurs à rechercher des financements pour la construction de puits (PNDP...).

Le nombre et la situation géographique des terroirs retenus doivent permettre de recouper les principales caractéristiques sociologiques et agro-climatiques présentes dans la zone cotonnière.

Une étude menée en 1997 par le PRASAC (annexe 3) définissait 7 grandes zones homogènes, en considérant la diversité et la densité de population, le climat, le relief et les unités de paysages, les types de sols, la végétation naturelle, l'occupation des sols, les assolements, l'intensification des systèmes de culture, la diversité des systèmes d'élevage et l'origine des éleveurs.

Avec l'évolution des dix dernières années et notamment l'afflux des migrants venus du Nord, trois zones considérées comme distinctes à l'époque peuvent être regroupées en une seule zone homogène ayant aujourd'hui les caractéristiques de la zone périphérique de Garoua à forte occupation des sols. Les 2 zones qui ont fortement évolué sont la zone des anciens fronts pionniers de migrants au Sud de Garoua qui s'est sensiblement déplacée vers le Sud, et la zone intermédiaire du Mayo Louti et du Mayo Kebi au Nord de Garoua (de Bibémi à Guider).

En définitive, en éliminant la zone nord du bassin cotonnier (plaine de Mora et du Diamaré) constituée en majorité de plaines à *muskuwaari*, et en différenciant les zones de Kaelé et de Tchatibali où les sols et les systèmes de production sont aujourd'hui très différents, 5 grandes zones homogènes peuvent être considérées comme représentatives de la zone cotonnière.

	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4	ZONE 5
Zonage PRASAC	Zones 2,3 et 4	Zone 6 a	Zone 6 c	Zone 5	Zone 1
Localisation	Zone périphérique de Garoua Zone Sud de Garoua au Nord des fronts pionniers Zone Nord de Garoua de Bibemi à Guider	Plaine du Bec de canard vers Kaele et périphérie de Maroua	Plaine du Bec de canard vers Tchatabali	Zone de piemont de Koza à Hamakoussou	Sud de bassin cotonnier de Touboro à Poli
Pluviométrie moyenne	1000 mm	700 mm	700 mm	800 mm	1200 mm
Fertilité des sols	Faible à très dégradée	Très dégradée	Très dégradée (sol sableux d'origine éolienne)	Très dégradée	Bonne
Occupation des sols	Forte	Forte	Faible (Habitat dispersé)	Très forte	Faible
Systèmes de culture	Cotonnier, céréales (Maïs, Sorgho), beaucoup d'Arachide	Cotonnier, sorgho, muskuwaari	Sorgho, mil pénicillaire, niébé, manioc, beaucoup de muskuwaari, un peu de cotonnier	Cotonnier, sorgho, niébé, arachide, eleusine	Coton, maïs, manioc, arachide
Population	Zone de migration ancienne	Autochtone	Autochtone	Autochtone	Zone de migration récente
Système d'élevage	Sédentaire et transhumant	Sédentaire	Sédentaire	Petit élevage (chèvres, moutons), quelques bovins parqués	Transhumant essentiellement
Autres	Élevage sédentaire déplacé au Sud en saison sèche Présence de jachères sur sol très dégradé	Jachères de longue durée sur sol très dégradé	Utilisation de la fumure organique Fort intérêt pour les plantes fourragères	Beaucoup de cultures associées Pas de ressources fourragères	Semis direct à 90% Présence de beaucoup de jachères à graminées (Andropogones, Pennisetum...) Feux de brousse fréquents Carences en oligoéléments possibles

Des terroirs ont d'ores et déjà été identifiés dans ces 5 zones. Ils sont très caractéristiques de chacune d'elles. Par ailleurs, les premières actions menées en 2004 et 2005 (blocs SCV) dans les villages ont montré une bonne réceptivité des agriculteurs.

Le terroir de Lâinde Massa dans lequel les actions devraient démarrer en 2006 a déjà fait l'objet de plusieurs études :

- ✚ « Gestion des ressources naturelles et des espaces : conditions d'adoption des SCV par les agriculteurs migrants du bassin de la Bénoué. (C. Seuge) »
- ✚ « Caractérisation des exploitations agricoles de Lâinde Massa et Ouro Labbo; possibilité d'introduction des systèmes de culture sur couverture végétale. (Aboubakary GIE TERDEL) »

L'implantation réussie de ces terroirs est d'une importance capitale pour montrer les possibilités d'intégration des techniques agro-écologiques dans des milieux socioculturels complexes. Aussi, compte tenu de

l'investissement en encadrement technique nécessaire les responsables du projet ESA ont signifié leur accord pour encadrer un terroir, dès 2006, sur les reliquats du projet en cours. Un autre terroir sera créé en 2007 (année 1 du projet), deux autres en 2008 et un cinquième en 2009. Les terroirs créés en 2006 et 2007 se situeraient l'un au Nord et l'autre à l'extrême Nord, sur des sols dégradés, représentatifs des conditions de cultures des 2 grandes zones climatiques du Nord Cameroun.

	Année 0	Année 1	Année 2	Année 3
Nombre de terroirs	1	2	4	5
Surface totale (ha)	10	35	95	160

Évolution par terroir : Année 1 : 10 ha - Année 2 : 25 ha - Année 3 : 50 ha
- Année 4 : 50 ha

Terroirs	LAÏNDÉ MASSA	MENDEO	TCHERFEKÉ	KILWO	TAPI
Zones	1	2	3	4	5
Autres terroirs identifiés	LAÏNDÉ TCHITTA	MINDJIL	SIRLAWÉ		
Région SODECOTON	NGONG	KAELÉ	TCHATIBALI	MAROUA Sud	TOUBORO
Secteur SODECOTON	DJALINGO	MINDIF	DOUKOULA	MOKONG	TOUBORO
Accessibilité	Très bonne	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne
Réceptivité agriculteurs	Moyenne à bonne	Moyenne à bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Interventions ESA	Bloc SCV	Bloc SCV	Parcelles en milieu paysan	Bloc SCV	Bloc SCV
Études antérieures sur le terroir	Importantes	Non	Non	Importantes	Non
Atouts pour les SCV			Fort intérêt pour les plantes fourragères	Pratique des associations de cultures	Forte pratique du semis direct
Mesures prévues de ruissellement et drainage	Oui	Oui	Non	Non	Non
Sites expérimentaux prévus sur vertisols	Non	Oui	Non	Non	Non
Date de démarrage possible	2006 (sur reliquat ESA)	2007	2008	2008	2009

Pour éviter toute entrave à la diffusion des SCV, il est souhaitable que ces terroirs soient autonomes en matière de choix, de formulation et de dosage d'intrants. L'organisation des approvisionnements sera sous la responsabilité directe de la Recherche adaptative et les crédits de campagne devront porter sur 100% des fournitures.

• L'approche à adopter pour mener à bien cette gestion de terroirs peut s'inspirer de celle utilisée à Madagascar et décrite dans le document en annexe 5 intitulé « Stratégie du GSDM¹⁴ pour la mise au point, la formation et la diffusion des techniques agroécologiques à Madagascar ». Ce document définit les objectifs, les étapes à suivre (diagnostic, démonstration, adoption au niveau des exploitations sur des surfaces

¹⁴ GSDM : Groupement de diffusion des Semis Directs à Madagascar

significatives), ainsi que les paramètres et indicateurs du suivi-évaluation à enregistrer chaque année sur ces terroirs.

• Comme proposé par L. Seguy en 2004, il serait très important de réserver sur les terroirs des toposéquences (une aménagée et une non aménagée contre l'érosion) représentatives des unités de paysage, sur lesquelles seront mesurés les différents paramètres caractérisant l'évolution de la fertilité des sols. Sur ces toposéquences seront analysées :

- ✚ Les pratiques actuelles des agriculteurs
- ✚ Les SCV sans protection des résidus
- ✚ Les SCV avec protection des résidus (bloc entièrement clôturés par une haie vive d'épineux).

Les systèmes de culture à mettre en oeuvre sur ces toposéquences pourraient être :

- ✚ Pour les pratiques traditionnelles, les systèmes coton - céréales avec une culture de coton une année sur deux.
- ✚ Pour les SCV :
 - ✓ Système céréales - coton avec culture du coton 1 année sur 2
 - ✓ Système céréales - coton avec culture du coton 1 année sur 3, avec des plantes de couverture vivaces installées dans les céréales et laissées en l'état l'année suivante. Il serait, en effet, intéressant de démontrer qu'il est possible de produire, avec de tels systèmes de culture sur la moitié de la surface, autant que sur la totalité avec les techniques traditionnelles.

Les mesures à effectuer sur ces toposéquences seraient les suivantes :

- ✚ Mesures des externalités : eaux de ruissellement et dépôts solides ; teneur en éléments minéraux (NO₃, NH₄, P, K, Ca, Mg, SO₄ et oligoéléments).
- ✚ Mesure de drainage interne du profil (perte en éléments minéraux par lixiviation).
- ✚ Propriétés physico-chimiques et comportement hydrodynamique du profil cultural :
 - ✓ Analyse de sol avant intervention et à intervalles réguliers (tous les 3 ans)
 - ✓ Densité apparente, infiltrométrie, pénétrométrie, densité et dynamique racinaire.

Ces mesures pourraient être effectuées en priorité sur :

- ✚ une toposéquence aménagée et gérée avec les techniques traditionnelles
- ✚ une toposéquence non aménagée mais fermée (protection des résidus) en SCV

Les mesures seront effectuées à deux niveaux, en partie haute et en partie basse de la toposéquence.

Pour plus de détails sur cette activité et sur la manière d'effectuer ces mesures in situ avec des outils simples, se reporter au document en annexe 4, intitulé « Outils de caractérisation du fonctionnement agronomique des systèmes de culture » ainsi qu'au rapport 2004 de L. Seguy.

Les résultats de ces mesures permettront de quantifier l'impact des SCV sur :

- ✚ La limitation des pertes en éléments minéraux par ruissellement et drainage vertical (système sol - plante fonctionnant en circuit fermé à l'image de l'écosystème forestier).

Ce gain en nutriments par rapport aux techniques traditionnelles avec travail du sol, pourra être ramené au coût de l'engrais correspondant, et fournir des indicateurs précieux à tous les partenaires œuvrant pour le développement agricole (agents du développement, partenaires financiers, politiques...).

- ✚ L'efficacité de l'eau, corrélée à la dynamique racinaire et aux caractéristiques physiques du profil cultural, facteur très important dans les écologies semi-arides.

- ✚ Le gain en matière organique et la séquestration du carbone.

Les données collectées pourront être revues et étoffées en fonction de l'incidence des techniques et des systèmes de culture sur la flore adventice, des attaques parasitaires (insectes et champignons) et de l'intensité de la vie biologique.

L'IRAD pourrait, dans le cadre de conventions, apporter un appui dans la conception des dispositifs de mesures, le suivi de certaines parcelles et l'évaluation des résultats.

3.1.2. La pérennisation des dispositifs expérimentaux installés en 2002 au Nord et à l'extrême Nord.

Ces dispositifs sont bien représentatifs des situations extrêmes de la zone cotonnière et sont les vitrines les plus anciennes sur les SCV au Nord Cameroun.

Ils ont une antériorité sur les parcelles en SCV chez les agriculteurs et offrent ainsi des gardes fous pour d'éventuels problèmes pouvant survenir dans le temps ou sur certains systèmes de culture.

La gamme des systèmes de culture testée pourra être élargie (diversification des plantes de couverture, biomasse avant et après culture la même année, systèmes en couverture vive, diversification des cultures : riz, tournesol, autres oléagineux...). Certains itinéraires techniques pourront être affinés (variétés pour les cultures, date de semis des plantes associées aux céréales, herbicides sélectifs des plantes associées...).

Ces dispositifs seront complétés par des essais (et analyses de sols) sur la fertilisation minérale, avec comparaison « fumure organique » (split-plot), afin de proposer à la vulgarisation des doses d'engrais mieux adaptées à chaque région et aux systèmes de culture pratiqués (techniques traditionnelles et SCV).

Quatre hectares supplémentaires viendront accroître les 13 hectares existants actuellement à Zouana, Pintchoumba, Winde Pintchoumba et Pitoa.

3.1.3. Validation des itinéraires techniques en SCV pour le riz sur les vertisols.

Ces zones fertiles (*Karé*, *Yaéré*) sont laissées en jachère en saison pluvieuse, et sont caractérisées par une faible occupation des sols (*muskuwaari* essentiellement sur *Karé* et *Yaéré*) et un élevage sédentaire.

On peut définir 5 situations dans ces milieux en fonction des sols et des régimes hydriques :

- ✚ Les zones pluviales fertiles où les paysans ne peuvent pas implanter de *muskuwaari* en saison sèche.
- ✚ Les zones d'inondation de courte durée (3 à 4 jours). Le site installé à Djarengol en 2005 correspond à cette situation.
- ✚ Les zones d'inondation prolongée (site de Dargala en 2005).
- ✚ Les zones de crues.
- ✚ Les zones « stériles » des *Hardés* non cultivées.

Les dispositifs expérimentaux doivent recouper cette variabilité des régimes hydriques et intégrer les thèmes suivants :

- ✚ Mise au point des itinéraires techniques sur le riz en SCV : variétés, fertilisation, herbicides, modes d'installation (semis et repiquage).

- ✚ Mise au point du système riz-muskuwaari là où la culture de muskuwaari est possible, sur les principes suivants :
 - ✓ Installer le riz en semis ou repiquage le plus tôt possible.
 - ✓ Repiquer le muskuwaari dès que les conditions le permettent, que le riz soit récolté (repiquage du muskuwaari dans la paille de riz fauchée) ou sur pied (repiquage du muskuwaari dans les interlignes du riz).
- ✚ Diversification des cultures en saison sèche: pois du cap, niébé, pastèque..., semés avant le repiquage du muskuwaari en sol plus humide. Repiquage du muskuwaari dans l'interligne des cultures déjà levées.
- ✚ Production de biomasse fourragère pour nourrir les animaux et préparer le lit du semis direct du riz la campagne suivante.

Les collections de plantes fourragères seront installées :

 - ✓ soit seules aux premières pluies de saison
 - ✓ soit en dérobé dans le riz à différentes dates (en fonction du régime hydrique).

Plusieurs espèces (*Panicum*, *Brachiarias*, *Centrosema*, *Glycines*...) ont montré en 2005 un excellent comportement sur les sols « stériles » des *Hardés*.

Une fois mis au point, ces systèmes de culture pourront être validés rapidement chez quelques agriculteurs.

Les sites expérimentaux, dont la surface totale est estimée à 6 hectares, pourraient être installés dans le terroir prévu en 2007 à proximité de Kaélé.

3.1.4. Régionaliser les doses de fertilisation minérale

En culture cotonnière, deux doses d'engrais sont actuellement vulgarisées, en fonction de paramètres pédo-climatiques, mais aussi économiques, l'une sur le Nord et l'autre sur l'Extrême Nord. Les formulations préconisées sont des compromis technico-économiques et ne répondent pas totalement à la variabilité de la fertilité des sols dans la zone cotonnière. La mise au point de formules d'engrais mieux adaptées aux différentes spécificités régionales et susceptibles d'avoir un impact sur la productivité constitue un axe de recherche prioritaire pour la direction de la production agricole Sodécoton.

Un réseau d'essais pérennisés multilocaux permettrait de déterminer pour chaque région les éléments minéraux les plus limitants (N, P, K, Ca, Mg, Oligoéléments) dans la fertilisation actuellement vulgarisée.

Des essais soustractifs dans les systèmes coton - céréales pourraient ainsi être installés sur les sites expérimentaux (Zouana et Winde Pintchoumba), sur les 5 terroirs prévus sur le projet et sur les 39 secteurs de la Sodecoton.

Il serait intéressant, chaque fois que possible, de mener ces essais avec les techniques traditionnelles et en SCV. Des analyses de sol avant intervention seront effectuées.

Ces dispositifs pourraient être suivis par l'équipe « Recherche adaptative » sur les sites expérimentaux et les terroirs. La direction de la production agricole (DPA) et notamment les chefs de zone pourraient, avec l'appui de l'IRAD, suivre les essais dans les différents secteurs.

3.1.5. La multiplication du matériel végétal

Comme cela a été précédemment mentionné, la disponibilité en qualité et en quantité du matériel végétal nécessaire est un facteur essentiel de réussite du Projet. Il est donc nécessaire d'organiser une production de semences, en qualité et en quantité, suffisante pour répondre aux besoins des producteurs.

Ces semences concernent les plantes de couverture, mais aussi les nouvelles cultures, notamment oléagineuses et les épineux. Elles peuvent être produites sur la station de Pitoa, sur les stations de l'IRAD, sur les terroirs encadrés par la Recherche adaptative ou confiées à de petits paysans semenciers répartis sur l'ensemble de la zone cotonnière.

L'expérience montre cependant que ces différents moyens se révèlent souvent insuffisants pour répondre en temps réel à des demandes qui peuvent être fortes à un moment donné, et qu'il n'est pas toujours facile d'anticiper. De plus, le projet ne dispose pas actuellement de quantités suffisantes de semences de certaines espèces pour être en mesure, même en les multipliant dans les meilleures conditions, de couvrir la demande des prochaines campagnes. Il sera ainsi nécessaire :

- ✚ D'importer en année 1 le matériel végétal dont les quantités disponibles sont insignifiantes par rapport aux objectifs de production.
- ✚ De se rapprocher d'organismes privés qui disposent des terrains et du matériel agricole suffisants pour assurer annuellement des quantités importantes pour les espèces les plus demandées. En ce sens, l'exploitation de Maïscam, opérant déjà en semis direct près de Ngaoundéré, située à 1100 m d'altitude sur de très bons sols (basaltes), dans une région où la pluviométrie est de 1500 mm, pourrait constituer un excellent support pour une multiplication sécurisée des principales espèces nécessaires au Projet. Maïscam dispose de

matériel pour produire des semences de qualité : semoir de semis direct, pulvérisateur, moissonneuse batteuse de type Axial (très performante pour la récolte des petites graines), et de séparateurs pour le triage des semences. En attendant que les paysans multiplicateurs soient en mesure de prendre le relais, des contrats pourraient être passés avec Maïscam pour assurer, en quantités importantes, la fourniture du matériel végétal nécessaire.

- ✚ De s'assurer, pour les nouvelles cultures, la fourniture de semences de qualité et de variétés adaptées. À l'instar des essais mis en place dans d'autres pays cotonniers africains (Sénégal, Burkina, Togo), les essais de tournesol pourraient être menés avec des variétés performantes et un appui méthodologique et technique fourni par l'association Agropol (Association pour le Développement International Agronomique et Industriel des Protéagineux et des Oléagineux).

3.1.6. Collaboration de Recherche adaptative avec les autres volets du projet

L'équipe de la Recherche adaptative devra faire profiter de son expérience et de son savoir-faire les autres partenaires du projet et s'attachera en particulier à :

- ✚ Fournir au service « Formation / Communication » toutes les données techniques nécessaires à l'élaboration des supports pédagogiques et participer à leur conception. Il s'agira plus spécialement de définir précisément les systèmes de culture à promouvoir en priorité en fonction des situations agricoles (sols, climat, jachère ou soles cultivées...) et de fournir des fiches techniques détaillées sur les itinéraires techniques à appliquer à chaque système de culture.
- ✚ Participer aux formations pratiques sur les sites expérimentaux et les terroirs.
- ✚ Impliquer la cellule « Suivi-évaluation » pour l'évaluation d'impacts des techniques agro-écologiques au niveau des terroirs villageois, des exploitations agricoles (évaluation technique et économique), de l'aménagement de l'espace et de l'organisation sociale.
- ✚ Participer à la programmation des multiplications de matériel végétal et contribuer, dans un premier temps, à la fourniture des semences nécessaires aux multiplications.

- ✚ Participer à la conception des protocoles pour les parcelles de démonstrations et effectuer un appui technique sur le terrain.

3.1.7. Les contributions de l'IRAD au Projet

- Le principe des conventions passées annuellement entre le projet et l'IRAD est satisfaisant dans la mesure où il permet d'adapter et de faire évoluer les thèmes de recherche en fonction des problématiques émanant du terrain.
- Les expérimentations déjà en place doivent être pérennisées, en particulier celles concernant les effets des précédents culturaux sur la culture du cotonnier en fonction des techniques culturales (traditionnelles et SCV) et la gestion des résidus (exportés ou conservés). Sur ces dispositifs, il est essentiel de suivre l'évolution de la fertilité physique, chimique (analyses au départ et à intervalles réguliers) et biologique des sols, et celle de la flore adventice en fonction de la couverture du sol.
- Un autre thème important à poursuivre est l'évaluation du matériel génétique issu des collectes locales et des introductions (cultures et plantes de couverture fourragères ou non) et de leur intérêt pour le SCV et/ou pour l'élevage (couverture du sol, biomasse, compétition avec les cultures, effet sur la flore adventice, qualité fourragère...).
- L'IRAD pourra également contribuer à l'interprétation des résultats des différentes mesures (ruissellement, drainage vertical ...) qui seront effectuées par le projet sur les toposéquences gérées avec les agriculteurs sur les terroirs. Il pourra également participer à la conception, au suivi et à l'interprétation des essais multilocaux de fertilisation qui seront conduits par les chefs de zone dans les différents secteurs de la Sodecoton.

3.2. Les actions de diffusion

En matière de diffusion des techniques liées à l'agro-écologie, le Projet poursuivra deux objectifs essentiels :

- ✚ La poursuite et le développement de la plupart des actions mises en œuvre au cours des précédents projets, notamment en matière d'aménagements anti-érosifs, de délimitation et pérennisation de parcelles, de construction de biefs, de promotion de la fumure organique, et de promotion de l'arbre (jachères arborées, aménagement de berges, intégration de l'arbre dans les parcelles de culture (*Faidherbia*...), haies vives, pépinières villageoises, sensibilisation dans les écoles...). Comme cela a précédemment été rappelé la diffusion de ces actions sera modulée en fonction des spécificités régionales et de l'intensité des demandes exprimées par les intéressés eux-mêmes.

- ✚ La mise au point d'une méthodologie permettant une diffusion rapide et sans risque pour les producteurs des techniques de semis sous couvert végétal.

Le changement d'échelle, c'est-à-dire le passage d'un stade expérimental ou pilote à celui d'une diffusion de masse, nécessite une modification de la stratégie d'intervention du projet. L'encadrement des actions ne peut demeurer de la seule prérogative des agents du projet. Les structures pérennes, notamment la Direction de la production agricole Sodecoton et les agents de terrain de l'OPCC, doivent contribuer activement à la diffusion des techniques afin d'assurer une certaine durabilité.

3.2.1. Les aménagements de parcelles

Au cours du projet, il est prévu de poursuivre les aménagements de parcelles avec des semis en courbes de niveau, des ados, cordons pierreux et bandes anti-érosives. Cette activité devrait du fait de la régionalisation et de la diffusion des SCV connaître un léger ralentissement et adopter un rythme de croisière de l'ordre de 15 000 ha par an. En effet, le Mayo Danāi ou certaines zones de la région de Maroua Sud (Bogo par exemple) ne nécessitent pas, compte tenu de l'absence de relief, d'aménagements particuliers. Un couvert végétal permanent constitue la meilleure forme de protection contre l'érosion, aussi le développement des SCV devrait, à terme limiter l'extension des aménagements anti-érosifs. Ceux-ci présentent néanmoins, à l'heure actuelle, une réelle efficacité et ont une action pédagogique indéniable permettant aux agriculteurs de mieux intégrer les valeurs de l'agroécologie et de les sensibiliser à la fragilité de leur environnement. Avec cet objectif de 15 000 ha/an, au terme du Projet quelque 220 000 ha de culture pourraient ainsi être aménagés sur la zone cotonnière.

Aménagement	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Aménagement (ha)	15 000	15 000	15 000	45 000
Cordons pierreux	1 500	1 500	1 500	4 500
Ados	1 500	1 500	1 500	4 500
Bandes anti-érosives	12 000	12 000	12 000	36 000

La consolidation des aménagements existants doit être entièrement assurée par les agriculteurs, ce qui sous-entend la poursuite d'efforts de communication et de sensibilisation auprès des individus et des groupements pour garantir l'entretien et la maintenance.

3.2.2. Délimitations de parcelles

Pour des raisons de coûts, de surfaces déjà délimitées et pour accroître la densité d'arbres dans le paysage, l'accent sera porté sur le bornage

végétal. Compte tenu des aménagements, la délimitation d'un ha de culture nécessite en moyenne 16 bornes ou 16 arbres par ha.

Les bornes en ciment sont davantage implantées dans la partie la plus méridionale de la zone cotonnière, notamment sur Mayo-Galké et Touboro. Alors que le bornage végétal est répandu sur l'ensemble de la zone cotonnière.

Afin d'augmenter la densité d'arbres, le projet ESA a initié des délimitations nécessitant 50 arbres par ha. Le nouveau projet favorisera le développement de ce type de délimitation.

Une approche intégrant la production de fourrage, la santé animale, l'embouche bovine et la production de fumure organique présente, à proximité des centres urbains, un intérêt certain.

Pour plus de souplesse, le projet se propose de favoriser le développement de la culture attelée en mettant à disposition des agriculteurs le matériel nécessaire aux meilleures conditions. Une prise en charge, par le projet à hauteur de 50% pourrait être accordée pour le petit matériel et de 25% pour le matériel de transport. L'attribution de ce matériel ne sera effective qu'après avoir vérifié la motivation et l'engagement de l'agriculteur dans la production de fumure organique.

La diffusion du matériel suivant est prévue sur les 3 ans du Projet :

Diffusion de matériel pour la fumure organique	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Petit outillage (nb)	1 000	2 000	3 000	6 000
Porte-tout (nb)	200	300	500	1 000
Brouettes (nb)	400	600	1 000	2 000
Charrettes (nb)	60	90	150	300

3.2.5. Diffusion de l'arbre

	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Préservation des parcs arborés (nb plants)				
Prime / arbre en dernière année de préservation (nb)	300 000			300 000
Protection / arbre	500 000	500 000	500 000	1 500 000
Plantation agroforestière en ha	200	250	250	700
Plantation agroforestière en arbres (400 arbres /ha)	80 000	100 000	100 000	280 000
Haies vives Km)	80	120	200	400
Haies vives plants	160 000	240 000	400 000	800 000
Berges (KM)	20	30	50	100
Berges (plant)	4 000	6 000	10 000	20 000
Ecoles pilotes	2	3	4	9
Plantations scolaires (100'Plants/école))	10 000	10 000	10 000	30 000
Pépinières				
Formations (nombre)	40	40	40	120
Recyclages (nombre)	150	150	150	450
Equipements (nombre)	20	30	50	100

a) Préservation des parcs arborés

Le projet continuera ses actions de sensibilisation et à apporter un appui technique pour la préservation des parcs à *Faidherbia* et à *Prosopis* dans le Bec de canard, sur la région de Gobo. Néanmoins, compte tenu de l'antériorité de l'opération, le projet ne versera plus de prime, seuls les frais de repérage et de protection seront maintenus. Les 300 000 plants

inscrits en année 1 concernant des reliquats de primes sur des plantations effectuées en dernière année du projet ESA.

b) Plantations agro-forestières

Les plantations agro-forestières pourraient concerner environ 700 ha au cours des 3 années du projet soit plus de 280 000 arbres. Seules 10 % de ces surfaces font réellement l'objet d'une mise en jachère. De plus en plus fréquemment, les agriculteurs continuent à cultiver entre les arbres. Cette pratique est notamment intéressante pour réintroduire l'arbre dans les zones de fortes cultures où il avait pratiquement disparu. Ces plantations contribuent à la régénération de la fertilité des parcelles. La principale essence diffusée est *l'Acacia Sénégal* et *Cassia Siamea*. Néanmoins le Projet prévoit de favoriser le développement d'autres espèces, notamment les essences fourragères telles que *Ficus sycomorus*.

À l'issue du Projet, environ 1 500 ha de plantations agro-forestières auront été ainsi créés depuis l'origine de cette action, ce qui représente près d'un million d'arbres.

C) Mise en place de haies vives

Cette action fait, contre toute attente, l'objet d'un vif intérêt et de la part de agriculteurs. Si elle n'est pas contrariée par des problèmes fonciers ou par des droits coutumiers d'accès aux pâturages, la demande pourrait connaître un fort développement. Les haies vives permettent de protéger les parcelles contre les divagations d'animaux, mais elles ont également une incidence sur le rythme des récoltes, l'organisation du travail et la gestion du fourrage. Les haies vives sont généralement constituées d'épineux (*Acacia polyacantha* ou *nilotica*, *Ziziphus*...) ou d'autres essences comme le *Jatropha curcas*, qui, bien que dépourvues d'épines ont une bonne capacité de fermeture et pourrait être une plante oléagineuse intéressant les biocarburants.

Au cours du projet, 400 km de haies pourraient être mis en place ce qui porterait à près de 550 km la longueur totale en haies vives, soit plus d'un million de plants. Afin de minimiser le coût d'installation, les semis seront vulgarisés en priorité. En effet, la mise en place à partir de plants issus de pépinières est d'un coût beaucoup plus élevé.

d) Aménagement des berges

L'aménagement de 100 km de berges est prévu au cours du projet. Cette opération mériterait d'être intensifiée davantage. Son intérêt écologique est évident et elle devra faire l'objet d'efforts de sensibilisation et de communication.

e) Plantations dans les écoles

Le taux d'échec assez important constaté au cours du précédent projet, dû au manque d'entretien et d'arrosage en saison sèche incite à orienter cette opération différemment. Une école pilote serait choisie par région et ferait l'objet d'une démarche plus poussée. Un verger comportant au moins une centaine d'arbres serait créé. Des actions de sensibilisation à l'environnement et au rôle de l'arbre seraient menées dans ces écoles qui serviraient de vitrine pour les établissements environnants. Un budget de l'ordre de 500 000 FCFA pourrait être alloué à la création du verger et aux animations prévues. Les parents d'élèves contribueraient à hauteur de 20 % de ce budget.

Les autres écoles qui en feraient la demande pourraient, bien entendu, acquérir de plants et bénéficier comme auparavant de l'appui du Projet.

f) Création de pépinières privées

Le Projet poursuivra son appui à la création de pépinières privées assurant la production des plants nécessaires aux activités citées ci-dessus et pouvant répondre à la demande en arbres fruitiers sur l'ensemble de la zone cotonnière et éventuellement au-delà. La diffusion d'arbres fruitiers pourrait être de l'ordre de 70 000 plants par an.

Sur la durée du Projet, la formation de 120 nouveaux pépiniéristes est prévue ainsi que 450 recyclages pour les plus anciens.

Le problème le plus crucial est souvent celui de l'approvisionnement en eau pour l'arrosage des plants en saison sèche. Le Projet contribuera à l'équipement des pépinières en matériel, moyen d'exhaure et si nécessaire construction de puits. Sur la durée du projet, il est prévu d'équiper une centaine de pépinières. Une enveloppe globale de 500 000 FCFA sera attribuée par installation, l'intéressé contribuant à hauteur de 25 % des investissements.

3.2.6. Diffusion de semis sous couvert végétal

La méthodologie envisagée pour la diffusion des scv et les surfaces auxquelles elle aboutit ne sont qu'indicatives. Les résultats dépendront avant tout de la réceptivité et du degré d'acceptation et d'appropriation des techniques propres aux cultures végétales par les paysans. Il s'agit davantage d'une simulation que d'une base contractuelle.

a) Préalables et phase préparatoire

La diffusion des cultures en scv avec un impact significatif est dépendante de deux conditions essentielles :

- ✚ Le Projet doit se doter d'outils de sensibilisation et de formation très performants pour gagner rapidement l'adhésion du plus grand nombre possible de producteurs. Afin de ne pas

dupliquer les structures et d'assurer une certaine continuité des actions d'encadrement au-delà du projet, les agents de terrain de l'OPPC (ASO), collaboreront étroitement avec les responsables du service Formation / communication et les « agro-aménagistes-conseils », chargés au niveau des régions de la coordination de l'ensemble des actions du projet.

- ✚ Pour les mêmes raisons que précédemment, c'est-à-dire : éviter la duplication des structures et surtout assurer la continuité des actions d'encadrement au-delà du projet, la Direction de la production agricole de la Sodecoton et notamment les Chefs de zone doivent être fortement impliqués dans la vulgarisation technique des SCV.

Avant le démarrage du Projet, au cours de la campagne 2006/2007, environ 100 chefs de zone et « agroécologistes » du projet seront encadrés et formés aux techniques de SCV sur le terroir en création à Laindé Massa et sur les sites expérimentaux de Zouana, Pintchoumba et Winde Pintchoumba.

b) méthodologie et approche

Sur la base du volontariat, des groupements ou « cercles » d'environ 10 producteurs ayant bien intégré et adopté les techniques diffusées par ESA et, de préférence, pratiquant déjà le semis sans labour seront constitués. Ces cercles cultiveront non seulement en SCV, mais adopteront les pratiques et les itinéraires techniques propres à l'agroécologie.

	A1 2007	A2 2008	A3 2009
Cercles de 1e année			
Surface par groupement (ha)	2,50	5,00	10,00
Nombre de groupements par encadreur	3	3	3
Nombre d'encadreurs concernés	100	100	100
Surface en SCV	750	1 500	3 000
Cercles de 2e année			
surface par groupement (ha)		2,50	5,00
Nombre de groupements par encadreur		10	10
Nombre d'encadreurs concernés		150	150
Surface en SCV		3 750	7 500
Cercles de 3e année			
surface par groupement (ha)			2,50
Nombre de groupements par encadreur			10
Nombre d'encadreurs concernés			200
Surface en SCV			5 000
Surface cumulée en SCV	750	5 250	15 500

- ✚ **Cercles de première année** : L'objectif étant avant tout de bien maîtriser les techniques, aucun engagement individuel de surface minimum sera exigé.

La simulation ci-après suppose néanmoins, la mise en œuvre d'environ 2,5 ha de culture en scv par groupement en première année, soit environ un quart d'ha par producteur adhérant au cercle. Les années suivantes les surfaces unitaires pourraient doubler. Ainsi en année 3, chaque cercle pourrait cultiver en moyenne 10 ha.

Prenant en compte la période d'apprentissage nécessaire, chaque agent d'encadrement ne prendrait en charge, en première année que 3 groupements. Les cercles mis en place dès la première année pourraient ainsi conduire 3 000 ha en scv en fin de projet.

- ✚ **Cercles de seconde année** : L'évolution des surfaces individuelles et la méthodologie mise en œuvre demeurent les mêmes. Néanmoins, compte tenu de l'expérience acquise, chaque agent (CDZ ou agroécologiste) pourrait encadrer une dizaine de cercles et 150 agents pourraient participer à la diffusion des scv. En dernière année, 7 500 ha pourraient être cultivés en scv par les cercles mis en place en 2008/2009.

- ✚ **Cercles de troisième année** : Le même schéma serait reconduit mais cette fois impliquant 200 encadreurs, générant ainsi 5 000 ha de culture en scv.

Au terme du projet, la diffusion des scv pourrait ainsi concerner un peu plus de 15 000 ha de culture. Comme cela a été mentionné plus haut, la faisabilité de ce programme est liée à l'efficacité des actions de sensibilisation et à la très forte implication des agents du projet et de la Direction de production agricole Sodécoton.

c) Fourniture de plantes de couverture

Les SCV, et leur intégration dans les systèmes d'agriculture-élevage, sont basés sur la présence dans les rotations culturales de plantes de couverture fournissant une forte biomasse aérienne et racinaire. La production, en quantité et en qualité, de ce matériel végétal spécifique est un préalable indispensable à la réussite du projet.

Le tableau ci-après indique les quantités et les provenances de semences nécessaires à la production de plantes de couverture.

Diffusion de semences & matériel végétal	A0 2006	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Importation de semences (kg)	1 210				1 210
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Ciat 184)	500				500
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	500				500
<i>Brachiaria brizantha</i>	100				100
<i>Brachiaria humidicola</i>	50				50
<i>Brachiaria mutica</i>	20				20
<i>Acacia auriculiformis</i>	20				20
<i>Acacia mangium</i>	20				20
Production locale pour SCV d'année 1					
Surfaces en 1ère année de SCV (ha)		770	3 770	5 010	9 550
Quantités nécessaires					
<i>Brachiaria</i> + <i>stylosanthes</i> (5kg/ha)		3 850	18 850	25 050	47 750
Production locale pour SCV d'années 2 & 3					
Surfaces à couvrir hors sites & terroirs contrôlés)			1 480	10 490	11 970
Quantités de semences nécessaires			7 400	52 450	59 850

Certaines espèces, comme le *Brachiaria ruziziensis*, très utilisées dans les associations avec les céréales, sont déjà présentes localement. Cependant le faible pouvoir germinatif des semences collectées les années antérieures ont été à l'origine de contre-démonstrations chez les agriculteurs. Pour d'autres espèces comme le *Stylosanthes guianensis*, légumineuse très intéressante pour restaurer la fertilité et pour l'alimentation du bétail, le *Brachiaria brizantha*, excellente graminée pour des pâturages permanents, et les *Brachiarias humidicola* et *mutica* pour la production fourragère dans les vertisols, très peu de semences sont actuellement disponibles. Il en est de même pour les légumineuses arborées à croissance rapide comme l'*Acacia auriculiformis* et l'*Acacia mangium*, très intéressantes pour la fourniture de bois d'œuvre et de chauffe.

Pour assurer, en quantité et en qualité la couverture des besoins, l'importation (Brésil, Thaïlande) des semences sera nécessaire et permettra de démarrer sur des bases solides le processus de multiplication à grande échelle. De plus, pour que le projet soit en mesure de fournir les quantités de semences nécessaires aux quelque 770 hectares en SCV prévus en 2007, il est essentiel que les semences importées soient disponibles avant mai 2006, pour une multiplication de ce matériel végétal avant le démarrage du projet.

Le financement de ces importations devra être résolu par un mécanisme de préfinancement à définir ou, si les disponibilités le permettent, sur les reliquats du projet ESA.

Comme mesure incitative, le projet fournira gratuitement les semences de plantes de couverture nécessaires en première année de scv, soit 9 550 hectares de mise en culture, ce qui correspond à environ 48 tonnes de semences. La production de ces semences pourrait être confiée, pour

l'essentiel à MaisCam ; qui dispose de la compétence technique et du matériel nécessaire, pour assurer, à partir des semences importées, du matériel végétal de qualité en quantité suffisante.

Enfin, pour emblaver les 15 500 hectares en SCV prévus sur les trois années du projet, les agriculteurs doivent produire eux-mêmes les semences de plante de couverture nécessaires aux 11 970 hectares cultivés en 2ème et 3ème année de SCV.

3.3. Les diversifications et innovations

Cet axe d'intervention du Projet devra permettre d'identifier et de mettre en œuvre d'abord au stade de la recherche puis à celui de la diffusion toutes nouvelles cultures ou toutes nouvelles méthodes susceptibles d'accroître le revenu des producteurs ou d'améliorer les systèmes de culture.

Le contexte économique actuel et notamment des perspectives d'évolution du prix du pétrole obligent à reconsidérer un certain nombre de paramètres et à de nouvelles analyses de la situation. L'augmentation du prix des produits pétroliers pénalise fortement l'équilibre des filières cotonnières africaines et, de ce fait, a un impact non négligeable sur le revenu des producteurs. Cette situation critique peut, néanmoins, permettre d'envisager le développement de certaines activités jugées hier non profitables.

Il reviendra à l'équipe du projet de définir, en fonction des attentes et des demandes des producteurs les principales orientations prospectives. Cependant, dans le cadre de la présente étude, quelques idées et actions essentielles ont d'ores et déjà été identifiées et pourraient être mises en œuvre au cours du Projet.

Les cultures oléagineuses alimentaires ou à vocation de biocarburants présentent, dans le contexte actuel des filières des perspectives intéressantes et pourraient constituer une réelle opportunité de diversification et de complément de revenu non négligeable pour les exploitations cotonnières du Nord Cameroun.

3.3.1. Introduction et diffusion de la culture du tournesol

L'industrie huilière africaine, d'une façon générale, connaît des difficultés souvent liées à des problèmes d'importations illégales. Néanmoins, la consommation moyenne en Afrique de l'Ouest et du Centre demeure relativement faible (12 kg par personne et par an) par rapport à la consommation mondiale moyenne (env. 20 kg). Les besoins en huiles alimentaires ne sont pas satisfaits. En termes de production oléagineuse nationale, des marges de progression sont possibles, marges qui pourraient être partiellement comblées par l'introduction de nouvelles cultures oléagineuses.

Les expérimentations de culture de tournesol, en cours dans différents pays d'Afrique de l'Ouest, notamment au Sénégal, donnent des résultats plutôt prometteurs et certaines variétés intéressantes ont d'ores et déjà été identifiées. Compte tenu de la durée de son cycle et de ses exigences climatiques et édaphiques, le tournesol s'insère dans l'assolement des exploitations cotonnières et pourrait ainsi constituer une source de revenu complémentaire conséquente. Par ailleurs, cette plante s'intègre bien dans les systèmes de cultures sous couvert végétal. Sa racine « pivot » a une action mécanique intéressante car elle travaille le sol en profondeur.

Introduction et diffusion de la culture du tournesol	A1 2007	A2 2008	A3 2009
Introduction et diffusion Tournesol	39	1 053	1 500
Essais sur terroirs tests			
Nombre de terroirs	2	4	5
Essais variétaux (0,25 ha/terroir)	0,50	1,00	1,25
Essais fertilisation & Phyto (0,25 ha/terroir)	0,50	1,00	1,25
Semences nécessaires (kg)	3,00	6,00	7,50
Semences pour essais(kg)	6	12	12
Pré vulgarisation			
Surfaces (ha)		50	500
Semences (3 kg/ha)		150	1 500

La mise en place d'essais de culture de tournesol est envisagée, dans un premier temps, à titre expérimental et sera conduite par l'équipe du projet chargée des actions de recherche adaptative. Dès la seconde année du projet, une pré vulgarisation en milieu paysan pourrait être envisagée avec un objectif de 500 ha en année 3.

À l'instar des autres expériences en cours en Afrique de l'Ouest, l'association pour le développement international des oléagineux et protéagineux (AGROPOL) pourrait apporter son appui technique et fournir les semences nécessaires pour la mise en place des essais. Ceux-ci seront placés dans les terroirs tests et porteront sur la détermination des variétés les mieux adaptées aux différentes conditions agro-climatiques. Des essais visant à définir et à optimiser la fertilisation et la protection phytosanitaire seront également nécessaires.

3.3.2. Les oléagineux à destination de bio-carburants

La problématique oléagineuse doit s'inscrire, aujourd'hui, dans une approche plus globale, prenant en compte l'augmentation du prix du pétrole et l'accroissement des besoins en matières premières destinées à l'élaboration de biocarburants. Les productions oléagineuses à vocation de biocarburant, graine de coton y compris, sont appelées à connaître, dans un proche avenir, un accroissement significatif de la demande. Elles

répondront aux objectifs du protocole de Kyoto en matière de réduction d'émission de CO₂ et de gaz à effet de serre.

D'autres plantes oléagineuses, comme le ricin ou le pourghère (*Jatropha*), dont les productions ne se sont pas développées, faute de marchés, pourraient également, dans la dynamique de développement des biocarburants, présenter un grand intérêt. Le pourghère est une plante relativement commune à l'état naturel en Afrique de l'Ouest et du Centre et bien connue au Nord cameroun. Elle présente un fort rendement en huile obtenue par simple pression à froid. Cette huile demande peu de transformation pour être utilisée comme carburant dans des moteurs lents notamment ceux équipant certains groupes électrogènes. À titre d'exemple, le gouvernement malien vient d'engager plus de 500 millions de francs CFA pour cinq ans (2004-2008) dans le Programme National de Valorisation de la Plante Pourghère.

Avant d'envisager la culture du pourghère à grande échelle, sa diffusion pourrait se faire, du moins partiellement, dans le cadre du programme de création de haies vives. Bien que cette plante soit dépourvue d'épines, sa capacité à « fermer » en fait une plante intéressante pour clôture des parcelles.

3.3.3. Production d'amendements à partir de débris végétaux

Les résidus végétaux, y compris les déchets d'égrenage, tiges de cotonnier, coques et résidus d'huilerie peuvent servir de matière première à la fabrication d'amendements pouvant être utilisés en culture cotonnière et permettre ainsi de réduire la quantité d'engrais minéraux utilisés. En partenariat avec la société BIOPOST spécialisée dans la fabrication de ce type d'amendement par adjonction de ferments, une expérimentation pourrait être menée en cours du projet.

3.4. Des actions de formation et de sensibilisation

L'objectif principal des actions de formation et de sensibilisation est de permettre un accroissement significatif des compétences et des savoir-faire dans les différents domaines de l'agro-écologie. Les publics ciblés seront avant tout les paysans mais également l'ensemble du personnel d'encadrement (projet, Sodecoton, OPCC). La sensibilisation des responsables administratifs et de l'ensemble des décideurs intervenant en zone cotonnière constitue également un facteur de réussite du Projet.

Les principales sessions de formation et actions de sensibilisation envisagées sont résumées dans le tableau ci-après.

Actions de formation & sensibilisation	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Formation du personnel d'encadrement				
Session de base pour CDR - DPA (h/j)	27			27
Session remise à niveau CDR (h/j)		18	18	36
Session de base pour CDS - DPA (h/j)	120			120
Session remise à niveau CDS (h/j)		80	80	160
Session de base pour CDZ - DPA (h/j)	300	150	150	600
Session renforcée CDZ (h/j)	300	450	600	1 350
Session de base pour ASO - OPCC (h/j)	120	120		240
Session renforcée pour ASO (h/j)	120	240	240	600
Sessions spéciales Agro aménagistes (h/j)	54	54	54	162
Session de base Agro écologistes (h/j)	120			120
Session renforcée Agro écologistes (h/j)		120	120	240
Actions de sensibilisation (terrain)				
Autorités administratives (nb visites)	6	6	6	18
Direction & cadres Sodécoton		1		1
Direction & cadres OPCC		1		1
Représentants de producteurs	2	2	2	6
Autres opérateurs	1	1	1	3
Séminaire d'information sur résultats de R & D				
Ateliers techniques « portes ouvertes »	2	2	2	6

Le personnel d'encadrement directement chargé de la diffusion de la méthodologie et des itinéraires techniques (personnel du projet, CDZ, ASO) recevra d'abord une formation de base sur l'ensemble des techniques propres à l'agroécologie. Il participera ensuite à des sessions de remise à niveau et de perfectionnement. La durée minimum de ces sessions de formation a été évaluée à 3 jours par an. Il faut, néanmoins, considérer que cette formation essentiellement pratique sera continue et aura lieu quotidiennement sur le terrain.

Le service « Formation / communication » produira des supports pédagogiques et fera appel à différents médias pour véhiculer le plus efficacement possible ses messages.

Les principaux supports didactiques envisagés figurent dans le tableau ci-dessous :

Supports didactiques (nombre)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Messages techniques et argumentaires				
Fiches techniques(agents encadrement)	1 500	2 000	2 500	6 000
Affiches techniques (producteurs & pop. rurale)	600	600	600	1 800
Fiches argumentaires (Agents ESA)	500	500	500	1 500
Fiches techniques & pédagogiques (nb)	2 000	2 000	2 000	6 000
Réalisation & duplication films techniques	2	2	2	6
Présentation "PowerPoint"	pm	pm	pm	
Sensibilisation & communication				
Prospectus & plaquettes de présentation	1 000	1 000	1 000	3 000
Réalisation & duplication films de sensibilisation	2	2	2	6
Émission de sensibilisation TV	1	2	3	6
Emissions radio rurale	10	10	10	30
Présentation "PowerPoint"	pm	pm	pm	
CD de présentation	pm	pm	pm	

4. Aspects institutionnels et organisation

4.1. Aspects institutionnels

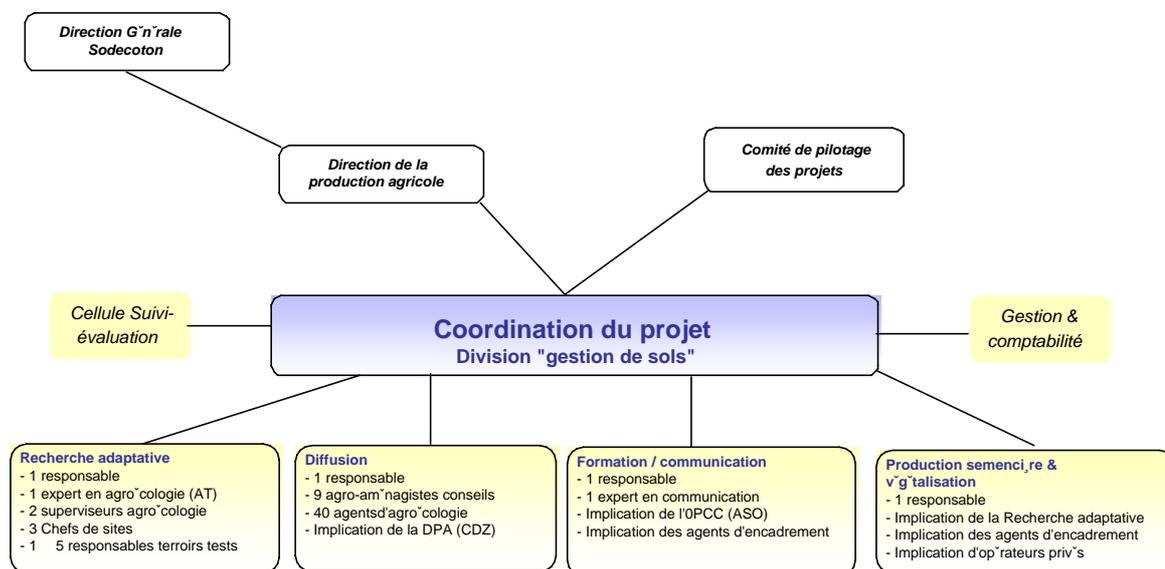
Du point de vue institutionnel, aucune modification fondamentale n'a été prévue par rapport au précédent projet.

Le maître d'ouvrage est l'État camerounais représenté par le ministère de l'Agriculture et du Développement rural (MINADER). La Sodecoton continuera à assurer la maîtrise d'œuvre et demeurera le principal opérateur du projet. Le comité de pilotage présidé par le représentant du MINADER comprend 5 représentants des principaux ministères concernés (Forêts & faune, Environnement et protection de la nature, Élevage, pêches et industries animales, Planification & aménagement du territoire, Administration territoriale et décentralisation), 5 représentants des producteurs et une représentation des autres projets, assurée par la Mission d'études et d'aménagement de la province du Nord (MAEDEN). Compte tenu du récent remaniement ministériel intervenu au sein du Gouvernement camerounais, de nouveaux ministères pourraient être associés au Comité de pilotage. Toutefois la parité et le nombre de voix délibératives seraient conservées.

La Division « Gestion des sols », rattachée à la direction de la Production agricole de la Sodecoton, continuera à assurer la coordination des actions menées par les responsables des différents services du projet ainsi que celles qui seront conduites par les Chefs de zone de la DPA et les ASO de l'OPCC dans le cadre des actions de diffusion et de formation.

4.2. Organisation interne et fonctions des différents services

L'organigramme ci-après résume l'organisation interne du projet « ESA - promotion de l'agroécologie ».



4.2.1. La recherche adaptative

Le responsable du service « Recherche adaptative » contrôlera l'ensemble des actions de recherche et des actions prospectives qui seront menées tant sur les sites que sur les terroirs tests ainsi que les expérimentations conduites directement en milieu paysan.

En conséquence, au-delà des travaux menés sur les techniques propres à l'agroécologie, le responsable du service Recherche adaptative contrôlera également l'action « riz /muskwaari » ainsi que l'essentiel des activités envisagées en matière de diversification innovation. Il assurera également la liaison avec l'IRAD dans le cadre des conventions passées avec cet organisme.

Un expert en agroécologie, possédant déjà une expérience confirmée, viendra appuyer la conduite des semis sous couvert végétal. Il participera à la définition des itinéraires techniques et aura un rôle déterminant dans l'organisation et la conduite des terroirs tests. Le travail de cet expert sera également prépondérant dans la définition des stratégies de diffusion des SCV et des différentes techniques liées à l'agroécologie.

Compte tenu de l'étendue de la zone cotonnière et de la nécessité de mener les actions de recherche sous les différents environnements agro climatiques, deux superviseurs, l'un pour la province du Nord, l'autre pour l'Extrême Nord viendront seconder le responsable « Recherche adaptative ».

4.2.2. Le service « Diffusion »

Le service « Diffusion » reprendra l'essentiel des activités du volet opérationnel d'ESA. La diffusion des techniques de semis sous couvert végétal constituera une innovation majeure. Le responsable de ce service devra s'appuyer non seulement sur les 9 agroaménagistes (un par région) et des 40 agents d'agroécologie, mais il devra également organiser et coordonner la participation des agents de la DPA, notamment des chefs de zone impliqués dans la diffusion des SCV et des techniques agroécologiques.

4.2.3. Le service « Production semencière & végétalisation »

Le service « production semencière et végétalisation » bien qu'intervenant de façon transversale joue un rôle déterminant dans la réussite du projet. En effet, cette réussite repose en partie sur la disponibilité en quantité mais surtout en qualité du matériel végétal nécessaire à la pratique des semis sous couvert végétal et à la diffusion des végétaux herbacés et arborés nécessaires à l'aménagement des terroirs et à l'intégration d'une agriculture durable au sein des écosystèmes.

En dehors du responsable, ce service ne disposera pas d'effectif en propre mais appuiera ses actions sur l'ensemble du dispositif du Projet.

4.2.4. Le service « Formation-Communication »

Comme cela a déjà été mentionné, le principal défi du projet « ESA - Promotion de l'agroécologie » n'est pas technique mais culturel. Il s'agit donc de faire appel aux moyens médiatiques les plus performants pour diffuser les messages et obtenir l'adhésion du plus grand nombre de producteurs à cette nouvelle forme d'agriculture.

Le responsable du service coiffera l'ensemble des activités et sera plus particulièrement en charge de la conception et de l'organisation des actions de formation. Il sera secondé par un cadre, professionnel en communication, maîtrisant les outils médiatiques modernes et capables de catalyser les actions du projet. Ce cadre n'est, a priori et au stade actuel, pas disponible au sein des effectifs de la Sodécoton et devra faire l'objet d'un recrutement spécifique.

Le service « Formation communication » organisera ses actions en s'appuyant sur les agents d'encadrement du projet mais il impliquera également les agents de l'OPCC (ASO) dans les actions de sensibilisation et de formations prévues sur le terrain.

4.2.5. La cellule de Suivi-évaluation

Le Suivi-évaluation a pour objectif principal d'aider les différentes Directions qui interviennent dans le développement du monde rural à prendre des décisions leur permettant d'améliorer et de rendre plus performantes les tâches qui leur sont confiées.

En ce qui concerne le projet « ESA- Promotion de l'agroécologie » la cellule de Suivi-évaluation (CSE) permettra, comme cela a été le cas au cours des précédents projets, de fournir aux responsables des indicateurs sur le déroulement des actions et de permettre :

- ✚ Le contrôle interne et le pilotage du projet (suivi opérationnel des activités, suivi-évaluation des objectifs et résultats, mesure d'impacts).
- ✚ L'élaboration et la diffusion d'informations aux autorités de tutelle, maître d'œuvre, bailleurs de fonds et aux différentes missions d'évaluation et d'études.
- ✚ La mise à disposition des informations et bases de données nécessaires aux différentes études et évaluations de projets opérants sur l'ensemble de la zone cotonnière.

La CSE réalise ses travaux essentiellement au travers des « Enquêtes agricoles permanentes » et d'enquêtes thématiques ou ponctuelles.

- ✚ Les enquêtes agricoles permanentes : Elles concernent le recueil des données socio-économiques et celles relatives aux pratiques culturales. Le travail se fait à l'échelle de l'exploitation pour les données socio-économiques (1900 exploitations suivies) et à l'échelle de la parcelle (684 parcelles) pour celles concernant les pratiques culturales. Les résultats apparaissent dans l'annuaire statistique de la CSE et permettent d'observer l'évolution des exploitations agricoles à travers des indicateurs comme la population, le cheptel, l'assolement, le rendement, les revenus, les marges bénéficiaires etc... Ces données sont également exploitées en cas de nécessité dans les enquêtes thématiques.
- ✚ Enquêtes thématiques ou ponctuelles : Elles se font à la demande des différentes directions Sodecoton, des responsables du projet ou des partenaires extérieurs sur des sujets bien précis.

Au cours du nouveau projet, la CSE continuera à collaborer étroitement aux différentes actions envisagées notamment pour le suivi opérationnel des terroirs tests et la mesure des performances des pratiques agroécologiques qui seront mises en œuvre. Le coût de fonctionnement de la CSE sera partagé entre la Sodecoton et le Projet.

4.2.6. La cellule de gestion comptable

Bien que physiquement rattachée au Projet, cette cellule ne figure pas directement dans les effectifs mais dépend de la direction financière et comptable de la Sodecoton. Elle effectue auprès du projet une prestation de service.

Le rôle de cette cellule est d'assurer la gestion administrative et comptable du projet. Elle participe, avec la direction financière et comptable de la Sodécoton, à l'élaboration des documents de comptabilité générale. Elle assure le fonctionnement d'une comptabilité analytique répondant aux exigences des différents services opérationnels et des bailleurs du projet. Elle assure l'établissement des mémoires et le suivi de l'exécution financière du Projet.

5. Personnel & appuis externes

Comme cela a été précédemment mentionné, afin de rendre plus pérennes les actions et la dynamique d'encadrement du projet, les agents de la DPA et de l'OPCC seront largement impliqués dans la diffusion des messages techniques et dans les actions de sensibilisation. En conséquence, le personnel dépendant directement du Projet ne connaîtra pas de grandes variations et demeurera assez proche de l'effectif actuel du Projet ESA.

5.1. Évolution du personnel « Projet »

Le tableau ci-après résume l'évolution prévue des effectifs propres aux différents volets du projet « ESA - Promotion de l'agroécologie ». Les Chefs de zone de la DPA et les animateurs de l'OPCC devant participer aux actions du projet y ont également été comptabilisés.

Évolution des effectifs	A1 2007	A2 2008	A3 2009
Coordination	5	5	5
Coordinateur	1	1	1
Secrétaire	2	2	2
Chauffeur	1	1	1
Planton	1	1	1
Scé Recherche adaptative	13	15	16
Chef de service	1	1	1
Expert en agroécologie (AT)	1	1	1
Superviseurs régionaux	2	2	2
Chefs de site	3	3	3
Responsables terroirs tests	2	4	5
Responsable "vertisols"	1	1	1
Stagiaires terroirs	2	2	2
Chauffeur	1	1	1
Scé Diffusion	112	162	212
Chef de service	1	1	1
Agro-aménagistes conseils	9	9	9
Agents d'agro-écologie	40	40	40
Implication CDZ de la DPA	60	110	160
Secrétaire	1	1	1
Chauffeur	1	1	1
Scé Formation / communication	45	45	45
Chef de service	1	1	1
Expert en communication	1	1	1

Implication ASO de l'OPCC	40	40	40
Secrétaire / reprographe	1	1	1
Chauffeur	1	1	1
Planton	1	1	1
Sce Production semencière & végétalisation	2	2	2
Chef de service	1	1	1
Chauffeur	1	1	1
Total Projet	177	229	280
Total Projet hors CDZ & ASO	77	79	80

À terme du Projet, quelque 160 chefs de zone et 40 agents OPCC sont appelés à participer aux actions du Projet.

5.2. Cellule de Suivi-évaluation

Comme signalé précédemment, la cellule de SE demeure un outil directement rattaché à la Direction générale de la Sodecoton et intervenant contractuellement pour le projet ESA.

Compte tenu des attentes du projet, le volume d'activité de la cellule devrait connaître un léger accroissement du nombre d'enquêteurs qui passerait de 19 à 25 au terme du projet.

Comme précédemment, le Projet participerait à hauteur de 50% des coûts de personnel et de fonctionnement de la cellule.

Effectif de la CSE	Ref. 2006	A1 2007	A2 2008	A3 2009
Responsable "cellule"	1	1	1	1
Responsables régionaux	2	2	2	2
Agent de saisie	1	2	2	2
Enquêteurs	19	22	25	25
Chauffeurs	3	3	3	3
Total	26	30	33	33

5.3. Cellule de Gestion

Cette cellule physiquement logée au Projet est rattachée à la Direction financière et comptable de la Sodecoton.

Elle se compose, sur la durée du Projet d'un responsable « gestionnaire » et de 2 comptables.

5.4. Assistance technique & appuis externes

Un poste d'assistant technique, expert en agroécologie, est prévu sur les 3 années du Projet.

Par ailleurs, des missions d'expertises externes ont été prévues ainsi que des visites et formations à l'étranger pour les cadres du Projet.

Le détail des coûts d'assistance technique figure en annexe 2.5.

Missions d'appui externe	A1	A2	A3	Total
Quantité (en homme/jour)	2007	2008	2009	Projet
Appui en agro écologie	20	20	20	60
Appuis thématiques (biologie, fertilité...)	10		10	20
Appui méthodologique au projet	8	8	8	24
Appui expérimentation oléagineux	15	8	8	31
Appui expérimentation amendements	15	8	8	31
Evaluation technique à mi-parcours		20		20
Appui aux tech. de communications	10	10		20
Appui méthodologique Cellule SE	10	10	10	30
Total	88	84	64	236

Formation à l'extérieur (nb jours)	A1	A2	A3	Total
	2007	2008	2009	Projet
Voyage d'étude au Brésil				
Bénéficiaire : Coordinateur	10			10
DPA Sodacoton	10			10
Chef Sca formation	10			10
Directeur OPCC	10			10
Voyage d'étude SCV Madagascar				
Chef Sca Recherche adaptative		10		10
Chef Sca Recherche diffusion		10		10
Superviseurs régionaux		10		10
Formation Gestion matériel végétal				
Bénéficiaire : Chef Sca "Végétalisation"	15			15
Techniques de communication				
Bénéficiaire : Chef Sca Formation / Comm.	15			15
Expert en communication		15		15
Total Formations externes	70	45		115

6. Les coûts du Projet

Comme lors du précédent projet, le matériel constituant habituellement l'essentiel des investissements (logements, véhicules, équipements de bureau, de logement, de matériel informatique et divers) ont été, ou seront acquis par la Sodécoton et mis à disposition du DPGT, sous forme de location.

La présentation des coûts du Projet s'articule donc autour de 3 principaux chapitres :

- ✚ Les investissements ruraux qui représentent l'essentiel des actions de recherche, d'aménagement, de diffusion et de formation envisagés au cours de ce projet.
- ✚ Les investissements proprement dits, qui se résument pour l'essentiel à l'acquisition de matériels spécifiques nécessaires à la Recherche adaptative et aux actions de formation et de communication.
- ✚ Les coûts de personnel et de fonctionnement.

6.1. Investissements ruraux

Cette rubrique comprend :

- ✚ **Les aménagements ruraux** qui représentent principalement la poursuite des actions d'aménagement de parcelles, de constructions de biefs, de diffusion de la fumure organique et d'intégration de l'arbre initiées lors des précédents projets.
- ✚ **La diffusion des techniques d'agroécologie.** Cette rubrique regroupe les actions de recherche essentiellement liées à l'adaptation des techniques SCV ainsi que les coûts d'acquisition et de multiplication du matériel végétal nécessaire à cette diffusion.
- ✚ **Les diversifications de cultures et innovations techniques.**
- ✚ **Les actions de formation et de communication.**

6.1.1. Aménagements ruraux

Le détail des actions envisagées, des coûts unitaires considérés et des coûts globaux figurent en annexe 2.1.

Le montant total des aménagements ruraux s'élève à 1,8 milliard de FCFA, soit 2,75 millions d'euros.

Le rythme annuel de réalisation de ces actions a été dans l'ensemble revu à la baisse par rapport à celui du précédent projet. En effet, l'accroissement du nombre de parcelles en SCV permet, à terme de minimiser les aménagements anti-érosifs.

La multiplication des espaces arborés et, notamment la mise en place des haies vives, représente un coût important pour le projet. Les plantations à partir de plants issus de pépinière doivent progressivement céder le pas à des semis. Dans le cas présent, nous avons considéré que seulement 25 % des haies vives seraient réalisées à partir de plants.

Cette approche étendue au bornage végétal et aux jachères arborées pourrait constituer une économie substantielle pour le projet.

Aménagements ruraux (en KCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Organisation du parcellaire	306 456	354 750	403 613	1 064 819
• Aménagements	28 500	28 500	28 500	85 500
• Perennisation				
Bornage ciment:	56 000	56 000	56 000	168 000
Bornage végétal :	72 756	96 250	120 313	289 319
• Biefs et diguettes				
Biefs en pierres calées	9 600	12 000	14 400	36 000
Biefs en pierres cimentées	89 600	112 000	134 400	336 000
• Formation d'agents villageois	50 000	50 000	50 000	150 000
Fumure organique	45 360	73 040	118 400	236 800
Petit outillage	10 000	20 000	30 000	60 000
Porte tout	15 000	22 500	37 500	75 000
Brouettes	8 000	12 000	20 000	40 000
Charrettes	12 360	18 540	30 900	61 800
Intégration de l'arbre	149 855	163 755	189 155	502 765
• Préservation de parc arboré (Faidherbia)				
Prime/arbre dernière année	7 500			7 500
Protection/ arbre	3 500	3 500	3 500	10 500
• Jachères arborées & agroforesterie	14 000	17 500	17 500	49 000
• Installation de haies vives	7 000	10 500	17 500	35 000
• Aménagement berges	700	10 700	20 700	32 100
• Installation écoles pilotes	800	1 200	1 600	3 600
• Plantations scolaires	1 750	1 750	1 750	5 250
• Arbres fruitiers	105 000	105 000	105 000	315 000
• Équipements pépinières	8 000	12 000	20 000	40 000
• Formation pépiniériste	480	480	480	1 440
• Recyclage pépinières	1 125	1 125	1 125	3 375
Totaux	501 671	591 545	711 168	1 804 384

Les producteurs et les groupements de producteurs participent à des niveaux significatifs à la prise en charge financière de ces actions. Sur la base des niveaux de contribution constatés lors des précédents projets, le financement des producteurs pourrait représenter plus de 40 % du coût de ces actions. Sur la base des actions prévues et des hypothèses de répartition de financement retenues, la participation des producteurs pourrait atteindre plus de 770 millions de FCFA, soit environ 1,2 million d'euros. Le financement du Projet représenterait alors un peu plus d'un milliard de FCFA soit environ 1,5 million d'euros.

Répartition des financements (en KFCFA)	Projet	Paysans Groupés	Projet	Paysans	Total A1-A3
organisation du parcellaire	71%	29%	754 205	310 614	1 064 819
• Aménagements	50%	50%	42 750	42 750	85 500
• Perennisation					
Bornage ciment:	80%	20%	134 400	33 600	168 000
Bornage végétal	80%	20%	231 455	57 864	289 319
• Biefs et diguettes					
Biefs en pierres calées	30%	70%	10 800	25 200	36 000
Biefs en pierres cimentées	55%	45%	184 800	151 200	336 000
• Formation agents villageois	100%		150 000		150 000
Fumure organique	31%	69%	74 200	162 600	236 800
Petit outillage	50%	50%	30 000	30 000	60 000
Porte tout	25%	75%	18 750	56 250	75 000
Brouettes	25%	75%	10 000	30 000	40 000
Charrette	25%	75%	15 450	46 350	61 800
Intégration de l'arbre	41%	59%	205 171	297 594	502 765
• Préservation de parc arboré (Faidherbia)					
Prime/arbre dernière année	100%		7 500		7 500
Protection/ arbre	70%	30%	7 350	3 150	10 500
• Jachères arborées & agroforesterie	80%	20%	39 200	9 800	49 000
• Installation de haies vives	70%	30%	24 500	10 500	35 000
• Aménagement berges	70%	30%	22 470	9 630	32 100
• Installation écoles pilotes	80%	20%	2 880	720	3 600
• plantations scolaires	75%	25%	3 938	1 313	5 250
• Arbres fruitiers (nb)	20%	80%	63 000	252 000	315 000
• Équipements pépinières	75%	25%	30 000	10 000	40 000
• Formation pépiniériste	90%	10%	1 296	144	1 440
• Recyclage pépinières	90%	10%	3 038	338	3 375
Total	57%	43%	1 033 576	770 808	1 804 384

6.1.2. Diffusion de l'agroécologie

Cette rubrique regroupe les coûts liés aux sites expérimentaux, l'installation et le fonctionnement des terroirs tests, l'acquisition et la multiplication des semences nécessaires à la diffusion des couvertures végétales ainsi que la formation de paysans relais et les différentes analyses de sols et autres prélèvements indispensables au suivi méthodologique.

Le montant total des investissements ruraux liés à la diffusion des techniques d'agroécologie a été évalué à 355 millions de FCFA, soit près de 542 000 euros. Ces montants ne prennent pas en compte l'assistance technique et les appuis externes nécessaires.

À l'exception du coût de multiplication de semences de plantes de couverture qui pourrait être supporté par les producteurs (env. 155 millions de FCFA), l'ensemble des coûts considérés sont à la charge du Projet.

Diffusion de l'Agroécologie actions spécifiques	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Coûts de fonction. Sites expérimentaux	10 350	10 350	10 350	31 050
Surface	23	23	23	
Coût de fonctionnement (450 kfcfa/ha)	10 350	10 350	10 350	31 050
Coût de fonction. des terroirs tests	700	1 900	3 200	5 800
Nombre de terroirs	2	4	5	
Surface totale (ha)	35	95	160	
Provision pour risque / revenu (20 kfcfa/ha)	700	1 900	3 200	5 800
Semences plantes de couverture (KFCFA)	25 740	68 250	201 500	295 490
Importations	15 730	0	0	15 730
Production agro-indust. locale	10 010	49 010	65 130	124 150
Production paysanne	0	19 240	136 370	155 610
Paysans vulgarisateurs	300	400	600	1 300
Nombre	15	20	30	
Indemnité (20 kfcfa*6mois)	300	400	600	1 300
Analyses de sols & "d'externalités"	7 200	5 200	9 200	21 600
Prélèvements & analyses de sols	150	100	200	
Prélèvements & analyses d'externalités	30	30	30	
Coût des analyses (40kfcfa/u)	7 200	5 200	9 200	21 600
Total diffusion agroécologie	44 290	86 100	224 850	355 240
À charge des producteurs		19 240	136 370	155 610
À charge du projet	44 290	66 860	88 480	199 630

- ✚ Sur la base des coûts actuels, le fonctionnement des sites expérimentaux a été évalué à 450 000 FCFA par ha.
- ✚ Les terroirs tests sont mis en place par les producteurs eux-mêmes et ne présentent pas de charges financières spécifiques. Néanmoins, afin de pallier les risques de rendement pouvant découler d'une erreur technique de diffusion une provision correspondant à 20 000 FCFA par ha de terroirs tests mis en place est prévue. Les 5,8 millions de provisions pour risque devraient *a priori* demeurer inutilisés.
- ✚ Les semences nécessaires à la diffusion des plantes de couverture représentent un peu plus de 295 millions de FCFA (env. 450 000 euros). La production paysanne pouvant être prise en charge par les producteurs eux-mêmes représente 155 millions de FCFA (\approx 237 000 euros).
- ✚ Au cours du projet, une soixantaine de paysans vulgarisateurs pourraient être formés à la diffusion des techniques d'agroécologie. Cette pratique a déjà démontré son efficacité dans le cadre du projet ESA et constitue par ailleurs un moyen

de promotion. Une indemnité de 20 000 FCFA par mois a été inscrite au Projet. Cette indemnité pourra, le cas échéant, être consentie sous forme d'une avance pour l'acquisition d'une bicyclette.

- ✚ Le montant prévu pour les analyses de sols s'élève à 21,6 millions de FCFA, soit \approx 237 000 euros.

6.1.3. Diversifications & innovations

Les dépenses spécifiques aux actions de diversification, hors appuis techniques externes, ont été évaluées à environ 10,5 millions de FCFA soit un peu plus de 16 000 euros. Les producteurs pourraient assumer les coûts liés à la multiplication et à la diffusion des semences de tournesol prévues pour la pré vulgarisation en année 3.

Diversification des cultures & innovations	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Introduction et diffusion Tournesol	39	1 053	1 500	2 590
Essais sur terroirs tests				
Nombre de terroirs	2	4	5	
Essais variétaux (0,25 ha/terroir)	0,50	1,00	1,25	
Essais fertilisation & Phyto (0,25 ha/terroir)	0,50	1,00	1,25	
Semences nécessaires (kg)	3,00	6,00	7,50	
Semences pour essais(kg)	6	12	12	
Pré vulgarisation				
Surfaces (ha)		50	500	
Semences (3 kg/ha)		150	1 500	
Coûts des semences importées(6500 fcfa/kg)	39	1 053		1 090
Coût des semences locales (1000 fcfa/kg)			1 500	1 500
Introduction autres cultures	667	667	667	2 000
Essais pourghère	333	333	333	1 000
Essais sur autres cultures	333	333	333	1 000
Autres innovations et R&D	2 000	2 000	2 000	6 000
Production d'amendements	1 000	1 000	1 000	3 000
Diverses expérimentations	1 000	1 000	1 000	3 000
Total diversification	2 706	3 720	4 167	10 590
À charge des producteurs			1 500	1 500
À charge du projet	2 706	3 720	2 667	9 090

- ✚ La mise en place d'essais de tournesol et la pré vulgarisation de cette culture dès la seconde année du Projet a été estimée, hors appui technique à 2,6 millions de FCFA (\approx 4 000 euros).
- ✚ Pour l'expérimentation et l'introduction d'autres cultures, comme le pourghère, un montant de 2 millions de FCFA a été prévu sur la durée du Projet (3 000 euros).

- ✚ Pour les autres actions de R & D, notamment la mise en place d'une expérimentation de fabrication d'amendements à partir de déchets végétaux, 6 millions de FCFA ont été inscrits au Projet ($\approx 9\ 100$ euros).

6.1.4. Actions de formation et de sensibilisation

Hors appuis externes le montant des dépenses spécifiques liées aux actions de formation et de sensibilisation est estimé à 112 millions de FCFA soit env. 171 000 euros.

Actions de formation et de sensibilisation	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Formation du personnel d'encadrement	6 240	6 450	6 600	19 290
Actions de sensibilisation (terrain)	5 700	6 700	5 700	18 100
Séminaire d'information sur résultats de R & D	3 000	3 000	3 000	9 000
Supports didactiques	19 600	21 850	24 100	65 550
Total en KFCFA	34 540	38 000	39 400	111 940

- ✚ Les coûts de formation du personnel d'encadrement représentent 19,3 millions de FCFA ($\approx 29\ 400$ euros). Le détail de ces coûts figure en annexe 2.3.
- ✚ Les actions de sensibilisation et les séminaires d'information s'élèvent respectivement à 18,1 et 9 millions de FCFA ($\approx 27\ 600$ & $13\ 700$ euros).
- ✚ Les coûts d'acquisition, de fabrication et de duplication de supports didactiques ont été évalués à 65,5 millions de FCFA soit près de 100 000 euros.

6.2. Autres investissements

Les investissements proprement dits se résument pour l'essentiel à l'acquisition de matériels spécifiques à la Recherche adaptative et aux actions de formation et de communication.

- ✚ Le montant du matériel prévu pour la recherche adaptative s'élève à 25,3 millions de FCFA soit environ 38 600 euros.

Le détail des investissements prévus et les coûts unitaires figurent en annexe 2.8.

Matériel pour la Recherche adaptative (KFCFA)	A1 2007
Motos stagiaires	3 000
Décamètres	960
Bascules	1 000

Pesons électroniques	1 350
Balances romaines	1 440
Réfectomètres	2 000
Cylindre de prélèvement de sol	2 000
Infiltromètres	780
Pluviomètre	120
Pénétrromètre	650
Pulvérisateur avec cache	3 780
Roue semeuse importée	4 000
Rouleau de culture attelée	650
Canne planteuse	1 600
Divers	2 000
Total	25 330

- ✚ L'acquisition de matériel spécifique aux actions de formation et de communication s'élève à environ 23 millions de FCFA (\approx 35 000 euros).

Le détail des investissements prévus et les coûts unitaires figurent en annexe 2.8.

Matériel de formation & de communication (kfcfa)	A1 2007
Table traçante	5 000
Ordinateurs portables	9 000
Camescope numérique	1 200
Générateur électrique	900
Appareil photo numérique	1 200
Enregistreurs	150
Téléviseur	230
Tableau Sopp	630
Tableau blanc formation	160
Logiciels spécifique (Xpress...)	600
Vidéoprojecteur	900
Divers équipements	3 000
Total	22 970

6.3. Coûts de fonctionnement

Les coûts de fonctionnement qui s'élèvent à 2,6 milliards de FCFA comprennent essentiellement les frais de personnel, l'assistance technique et les appuis externes, les coûts de location et de fonctionnement des véhicules et les autres frais de fonctionnement notamment les locations de logements et de bureaux ainsi que les diverses prestations faites au Projet.

6.3.1. Les frais de personnel

Les coûts salariaux unitaires retenus et le détail des charges salariales figurent en annexe 2.4.

Coordination et Services Coûts salariaux en kfcfa	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Coordination	11 550	11 730	11 920	35 200
Coordinateur	7 620	7 730	7 850	23 200
Secrétaire	2 140	2 180	2 220	6 540
Chauffeur	1 160	1 180	1 200	3 540
Planton	630	640	650	1 920
Sce Recherche adaptative	31 080	38 170	42 100	111 350
Chef de service	4 870	4 940	5 010	14 820
Expert en agroécologie (AT)	pm	pm	pm	pm
Superviseurs régionaux	8 520	8 640	8 760	25 920
Chefs de site	3 270	3 330	3 390	9 990
Responsables terroirs tests	6 520	13 240	16 800	36 560
Responsable "vertisols"	4 260	4 320	4 380	12 960
Stagiaires terroirs (6 mois)	2 480	2 520	2 560	7 560
Chauffeur	1 160	1 180	1 200	3 540
Sce Diffusion	190 640	208 290	225 940	624 870
Chef de service	4 870	4 940	5 010	14 820
Agro-aménagistes conseils	38 340	38 880	39 420	116 640
Agents d'agroécologie	127 200	129 200	131 200	387 600
Implication CDZ (10%)	18 000	33 000	48 000	99 000
Secrétaire	1 070	1 090	1 110	3 270
Chauffeur	1 160	1 180	1 200	3 540
Sce Formation / communication	23 990	24 170	24 350	72 510
Chef de service	4 870	4 940	5 010	14 820
Expert en communication	4 260	4 320	4 380	12 960
Implication ASO de l'OPCC (10%)	12 000	12 000	12 000	36 000
Secrétaire / reprographe	1 070	1 090	1 110	3 270
Chauffeur	1 160	1 180	1 200	3 540
Planton	630	640	650	1 920
Sce Production semencière & végétalisation	6 030	6 120	6 210	18 360
Chef de service	4 870	4 940	5 010	14 820
Chauffeurs	1 160	1 180	1 200	3 540
Total personnel Projet	233 290	243 480	250 520	727 290
Contribution personnel DPA	18 000	33 000	48 000	99 000
Contribution personnel OPCC	12 000	12 000	12 000	36 000
Total	263 290	288 480	310 520	862 290

Le montant des charges salariales sur la durée du projet est évalué à environ 862 millions de FCFA, soit 1,3 million d'euros.

Les chefs de zone de la DPA et les animateurs OPCC appelés à participer à la diffusion des SCV et de l'ensemble des techniques propres à l'agroécologie sont appelés à consacrer de plus en plus de temps à ces travaux de vulgarisation technique et de formation. Aussi, afin de compenser les efforts de réorganisation de formation de ces personnels et les éventuels recrutements, le Projet se propose de contribuer à hauteur de 10 % à la couverture des charges salariales des personnels concernés.

Les charges salariales propres aux agents du projet s'élèvent à 727 millions de FCFA (≈ 1,1 million d'euros). Les contributions aux charges salariales des CDZ et des ASO s'élèvent respectivement à 99 et 36 millions de FCFA (≈ 151 000 et 55 000 euros).

Quelques remarques concernant les frais de personnel :

- ✚ Des coûts unitaires normatifs ont été établis à partir de la réalité comptable des salaires en vigueur au projet ESA.
- ✚ Ces coûts salariaux incluent le salaire net, les indemnités diverses, les charges patronales ainsi que les indemnités « motos ».
- ✚ Les agents appelés à se déplacer en motos se voient attribuer une indemnité (65 FCFA/km) devant couvrir le remboursement de la moto ainsi que les frais de fonctionnement du véhicule. Le kilométrage attribué aux agents du projet est de 1700 km/mois. Pour les agents Sodecoton ou OPCC, ce kilométrage a été ramené à 1500 km.

6.3.2. Assistance technique & appuis externes

Assistance technique

Le coût global de l'assistant technique prévu sur la durée du projet a été estimé à 100 millions de FCFA par an soit environ 152 000 euros.

Appuis externes

Le détail des missions d'appui prévues au cours du Projet figure en annexe 2.5

Le tableau ci-après a été établi sur une base normative de 550 000 FCFA / jour incluant le coût de l'expert, les *per diem* et le transport aérien.

Missions d'appui externe	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Appui en agro écologie	11 000	11 000	11 000	33 000
Appuis thématiques (biologie, fertilité...)	5 500		5 500	11 000

Appui méthodologique au projet	4 400	4 400	4 400	13 200
Appui expérimentation oléagineux	8 250	4 400	4 400	17 050
Appui expérimentation amendements	8 250	4 400	4 400	17 050
Évaluation technique à mi-parcours		11 000		11 000
Appui aux tech. de communications	5 500	5 500		11 000
Appui méthodologique Cellule SE	5 500	5 500	5 500	16 500
Coût total (en kfcfa)	48 400	46 200	35 200	129 800

Formations externes

Le détail des formations à l'extérieur prévues pour les agents du Projet figure en annexe 2.5.

Les montants ont été établis sur une base normative de 230 000 FCFA / jour incluant les *per diem* et le transport aérien. Les coûts de formation sur la gestion du matériel végétal et celles relatives aux techniques de communication ont été majorées chacune d'un million FCFA représentant les frais de formation.

Le coût total des formations externes a été estimé à 29,5 millions de FCFA soit environ 45 000 euros.

Formation à l'extérieur (en KFCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Voyage d'étude SCV au Brésil				
Bénéficiaire : Coordinateur	2 300			2 300
DPA Sodécoton	2 300			2 300
Chef Sce formation	2 300			2 300
Directeur OPCC	2 300			2 300
Voyage d'étude SCV Madagascar				
Chef Sce Recherche adaptative		2 300		2 300
Chef Sce Recherche diffusion		2 300		2 300
Superviseur régionaux		2 300		2 300
Formation Gestion matériel végétal				
Bénéficiaire : Chef Sce "Végétalisation"	4 450			4 450
Techniques de communication				
Bénéficiaire : Chef Sce Formation / Comm.	4 450			4 450
Expert en communication		4 450		4 450
Total Formations externes	16 100	10 350		29 450

6.3.3. Frais de location et de fonctionnement des véhicules

Frais de location des véhicules

Les véhicules seront, comme lors des précédents projets, loués à la Sodécoton sur la base de 3,6 millions de FCFA par an représentant essentiellement le montant de l'amortissement et des frais de mise à disposition.

Coût de location des véhicules	Nb	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Coordination	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Coordinateur	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Scé Recherche adaptative	5	18 000	18 000	18 000	54 000
Chef de service	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Expert en agroécologie (AT)	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Superviseurs régionaux	2	7 200	7 200	7 200	21 600
Responsable "vertisols"	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Scé Diffusion	10	36 000	36 000	36 000	108 000
Chef de service	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Agro-aménagistes conseils	9	32 400	32 400	32 400	97 200
Scé Formation / communication	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Chef de service	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Scé Production semencière & végétalisation	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Chef de service	1	3 600	3 600	3 600	10 800
Coût de location annuelle (KFCFA)	18	64 800	64 800	64 800	194 400

Le coût annuel de location des véhicules s'élève à 194,4 millions de FCFA soit environ 296 000 euros.

Frais de fonctionnement des véhicules

Les coûts de fonctionnement des véhicules sont établis sur des bases normatives prenant en compte le coût moyen de fonctionnement kilométrique du parc de véhicule Sodécoton.

Coût de fonctionnement véhicules 4x4		
Kilométrage annuel (3000km/mois/11)		33 000 km
Carburant	550 fcfa/l	
	10 l/100km	52,25 FCFA/km
Entretien	2 000 kfcfa/an	61 FCFA/km
Assurance	400 kfcfa/an	12 FCFA/km
Coût de foncion. /km		125 FCFA/km
Coût de foncion. /an		4 130 KFCFA

Ces bases de calcul sont susceptibles de modification en cours de projet, en cas de variations importantes de certains paramètres, notamment du prix du carburant.

Coûts de location des véhicules (KFCFA)		A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Coordination	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Coordinateur	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Scé Recherche adaptative	5	20 650	20 650	20 650	61 950
Chef de service	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Expert en agroécologie (AT)	1	4 130	4 130	4 130	12 390

Superviseurs régionaux	2	8 260	8 260	8 260	24 780
Responsable "vertisols"	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Sce Diffusion	10	41 300	41 300	41 300	123 900
Chef de service	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Agro-aménagistes conseils	9	37 170	37 170	37 170	111 510
Sce Formation / communication	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Chef de service	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Sce Production semencière & végétalisation	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Chef de service	1	4 130	4 130	4 130	12 390
Coûts de fonctionnement VL	18	74 340	74 340	74 340	223 020

Le coût total de fonctionnement des véhicules est estimé à 223 millions de FCFA soit environ 340 000 euros.

Coût total de location et de fonctionnement des véhicules

Location & fonctionnement des véhicules (KFCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Coût de location (KFCFA)	64 800	64 800	64 800	194 400
Coûts de fonctionnement VL	74 340	74 340	74 340	223 020
Total location & fonctionnement	139 140	139 140	139 140	417 420

Le montant total de location et de fonctionnement du parc de véhicules à disposition du Projet est estimé à 139,1 millions par an, soit 417,4 millions de FCFA pour la durée du Projet (\approx 636 000 euros).

6.3.4. Autres frais de fonctionnement

Les autres frais de fonctionnement comprennent les frais généraux de fonctionnement du projet (eau, électricité, téléphone ...), une indemnisation de contributions de la DPA et de l'OPCC, la convention avec l'IRAD, les prestations de la CSE et de la cellule de gestion, les locations de logement, le comité de pilotage et les diverses prestations.

Frais généraux

Le montant des frais généraux est évalué à environ 186 millions de FCFA pour la durée du Projet soit 283 800 euros.

Frais généraux (en KFCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Papeterie et fournitures	12 000	15 049	18 098	45 147
Téléphone	8 000	8 000	8 000	24 000
Électricité	5 000	5 000	5 000	15 000
Eau	7 000	7 000	7 000	21 000
Frais médicaux	18 000	18 000	18 000	54 000
Transports congés	9 000	9 000	9 000	27 000
Frais généraux	59 000	62 049	65 098	186 147

Location logements & bureaux

Les coûts unitaires et les montants de location de logements et de bureaux figurent en annexe 2.6.

Location cases & bureaux en KFCFA	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Logements Projet	34 800	34 800	34 800	104 400
Bureaux Projet	12 384	12 384	12 384	37 152
Location logements & bureaux	47 184	47 184	47 184	141 152

Le montant total des locations s'élève à 141 millions de FCFA soit environ 215 800 euros.

Implication des Chefs de zone DPA – Sodecoton & des Animateurs de secteur OPCC

Comme cela a été précédemment mentionné, les chefs de zone de la DPA et les animateurs OPCC sont appelés à participer activement aux actions du Projet et principalement à la diffusion des SCV et de l'ensemble des techniques propres à l'agroécologie. Ils devront consacrer de plus en plus de temps à ces travaux de vulgarisation technique et de formation. Aussi, afin de compenser les efforts de réorganisation de formation de ces personnels et les éventuels recrutements, le Projet se propose de contribuer à hauteur de 10 % à la couverture des charges salariales des personnels concernés.

Coûts salariaux en kfcfa	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total Projet
Scé Diffusion				
Implication CDZ (10%)	18 000	33 000	48 000	99 000
Scé Formation / communication				
Implication ASO de l'OPCC (10%)	12 000	12 000	12 000	36 000

La contribution du Projet aux charges salariales des chefs de zone de la DPA et des animateurs de secteur de l'OPCC pourrait être respectivement de 99 millions et de 36 millions de FCFA (\approx 151 000 et 55 000 euros).

Convention IRAD

La convention de prestation avec l'IRAD représente un montant forfaitaire de 50 millions de FCFA par an, soit un total de 150 millions sur la durée du Projet (\approx 228 700 euros).

Prestation comptable

Le coût de cette prestation est lié aux charges salariales du gestionnaire et des deux comptables Chargés du suivi comptable et analytique du Projet.

Le montant total de cette prestation s'élève à 61 millions de FCFA soit environ 93 000 euros.

Cellule de gestion	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total A1-A3
Gestionnaire	5 910	6 000	6 090	18 000
Comptables	14 100	14 320	14 540	42 960
Total (KFCFA)	20 010	20 320	20 630	60 960

Participation aux coûts de fonctionnement de la cellule de Suivi évaluation

Les montants retenus correspondent à 50% des charges salariales, des coûts de location et de fonctionnement des véhicules et des frais de location des bureaux et logements.

Le montant total de la prestation s'élève à 180 millions de FCFA soit environ 274 400 euros.

Contribution aux coûts de la CSE	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Personnel	40 995	45 930	46 575	133 500
véhicules	11 595	11 595	11 595	34 785
Location logement et bureaux	3 900	3 900	3 900	11 700
Total contribution	56 490	61425	62070	179 985

Comité de pilotage

Un montant forfaitaire de 3 millions de FCFA par an a été budgété pour la tenue des Comités de pilotage (9 millions au total soit 13 720 euros).

Autres prestations Sodecoton

Les montants des prestations et appuis des différents services de la Sodecoton ont été évalués sur la base de ceux en vigueur au cours du Projet ESA. Le montant total de ces prestations représente 49,9 millions de FCFA soit environ 76 100 euros.

Prestations Sodecoton en KFCFA	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Appui service Achat	3 600	3 600	3 600	10 800
Contrôle de gestion	2 400	2 400	2 400	7 200
Sces communs	2 400	2 400	2 400	7 200
Administration	2 000	2 000	2 000	6 000
Appui à la gestion	1 440	1 440	1 440	4 320
Sce informatique	4 800	4 800	4 800	14 400
Prestation de personnel & services	16 640	16 640	16 640	49 920

Rémunération d'opérateur

Le montant de la rémunération d'opérateur a été calculé sur la base de 2% des coûts du projet hors financement assuré par les producteurs. Pour les

trois années du Projet, cette rémunération s'élève à environ 79 millions de FCFA ($\approx 121\,000$ euros).

6.4. Coûts totaux & financements du projet

Une situation récapitulative des coûts du Projet figure en annexe 2.9.

6.4.1. Coûts totaux

Situation récapitulative des coûts du Projet (KFCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Investissements ruraux	600 703	740 946	1 008 972	2 350 620
Aménagements ruraux	501 671	591 545	711 168	1 804 380
Diffusion agroécologie	44 290	86 100	224 850	355 240
Diversification / innovation	2 706	3 720	4 167	10 590
Actions formation & sensibilisation	34 540	38 000	39 400	111 940
Divers imprévus 3%	17 496	21 581	29 388	68 460
Autres investissements	49 749			49 750
Divers matériels Recherche / Formation	48 300			48 300
Divers imprévus 3%	1 449			1 450
Fonctionnement	859 905	886 259	892 432	2 638 600
Personnel	233 290	243 480	250 520	727 290
Assistance technique et appuis ext.	166 500	157 550	135 200	459 250
Véhicules : location & fonctionnement	139 140	139 140	139 140	417 420
Autres frais de fonctionnement	307 573	331 957	352 814	992 340
Divers imprévus 3% (*)	13 401	14 133	14 759	42 290
Total KFCFA (constants déc. 2005)	1 510 357	1 627 205	1 901 404	5 038 970
Total KCFA (courant, i=2,5%)	1 548 116	1 709 582	2 047 604	5 305 300
Total Euros (constants déc. 2005)	2 302 524	2 480 658	2 898 672	7 681 860
Total Euros (courant, i=2,5%)	2 360 087	2 606 241	3 121 552	8 087 880

Les coûts totaux du projet sont estimés, en FCFA constants (Décembre 2005) à environ 5 milliards de FCFA, soit 7,7 millions d'euros.

En monnaie courante, sur la base d'une inflation de 2,5 % par an, le projet s'élève 5,3 milliards de FCFA, soit 8,1 millions d'euros.

Ces montants ne prennent en compte qu'une partie des participations paysannes. En effet, les temps de travaux consacrés par les producteurs à la réalisation des investissements ruraux n'ont pas été pris en compte.

6.4.2. Financement par les producteurs

La participation paysanne aux coûts du Projet a été évaluée à 928 millions de FCFA constants (décembre 2005) soit 1,4 million d'euros.

Coûts du Projet à charge des producteurs (KFCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Investissements ruraux	209 243	269 805	448 870	927 920
Total KFCFA (constants déc. 2005)	209 243	269 805	448 870	927 920
Total KCFA (courant, i=2,5%)	214 474	283 464	483 384	981 320
Total Euros (constants déc. 2005)	318 989	411 315	684 297	1 414 600
Total Euros (courant, i=2,5%)	326 964	432 138	736 914	1 496 010

En monnaie courante, cette contribution aux coûts du projet représente 981 millions de FCFA soit pratiquement 1,5 millions d'euros.

6.4.3. Besoin de financement

Besoin de financement (KFCFA)	A1 2007	A2 2008	A3 2009	Total
Investissements ruraux	391 460	471 141	560 102	1 422 700
Aménagements ruraux	292 428	340 980	400 168	1 033 580
Diffusion agroécologie	44 290	66 860	88 480	199 630
Diversification / innovation	2 706	3 720	2 667	9 090
Actions formation & sensibilisation	34 540	38 000	39 400	111 940
Divers imprévus 3%	17 496	21 581	29 388	68 460
Autres investissements	49 749			49 750
Divers matériels Recherche / Formation	48 300			48 300
Divers imprévus 3%	1 449			1 450
Fonctionnement	859 905	886 259	892 432	2 638 600
Personnel	233 290	243 480	250 520	727 290
Assistance technique et appuis ext.	166 500	157 550	135 200	459 250
Véhicules : location & fonctionnement	139 140	139 140	139 140	417 420
Autres frais de fonctionnement	307 573	331 957	352 814	992 340
Divers imprévus 3% (*)	13 401	14 133	14 759	42 290
Total KFCFA (constants déc. 2005)	1 301 114	1 357 400	1 452 534	4 111 050
Total KFCFA (courant, i=2,5%)	1 333 642	1 426 119	1 564 220	4 323 980
Total Euros (constants déc. 2005)	1 983 535	2 069 343	2 214 374	6 267 260
Total Euros (courant, i=2,5%)	2 033 123	2 174 104	2 384 639	6 591 870

Le besoin de financement du projet s'élève à 4,11 milliards de FCFA en monnaie constante (décembre 2005), soit 6,27 millions d'euros. Les coûts d'assistance technique, d'appui et de formation externe représentent environ 460 millions de FCFA (\approx 700 000 euros)

En monnaie courante, le besoin de financement représente 4,32 milliards de FCFA soit 6,59 millions d'euros.

7. Conclusions et effets attendus

L'accroissement de la pression foncière, l'évolution des conditions climatiques, les pratiques agricoles traditionnelles et les systèmes fonciers sont autant d'éléments qui concourent à la dégradation de l'environnement. Les sols sont certainement l'élément ayant payé le plus fort tribut à cette conjonction de facteurs. Leur dégradation est aujourd'hui avérée et pratiquement généralisée sur l'ensemble de la zone cotonnière. Les itinéraires techniques préconisés depuis environ un demi-siècle de culture cotonnière ont permis, notamment grâce à la fumure minérale, de limiter l'appauvrissement en éléments nutritifs. Néanmoins, au fil du temps, les façons aratoires répétées et l'absence d'apports organiques ont eu des conséquences négatives qui se sont traduites par une destructuration des sols et une acidification liée à l'usage exclusif d'engrais minéraux. Les

phénomènes d'érosion ont été une autre conséquence, et non des moindres, de la fragilisation des sols accentuée par la déforestation et les ouvertures d'espaces agricoles.

Les travaux menés par les projets DPGT et ESA ont permis de mettre au point des solutions techniques et de nouvelles pratiques agricoles qui permettent, non seulement, de restaurer la fertilité des sols mais aussi de lutter contre les effets de l'érosion, de mieux gérer les terroirs et de permettre l'intégration des activités agricoles au sein des écosystèmes d'Afrique subsaharienne, qui sont certainement parmi les plus fragiles de la planète.

Les cultures sous couvertures végétales sont au cœur du système et s'intègrent dans l'ensemble des actions qui constituent ce que l'on appelle aujourd'hui l'agroécologie. Cette nouvelle discipline requiert des niveaux de technicité, de connaissances et de compréhension des mécanismes naturels beaucoup plus élevés que pour la mise en pratique des techniques agricoles « classiques ». Les enjeux du nouveau projet « ESA - promotion de l'agroécologie » sont à ce titre doublement culturels. En effet, les solutions techniques sont aujourd'hui disponibles. Leur mise en pratique nécessite d'améliorer le niveau de connaissances et de maîtrise technique des producteurs. Elle remet également en cause des usages, notamment ceux liés à la gestion du foncier et aux relations entre agriculteurs et éleveurs.

Les actions envisagées dans le cadre de la présente étude devraient permettre de dépasser les stades actuels, de diffuser plus largement l'ensemble des techniques propres à l'agroécologie afin d'atteindre, à l'horizon des trois années du projet, un niveau significatif en matière de pré vulgarisation des SCV. Toutefois, afin de surmonter les obstacles culturels et de permettre l'élévation du niveau technologique des producteurs, parallèlement au présent projet, il serait nécessaire de mettre en œuvre, le plus rapidement possible, un programme ambitieux d'actions de formation et d'accompagnement des producteurs en matière de gestion des exploitations.

L'agroécologie constitue certainement le meilleur moyen de restaurer la fertilité des sols et de développer une agriculture moderne et intensive tout en préservant le potentiel productif et les ressources essentielles que sont le sol, l'eau et la biodiversité végétale et animale.

Par ailleurs l'introduction de cultures oléagineuses, au sein des exploitations cotonnières du Nord Cameroun, sans prétendre répondre au contexte économique particulièrement difficile des filières cotonnières africaines, pourrait avoir un impact significatif. Cette diversification et cet élargissement de l'assolement permettraient d'inscrire les exploitations cotonnières dans une nouvelle dynamique de biocarburants répondant au renchérissement quasi inéluctable du prix du pétrole et des énergies.

Cette diversification pourrait aussi, et plus simplement, constituer une source de revenus complémentaires non négligeables pour les agriculteurs du Nord Cameroun.

ANNEXE 2

Outils de caractérisation du fonctionnement agronomique des systèmes de culture

Quelques propositions

L. Séguy, décembre 2004

OUTILS DE CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES DE CULTURE

Quelques propositions

L. Séguy, Décembre 2004

I) INTRODUCTION

Un des rôles fondamentaux de la recherche finalisée, est, au même titre que la création de l'innovation de technologique pour, avec et chez les acteurs, de perfectionner ses outils, ses méthodes de travail pour gagner en rigueur scientifique, efficacité d'intervention aussi bien au Nord qu'au Sud.

Dans le cadre de l'UR 1 qui a pour mandat d'œuvrer au Sud, dans des milieux physiques et des conditions socio-économiques souvent dégradées, il s'agit, en priorité, d'imaginer – adapter des outils et des méthodes fiables rigoureux dans ces conditions difficiles, soit de s'engager dans une véritable démarche « d'excellence » qui doit d'abord répondre à la question = comment faire de la science vraiment utile et de qualité pour les agricultures du Sud, avec et chez elles, lorsque l'on ne dispose que de moyens dérisoires, en tout cas, très loin des moyens matériels, humains et financiers du Nord.

A l'évidence, pour ceux qui ont contribué à transformer les agricultures du Sud à des niveaux d'échelle convaincants, la source de cette science, son opérationnalité, donc ses outils, doivent être d'abord puisés dans des méthodes d'intervention directement engagées dans la transformation *in situ* des agro systèmes et écosystèmes cultivés avec la participation active des agriculteurs. La démarche d'intervention fait plus appel à celle du naturaliste, qui, en adéquation avec les problématiques et aspirations des sociétés rurales du Sud, construit et étaye ses cheminements scientifiques dans les réponses de la propre nature elle-même, soumise à des modes de gestion systématisés, modélisés, plus qu'à un simple transfert Nord – Sud de moyens matériels, financiers, de formation, le plus souvent hors de portée des pays du Sud et inadaptés (*efficacité chronique, dérisoire, dans la résolution des problématiques majeures au Sud*).

Il faut donc, comme nous l'avons toujours fait pour bâtir l'agriculture de conservation en milieu tropical (GEC), continuer à perfectionner nos méthodes, outils, indicateurs pour les rendre accessibles aux plus démunis ; c'est l'objet essentiel des propositions pragmatiques qui suivent.

II) OBJECTIFS

- Développer, valider au niveau du réseau tropical « Systèmes SCV x Traditionnels » des outils performants et des indicateurs pertinents, puissants et accessibles à tous les acteurs, et en particulier aux agriculteurs les plus démunis (*analphabètes*), de caractérisation scientifique du fonctionnement agronomique comparé des systèmes de culture.
- Les outils et indicateurs privilégiés seront ceux qui s'adressent en priorité à la compréhension-caractérisation *in situ* du fonctionnement différencié des systèmes « SCV x Traditionnels »
- Ces outils devront satisfaire aux exigences des conditions économiques de nos partenaires du Sud, soit être à la fois :
 - Très bon marché,
 - Faciles à utiliser,
 - Très discriminants et en particulier à partir de la seule lecture visuelle si possible.

III) EXTERNALITES ET BILAN HYDRIQUE

3.1 Représentativité des mesures

Les sols sont des milieux anisotropes ; mêmes ceux qui paraissent les plus homogènes comme les vieux sols ferrallitiques sont par nature anisotropes ; leur anisotropie s'accroît très fortement sous l'influence des modes de gestion inadaptés à la conservation de toutes leurs potentialités originelles (*travail du sol intensif, systèmes des monocultures, ...*).

L'hétérogénéité du profil cultural s'accroît encore davantage lorsque ces modes de gestion destructeurs s'exercent sur des unités de sols, en pente : doigts basaltiques, colluvions sur grès, karst, zones montagneuses.

Même les sols couverts de pâturages (*hors espèces vivaces à stolons, rhizomes*) révèlent lorsqu'ils sont constitués d'espèces annuelles, un microrelief souvent important de surface, de touffes perchées sur monticules de sols structurés séparés par des chemins d'eau de ruissellement, plus ou moins profonds suivant la pluviométrie, la pente, le type de sol où le profil présente un état de dégradation net.

La première question fondamentale qui se pose pour une caractérisation rigoureuse des propriétés du profil cultural en milieu tropical où les sols sont plus fragiles, plus affectés par des conditions climatiques plus agressives, est bien de déterminer la surface et la profondeur minimums représentatives du comportement général du profil cultural (*diagnostic-prédiction du comportement*) :

- **Etats de surface** (*rugosité, indice de couverture, dynamique d'évolution*)
- **Propriétés hydrodynamiques** (*importance des externalités, capacité et vitesse d'infiltration de l'eau et des fluides, en général*),
- **Résistance à la pénétration racinaire** (*état structural, porosité: quantité et qualité, humidité*),
- **Dynamique racinaire des espèces cultivées** comme résultante des propriétés physico-chimiques et biologiques

Par exemple: sur sols de pente fortement dégradés, présentant une rugosité et hétérogénéité marquées des états de surface, quelle signification peut avoir la mesure du ruissellement sur 1 m², 5 m², 10 m² ? Même si les conditions de mesures et les mesures elles mêmes sont contrôlées et rigoureuses, leur représentativité par rapport au comportement réel du sol, est dérisoire, car elle ne prend pas suffisamment en compte, à la fois, ni la variabilité du sol, ni la réalité des flux de surface, donc leurs effets réels sur le profil cultural.

Or, les mesures qui doivent permettre de caractériser la nature et l'importance des externalités, constituent des indicateurs précieux du comportement différencié du profil cultural en fonction de son mode de gestion : par exemple, sur SCV continu avec couvert permanent, qui conduit à une macroporosité élevée, le stockage de l'eau de pluie est pratiquement total et l'évaporation réduite au minimum. Dans ces conditions, une pluviométrie faible de 600 à 700 mm (*zone soudanienne*), permet des productivités élevées, stables, à l'abri des accidents climatiques, même pour des cultures exigeantes en eau telles que le riz pluvial et le maïs ; à contrario, une pluviométrie élevée de 1.200 à 1.400 mm, sur sol nu travaillé, compacté, à microporosité dominante, le ruissellement peut atteindre 50 à 70%, réduisant fortement la réserve utile d'eau et exposant les cultures à un risque climatique très élevé qui peut conduire à un choix de cultures résistantes à la sécheresse.

Il est donc très important de prendre en compte une surface minimum qui soit représentative de la dynamique « Flux hydriques – Sols – Cultures » sur les unités de sol et de paysage sur lesquelles nous intervenons.

3.2 Mesure simple des externalités

Si, dans le cas de sols où la pente est très faible, 10 m² suffisent pour évaluer les externalités, il en va tout autrement dans le cas de sols sur pentes supérieures à 3-4%, où les sols ont déjà subi une dégradation visible importante: une surface de 50 m² est alors recommandée.

Cette surface importante, sur laquelle s'exerce les flux hydriques, nécessite alors d'une capacité importante de réception des externalités ; je propose, pour éviter des travaux de terrassement et réceptacles importants de prévoir (Fig. 1) :

- une surface importante à l'aval de la parcelle système, réservée à la réception à plat des externalités ;
- une bâche imperméable (*de camion*), déformable et modulable, facile à manipuler (*récupération des eaux, dépôts solides*), pour récupérer les externalités.

L'eau de ruissellement peut être très rapidement récupérée par ce dispositif, sa quantité mesurée, un échantillon¹ prélevé pour analyse des nutriments majeurs (*NO₃, NH₄, P, K, Ca, Mg, SO₄*) et des oligo-éléments (*Zn, Mn, B, Cu,...*) par réflectométrie (*réflectomètre calibré au préalable – mesures rapides et bon marché*).

Les dépôts solides peuvent être stockés dans des fûts adjacents au cours de la saison des pluies ; en saison sèche, le total sera séché et pesé. Quelques échantillons moyens seront analysés par réflectométrie sur les mêmes éléments nutritifs majeurs et les oligo-éléments.

L'analyse globale des pertes de nutriments dans les compartiments « sol-eau » permettra de calculer l'importance des restitutions de compensation nécessaires (*correspondants en engrais*) : quantité et coût.

3.3 Lysimétrie « bon marché » installable partout

La conception et la réalisation de ces lysimètres date de 1974 dans l'Ouest Cameroun² pour caractériser l'importance du drainage interne des sols ferrallitiques en zone tropicale humide et évaluer l'influence de certaines pratiques culturales (*écobuage, phosphatage, techniques de travail du sol*) sur la lixiviation des éléments minéraux et colloïdaux.

La figure 2 décrit comment installer ces lysimètres « bon marché », en partant de fûts d'huile de 200 l., présents partout au Sud.

Il est recommandé (*expérience du Cameroun*) de mettre en place 2 lysimètres par système de culture retenu (*un de chaque côté de la parcelle système*). Il est évident que seuls les systèmes de culture les plus différenciés au plan de leur fonctionnement (*L. Ségué et al. 1996, 2001, 2003, 2004*) seront sélectionnés pour cette évaluation.

Au cours de l'enfoncement du fût dans le sol en place, prélever des échantillons sur la terre retirée sur le pourtour du fût, sur toute sa hauteur, pour mesurer la réserve d'eau utile du fût.

Les fûts en place devront présenter les mêmes états de surface (*même culture, couverture ou sol nu*) que la parcelle système correspondante, adjacente.

¹ Il est souhaitable de conserver de petits échantillons en boîtes plastiques hermétiques bien identifiées pour faire analyser les résidus de pesticides (*grands groupes chimiques*)

² Rapport de synthèse IRAT – Dschang – Ouest Cameroun - 1974– Dispositif conçu et mis en place par L. Ségué.

On disposera donc, à peu de frais, en couplant ces mesures de drainage interne du profil cultural avec celles des externalités des parcelles adjacentes, de tous les termes du bilan hydrique dont l'ETR des cultures dans divers systèmes comparés.

Sur les eaux de drainage, on analysera, comme dans les eaux de ruissellement:

- NO₃, NH₄, SO₄, P, K, Ca, Mg, Na, oligo-éléments (*réflectométrie*),
- Les xénobiotiques (*familles chimiques principales*).

(*) *Ces analyses de drainage sont plus rigoureuses et plus complètes que celles obtenues avec les bougies poreuses qui présentent 2 défauts majeurs :*

- *En sols ferrallitiques, dépôt de fer colloïdal en surface, qui peut jouer le rôle de membrane sélective d'ions ;*
- *Ne renseigne pas sur l'importance du drainage interne et nécessite une bonne syntonie entre la mise sous dépression et les pluies importantes.*

IV) PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES *In situ* ET COMPORTEMENT HYDRODYNAMIQUE DU PROFIL CULTURAL

(*) **Rappel:** *le sol est un milieu anisotrope, et ce d'autant plus qu'il a été dégradé par le travail intensif du sol, sous les tropiques.*

Les paramètres: densité apparente, infiltrométrie (*méthode du double anneau*), pénétrométrie (*couplée avec H°*), densité racinaire, couplés à la lecture fine du profil cultural (*sur fosse*) constituent des indicateurs précieux pour caractériser le comportement du profil cultural en fonction des modes de gestion des sols et des cultures.

Lorsque la mesure relative à chaque paramètre s'effectue sur des échantillons différents, on accroît artificiellement l'hétérogénéité des mesures qui ne reflètent pas rigoureusement le fonctionnement global du profil cultural.

De plus, l'évaluation de la densité racinaire par examen et comptage du nombre d'interceptions racinaires sur une grille quadrillée constitue également un outil très approximatif d'appréciation du profil racinaire ; la répétition de 5 ou 6 tranchées d'observation (*fortement et définitivement perturbatrices des parcelles d'étude*) à courte distance montrent toujours des réponses très différentes du profil racinaire ; une meilleure approche de la réalité de répartition du système racinaire dans la matrice organo-minérale (*en surface*) et minérale (*en profondeur*) consiste à ramener l'observation racinaire sur un volume de sol, à l'image de sa propre structure dans le profil, plutôt que sur un plan dont la position par rapport au rhizocylindre n'est pas souvent prise en compte. Pour effectuer cette transformation plus rigoureuse, il faut laver le profil doucement à l'eau sur la moitié d'un interligne (*1/2 rhizocylindre*) qui reflète alors plus réellement la densité racinaire par volume de sol ; Des photos de ce nouveau plan (*effectuées à la floraison*), couplées avec le prélèvement d'un parallélépipède correspondant à 1/2 interligne de part et d'autre de la ligne de semis sur 40 cm de longueur et 40 cm de profondeur constituent des outils de comparaison plus fiables de l'enracinement en fonction des systèmes de culture.

Pour contourner les difficultés précédentes, qui pénalisent la caractérisation rigoureuse du fonctionnement de divers compartiments du profil cultural (*dynamique Sol-Racines*), j'ai imaginé, il y a plus de 15 ans déjà, deux outils plus performants pour la mesure de ces paramètres :

- A) **Des cylindres compartimentés, démontables** qui permettent, à la fois (*Fig. 3*):
- De prélever des échantillons de sol non remaniés (300 cc) ;
 - D'effectuer la mesure de plusieurs paramètres explicatifs du fonctionnement du profil cultural, sur un même échantillon non remanié:

- Densité apparente,
- Densité racinaire,
- Coefficient K de la loi de Darcy,
- MWD (*caractérisation de l'état d'agrégation*).

On pourrait rajouter à cette liste de paramètres effectués sur le même échantillon, d'autres indicateurs précieux :

- La faune du sol,
- Les propriétés chimiques analysées par réflectométrie: NO₃, NH₄, SO₄, P, K, Ca, Mg, Na, oligo-éléments,
- La biomasse microbienne

(*) *Réflectomètre MERCK, préalablement calibré, étalonné en laboratoire par rapport aux analyses conventionnelles :*

- *Même rapport sol/volume eau*
- *Agitation (centrifugeuse manuelle)*
- *Analyses chimiques sur liquide surnageant, au réflectomètre.*

Les prélèvements d'échantillons de sols non remaniés avec les cylindres sont réalisés à la floraison des cultures, systématiquement, horizon par horizon, de 10 en 10 cm jusqu'à 40 cm (*limite inférieure de travail des outils mécanisés*).

B) L'injection, à différentes profondeurs, de micro doses d'herbicides à forte absorption racinaire, fixés par les colloïdes du sol

Cette méthode, appliquée à la caractérisation de la dynamique racinaire du riz pluvial, qui a fait l'objet d'une publication (*Cf. annexe*), a été mise au point pour les sols ferrallitiques profonds sur roches acides ou basiques, soit sur le réservoir de sols le plus important de la planète, et qui constitue la composante dominante de notre réseau SCV.

Cette méthode présente divers avantages comparatifs, sous réserve de bien l'utiliser, soit, entre autre, de bien vidanger et rincer l'aiguille d'injection à l'eau distillée avant de la retirer du sol pour ne pas polluer le sol au-dessus du plan d'injection:

- **Non destructive pour le profil cultural** ; c'est un argument important pour ne pas perturber-transformer très rapidement les parcelles systèmes, qui ont souvent des surfaces limitées ;
- **Facile à utiliser**, elle permet de faire de nombreuses répétitions (*une couleur différente pulvérisé avec un aérosol pour chaque profondeur d'injection*) et d'évaluer ainsi très vite l'homogénéité physique du profil cultural traduite par la cinétique de descente du front racinaire ; elle constitue aussi un outil précieux de sélection pour le critère vitesse d'enracinement en profondeur de lignées F3, F4, F5, de cultivars de riz pluvial ;
- **Permet également de mesurer, en temps réel**, grâce à la vitesse d'avancée du front racinaire, **la réserve utile d'eau et de nutriments** ; c'est donc un outil important d'évaluation de l'influence différenciée des modes de gestion des sols et des cultures sur la dynamique racinaire (*outil de modélisation du fonctionnement agronomique différencié des systèmes de culture*).

Les limites d'utilisation de ce test sont liées, soit à des structures de sol qui rendent plus difficile la pénétration des aiguilles : sols très caillouteux, horizons à concrétions, etc....., soit à des textures très sableuses, friables, à très faible teneur en colloïdes, dans lesquelles les herbicides sont peu ou pas fixés et à des profondeurs imprécises, liées à la forte dispersion du produit.

V) OUTILS ET INDICATEURS DE DIAGNOSTIC VISUEL SUR LE FONCTIONNEMENT AGRONOMIQUE DES SYSTEMES.

(*) *Seuls quelques exemples succincts sont exposés ici, il ne sera pas fait état des antagonismes entre plantes, sujet trop vaste pour être développé dans ce cadre indicatif.*

5.1 Les Adventices

Enrichir la liste des espèces d'adventices indicatrices :

- Genre *Sida* et malvacées, *Waltheria* => **Compaction du profil**
- Genre *Chrysopogon* => **Compaction du profil**
- Cypéracées et Genre *Aeschynomene* => **Hydromorphie de surface**
- *Ipomea fistulosa* => **Hydromorphie et Richesse en éléments fins (colloïdes), Ca, Mg**
- etc...

5.2 Les Plantes Cultivées indicatrices

- Déficience en calcium: *Arachis pintoi* ;
- Forte acidité ($H + Al$ Saturation > 60%): genres *Brachiaria*, *Cassia rotundifolia* ;
- Sensibilité croissante des cultures à l'acidité : Riz pluvial, Soja, Maïs, Coton.

5.3 Détermination rigoureuse des besoins en N

(*) *Cette méthode a été imaginée en 1994 par L. Séguy et S. Bouzinac dans les Cerrados du Centre-Ouest brésilien, mais n'a pas été publiée.*

Sur céréales pour lesquelles l'azote est le moteur du rendement, installer des bandes de semis à double densité (*entrée, milieu et fin de la parcelle*) pour lesquelles la demande en N est plus forte.

Cette méthode simple et pratique permet :

- de déterminer le moment exact des besoins en N en conditions réelles (*fonction complexe : Reliquats N x Etat du profil cultural x conditions climatiques*) ;
- l'intensité et la vitesse d'apparition du jaunissement sur ces bandes indiquent l'importance du besoin.

5.4 Indicateurs de l'état physique du sol sur la culture de riz

Les déterminants du profil cultural pour cette culture, au cœur des SCV de la ZTH très représentée sur notre réseau tropical, sont : la macroporosité et la nutrition N (*en dehors de tout problème sanitaire Sol-Plante*).

Le diagnostic visuel des conditions de croissance du système racinaire : on peut installer au centre de chaque parcelle système, deux (2) mini-parcelles additionnelles de variétés référence (*quelques m²*) à réaction différentielle à l'exploitation de l'espace poral, qui permettent d'évaluer le comportement de nouveaux cultivars :

- 1 variété de type Cabassou, CIRAD 141 par exemple qui possèdent un enracinement extrêmement puissant (*pouvoir pénétrométrique élevé*),

- 1 variété indica, d'origine irriguée, qui, au contraire, est très sensible à des conditions de porosité délicate

Les variétés exceptionnellement rustiques, telles que Cabassou (*ou IRAT 101, makouta*), CIRAD 141 sont également très résistantes aux maladies et à la sécheresse, et servent aussi de référence pour ces critères fondamentaux d'adaptation du Riz Pluvial.

VI) EXPORTATIONS DE NUTRIMENTS

[*Cf. Annexe sur les exportations des différentes cultures en sols ferrallitiques*]

Ces données relatives aux exportations de nutriments par les cultures sont fondamentales pour les SCV.

En effet, ces derniers fonctionnent en circuit fermé, à l'image de l'écosystème forestier, sans perte notable de nutriments (*L. Séguy et al., 2003*), et ces derniers sont concentrés dans la phytomasse ; cette propriété fondamentale des SCV, permet, partant d'objectifs de rendement de gérer parfaitement la restitution de nutriments à partir des exportations par les cultures.

Ce mode de fonctionnement des SCV peut être validé scientifiquement à partir de nos matrices systèmes de culture SCV x Traditionnels, où des niveaux d'intrants croissants (*dont la fumure minérale*) sont expérimentés : du minimum à l'expression du potentiel génétique des cultivars sur l'ensemble du réseau SCV tropical.

L'ensemble métrologique: externalités, drainage interne, exportations des nutriments par les cultures, mis en regard avec l'évolution de la productivité agronomique des systèmes de culture doit permettre d'apporter des éclairages scientifiques rigoureux sur la capacité du sol à produire durablement et à quel prix, en fonction des modes de gestion des sols et des cultures utilisés (*gestion du capital sol et évaluation des conséquences*).

VII) LES INDICATEURS DE DURABILITE

Notre rôle principal d'agronomes intégrateurs - créateurs de l'innovation technologique pour, avec et chez les acteurs, consiste à bien maîtriser le continuum « Diagnostic – Création des systèmes de culture innovants – Pré-diffusion jusqu'à l'échelle des terroirs villageois et des unités de paysage – Formation des acteurs » ; il est évident qu'au cours de ce processus de Recherche-Action participative, au même titre que le développement de produits appropriables « Systèmes SCV » toujours plus performants, de variétés adaptées à ces systèmes (*optimisation des relations Géotypes x Modes de gestion des sols et des cultures*), la production de connaissances scientifiques occupe une place déterminante, notamment pour ce qui concerne l'énorme chantier de Récupération – Restauration au moindre coût de la fertilité et de la qualité biologique des sols tropicaux (*état sanitaire, externalités, résilience*), compatible avec la pratique d'une agriculture lucrative et durable.

Il est également évident qu'au-delà de notre échelle maximale d'intervention des terroirs et des unités de paysage, il faut pouvoir ensuite, avec des collaborations efficaces, évaluer les impacts de notre action intégrée jusqu'au niveau des bassins versants, unités physiographiques qui permettent d'estimer la gestion de l'environnement, car leur dimension intègre l'ensemble des processus naturels, sociaux et politiques.

A cet égard, des travaux remarquables, réalisés par l'EMBRAPA /CNPMA, tant au plan conceptuel très bien documenté des indicateurs de durabilité, qu'au plan de leur maîtrise pratique, sont réunis dans l'ouvrage du CNPMA: « Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas », et peuvent servir de guide à des actions intégrées d'équipes scientifiques à l'échelle des bassins versants. [*ouvrage à consulter absolument au sac@cnpma.embrapa.br et www.cnpma.embrapa.br*]

FIG. 1 RÉCUPÉRATION DES EXTERNALITÉS SUR SURFACE REPRÉSENTATIVE

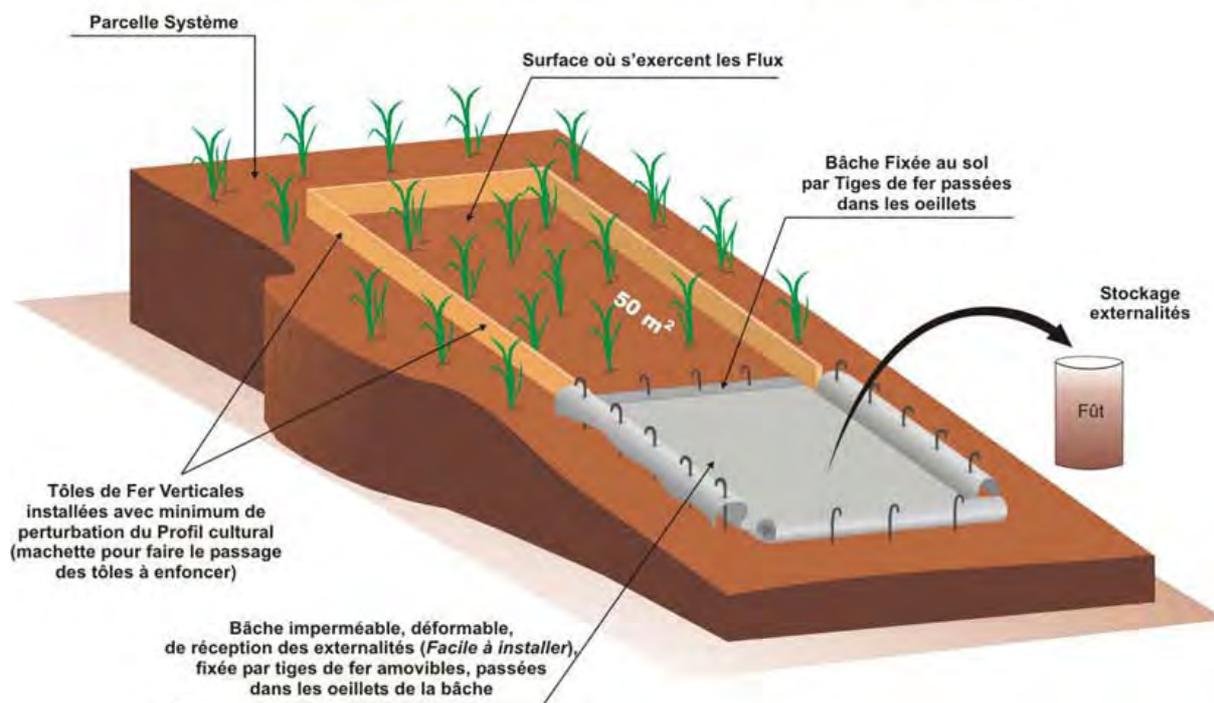


Fig. 2 INSTALLATION DE LYSIMÈTRES BON MARCHÉ

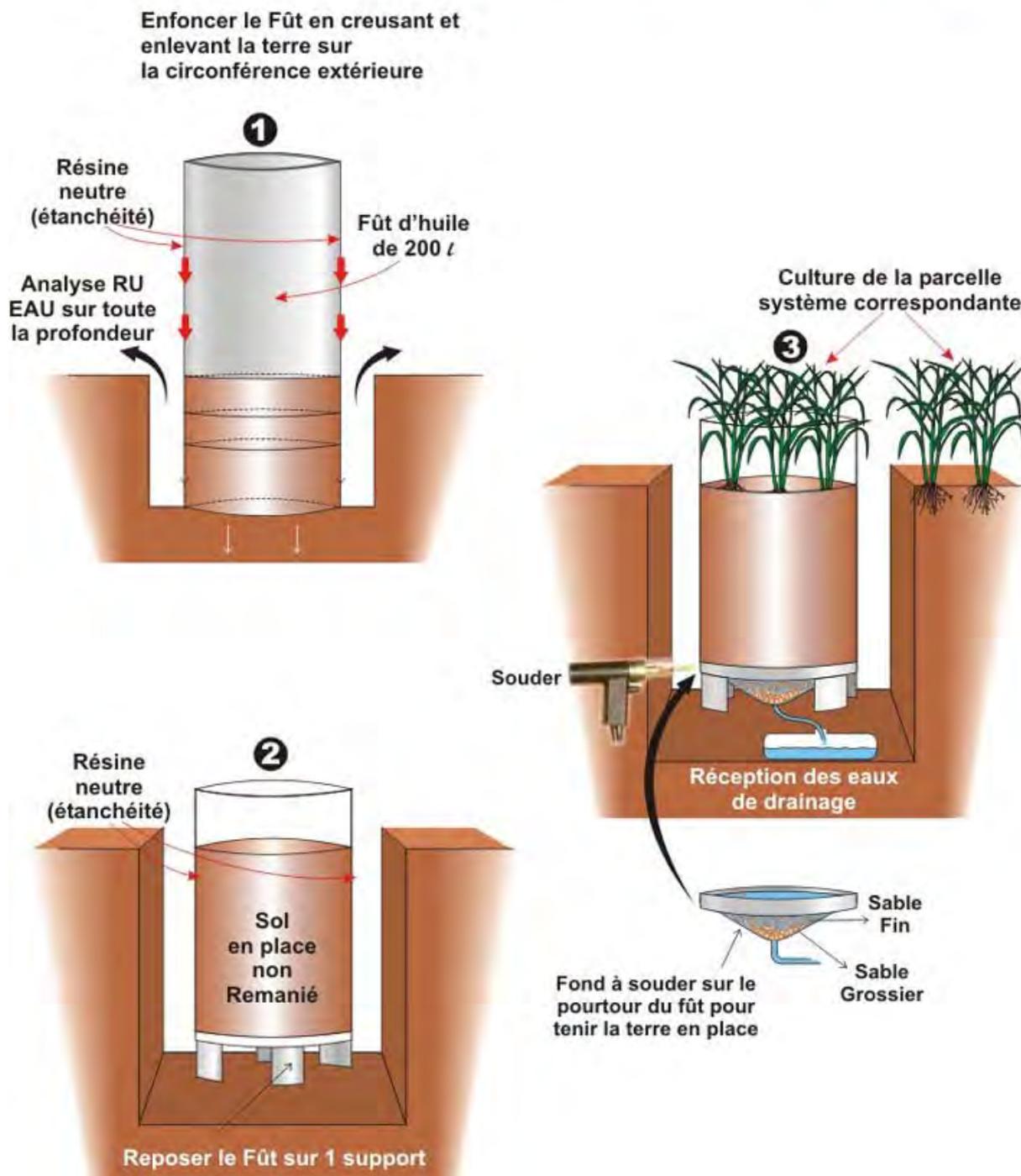
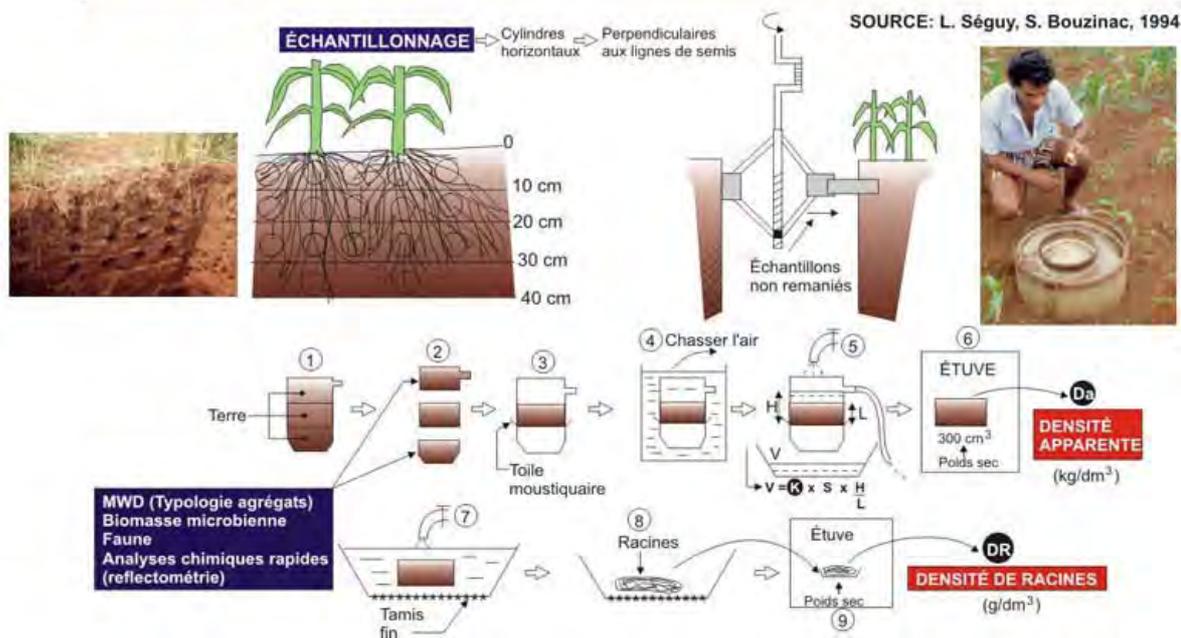


FIG. 3 PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS DE SOL NON REMANIÉS SUR LE PROFIL CULTURAL POUR ANALYSES DES PARAMÈTRES

- Da - (densité apparente)
- DR - (densité de racines)
- K - (conductivité hydraulique)
- MWD - (Typologie agrégats)
- Biomasse microbienne
- Faune
- Analyses chimiques rapides (reflectométrie)



LE POINT SUR...

synthèses, notes techniques et actualités

Cette rubrique est consacrée des articles qui offrent au lecteur des mises au point, des notes techniques, des travaux de synthèse, dans le domaine de l'agronomie tropicale, s'ajoutant aux travaux originaux de recherche publiés par la revue.

Un test simple à l'usage des agronomes et des sélectionneurs pour évaluer l'enracinement du riz pluvial

L. SEGUY (1), S. BOUZINAC (1), A. PACHECO (2)

RESUME — Un système d'injection d'herbicides par aiguilles flexibles, simple et facile d'utilisation, permettant de nombreuses répétitions *in situ*, à été mis au point. Il permet de suivre la dynamique de colonisation racinaire du riz pluvial, dès le début du cycle végétatif, par l'injection, à différentes profondeurs, d'herbicides non sélectifs du riz, l'atrazine et le diuron, à la concentration de 5 grammes de matière active par litre. Ces deux matières actives sont absorbées par les racines dans le profil et provoquent une chlorose très caractéristique sur les feuilles dès le 7^e jour après l'injection; les symptômes sont cependant reconnaissables à la pointe des feuilles dès le 4^e jour. Ce test facilement répétitif, sans destruction du profil cultural, est basé sur l'absorption effective par les racines, indépendamment de leur nombre, de leur longueur, de leur surface, de leur poids ou de toute autre caractéristique morphologique.

Mots clés: *riz pluvial. dynamique racinaire. absorption. lixiviation. chlorose*

La capacité du riz pluvial à développer un système racinaire puissant dans tous les compartiments du profil cultural et surtout dans les horizons profonds constitue sans aucun doute la meilleure garantie d'une alimentation minérale et hydrique compatible avec de hauts niveaux de rendement. Cette aptitude à produire un fort enracinement dépend à la fois du génotype (AHMADI, 1983) et des modes de gestion du sol et des cultures (Nicou *et al.*, 1970 CHOPART et Nicou, 1976 SEGUY *et al.*, 1989).

Diverses méthodes analytiques permettent de caractériser *in situ* le système racinaire:

- le nombre de racines par horizon (DREW et SAKER, 1977; KOPKE, 1979,1981);

- leur poids total (BOHM, 1979 ; SEGUY *et al.*, 1989);

- leur surface (BOHM, 1979; EVANS, 1977; KOLESNIKOV, 1971);

- leur volume (AYCOCK et MAC KEE, 1975 ; ATKINSON *et al.*, 1976);

- leur diamètre (WIERSUM, 1957);

(1) CIRAD-CA, Programme Cl, a/c Dr. Tasso de Castro, BP 504, Agencia Central CEP 74000 Goiânia Goiás, Brésil

(2) CNPAF/EMBRAPA, CP 179, Goiânia 74001-970, Brésil

- leur longueur, considérée comme un des meilleurs paramètres pour les études de nutrition minérale et hydrique (NYE et TINKER, 1969; MOLZ, 1971; TAYLOR *et al.*, 1973 ; TAYLOR et KLEPPER, 1975 ; TENNANT, 1975).

Cependant, toutes ces méthodes présentent des limites à la fois d'ordre pratique et théorique quant à leur capacité explicative des phénomènes de croissance de la partie aérienne. Sur le plan pratique, ces méthodes sont destructrices, coûteuses en temps de travail et nécessitent de nombreuses répétitions, si l'on veut avoir une vue représentative du système racinaire dans le profil cultural. Elles ne sont donc adaptées que si l'on veut étudier l'effet sur l'enracinement d'une technique culturale, pour un milieu donné. Dans le cas de la sélection variétale, ces méthodes sont trop lourdes et ne peuvent pas être utilisées par le sélectionneur quand il veut cribler ses lignées pour l'aptitude à l'enracinement. Certaines de ces techniques restent cependant utilisables lorsque l'on veut comparer les performances racinaires d'un nouveau cultivar par rapport à celles des variétés déjà cultivées.

D'autres techniques non destructrices ont été proposées. C'est le cas notamment des méthodes qui font appel aux marqueurs, tels que ^{86}Rb (ELLIS et BARNES, 1973), ^{32}P (REYNIERS *et al.*, 1979) et ^{15}N (MASSE *et al.*, 1989). Depuis quelques années, de nouvelles techniques apparaissent, comme l'endoscopie à observation visuelle (MAERTENS et CLAUZEL, 1982), ou le rhizoscope avec traitement d'image par caméra vidéo et ordinateur (FOUERE et PICARD, 1989). Ces techniques restent le fait de quelques spécialistes pour ce qui concerne les marqueurs, ou sont souvent difficiles à mettre en oeuvre sans une logistique importante et nécessitent un gros investissement, dans le cas de l'endoscopie avec traitement d'image.

D'autre part, la plupart de ces méthodes ne permettent de caractériser les relations sol-plante que de façon très approximative.

Il était donc important de développer un outil de diagnostic basé sur l'absorption racinaire effective, qui soit non destructif pour le sol et facile d'utilisation, permettant notamment de nombreuses répétitions afin de mieux caractériser le système racinaire dans le profil cultural de la parcelle expérimentale, quelle que soit sa taille.

A l'exemple du ^{32}P qui a, lui, une portée répétitive très limitée dans un essai expérimental, et n'est donc pas utilisable pour la sélection, un système simple a été mis au point, qui permet, sans perturber les relations sol-racines, d'injecter dans le profil cultural des solutions herbicides à une profondeur fixée entre zéro et un mètre de profondeur. Ces matières actives détruisent rapidement le système pigmentaire, ce qui a pour effet de provoquer le jaunissement puis le dessèchement des feuilles, dès lors que l'herbicide a été effectivement absorbé et que le système racinaire est donc présent à ce niveau, indépendamment de son poids, du nombre de racines, de sa surface et d'autres paramètres.

Matériel et méthode

La mise au point du test analytique a été réalisée en serre dans des pots contenant 25 kg de terre de bonne fertilité, ayant reçu une forte fertilisation minérale.

L'irrigation a été régulièrement assurée, à la demande, sans limitation; les pots ont été percés à la base pour laisser s'écouler l'eau excédentaire.

Le matériel expérimental

Matériel d'injection

Il est constitué d'aiguilles d'un millimètre de diamètre, de différentes longueurs, 20, 40, 60, 80 et 100 cm, percées, un peu au-dessus de leur extrémité pleine, par trois orifices horizontaux, ce qui permet au liquide d'être injecté à l'horizontale dans trois directions à 60°. Le plan "mouillé" par l'injection est ainsi très proche de la profondeur d'injection en sol humide.

Les aiguilles s'adaptent sur une seringue classique en verre gradué, disponible dans le commerce.

Pour faciliter la pénétration de l'aiguille dans le sol, et éviter toute pollution du profil, les orifices de sortie du liquide sont obturés avec de la graisse pour machine, appliquée sur toute la surface de l'aiguille.

A chaque profondeur, 20 cm³ de solution sont injectés en plusieurs applications, ce qui permet de balayer un plan de surface plus vaste à la profondeur d'injection.

La pénétration des aiguilles est extrêmement facile sur ce type de sol sans cailloux.

Après chaque injection, on exerce deux à trois pressions sur le piston de la seringue, à vide, pour bien vider l'aiguille et ne pas polluer le profil en retirant l'aiguille, il est recommandé d'injecter quelques cm³ d'eau distillée ensuite.

Herbicides

Deux herbicides réunissent les conditions complémentaires suivantes:

- ils sont absorbés par le système racinaire en priorité ou exclusivement;
- ils sont énergiquement fixés par les colloïdes du sol, et sont donc peu mobiles dans le sol;
- ils bloquent très vite la réaction de Hill sur les cultures pour lesquelles ils ne sont pas sélectifs, ce qui se traduit par l'apparition d'une chlorose, qui ne peut être confondue avec d'autres symptômes tels que carences en N, S ou autre élément.

Les deux Matières actives qui répondent à ces critères sont le diuron et l'atrazine.

Matériel végétal

Trois génotypes différents ont été retenus pour établir que les conditions d'absorption et les manifestations des symptômes pour une même dose d'herbicide sont indépendantes de la nature du génotype et sont similaires sur toutes les variétés de riz;

- Metica 1, type *indica* (riz irrigué);
- Rio Paranaiba, type *japonica* (riz pluvial);
- IRAT 216, intermédiaire.

Protocole expérimental

Le dispositif mis en place avait pour but de déterminer la dose minimale efficace qui provoque l'apparition la plus rapide des symptômes caractéristiques et de montrer que la

vitesse de réaction est indépendante de la partie supérieure ou basale du système racinaire. L'échelle des concentrations, pour les deux matières actives, a été conçue à partir des doses normales utilisées pour les herbicides: 0,5 g l⁻¹; 2,5 g l⁻¹; 5g l⁻¹ et 25 g l⁻¹.

Les injections ont été réalisées 60 jours après le semis (début de l'initiation paniculaire).

Deux profondeurs d'injection pour chaque niveau de concentration ont été retenues en surface (5-8 cm) et à 20 cm de profondeur.

Chaque traitement a été répété quatre fois.

Les plantes ont été examinées quotidiennement après les injections et les jaunissements dès leur apparition.

Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Test d'enracinement sur trois variétés de riz: délai d'apparition (en jours) des premiers symptômes de chlorose après l'injection (application au début de l'initiation) selon deux profondeurs d'application.

Produit et dosage (g l ⁻¹)	Rio Paranaíba		Metica 1		IRAT 216	
	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm	5 cm	20 cm
Diuron						
0,5	-	-	-	-	-	-
2,5	9	8	8	9	7	7
5,0	9	8	8	8	7	5
25,0	8	8	9	8	7	7
Atrazine						
0,5	10	-	-	-	-	-
2,5	9	9	6	8	10	8
5,0	8	9	10	8	8	7
25,0	7	7	8	8	7	6

Résultats et discussion

On constate que le temps de réaction est le même pour toutes les variétés et que les symptômes très caractéristiques de chlorose apparaissent entre sept et huit jours après l'injection. Quinze jours après l'absorption, le riz se dessèche complètement.

Les deux matières actives testées fournissent des résultats très voisins et peuvent être utilisées de façon similaire.

La dose minimale la plus sûre, qui garantit l'apparition des symptômes de chlorose significatifs, est la dose de 5 g l⁻¹ pour les deux produits.

Conclusion

Compte tenu de sa facilité et de sa flexibilité d'utilisation, ce test analytique pourra être utilisé par les sélectionneurs pour le criblage selon le critère d'enracinement au champ. Dix à quinze jours après le semis, il suffira simplement d'injecter l'herbicide sur des lignées fixées à partir de F4*, sur cinq plants différents correspondant aux profondeurs de 20, 40, 60, 80 et 100 cm, chaque profondeur d'injection sera repérée par une couleur spécifique (bombe spray de peinture) et les lectures seront faites ensuite régulièrement.

Ce test analytique, qui permet des répétitions très nombreuses, pourra être aussi extrêmement précieux pour aider les agronomes à préciser la cinétique de descente des racines, qui conditionne la réserve utile d'eau au cours du cycle de la plante. Il pourra donc servir également à différencier l'influence des modes de gestion des sols et des cultures selon le critère de la profondeur d'enracinement, mais aussi selon le volume latéral d'enracinement, en injectant l'herbicide à des profondeurs différentes dans l'interligne des cultures. Le test permettra de suivre à la fois la dynamique et la cinétique de colonisation racinaire.

Les limites d'utilisation de ce test semblent essentiellement liées aux imprécisions dans l'injection des herbicides: si le sol est caillouteux ou d'une structure très grossière, les profondeurs d'injection ne seront pas très précises. Enfin, quelques risques de contamination du profil lors du retrait de l'aiguille existent, mais ils paraissent limités, compte tenu des précautions de vidange de la seringue.

L'intérêt principal de cette méthode reside dans sa facilité de mise en oeuvre, lui permettant de nombreuses répétitions et ainsi de mieux approcher la dynamique réelle d'enracinement dans le profil cultural, aussi bien à l'échelle de la parcelle expérimentale, même petite, qu'à celle de la grande culture.

Références bibliographiques

AHMADI N., 1983. Variabilité génétique et hérédité des mécanismes de tolérance à la sécheresse chez le riz (*Oryza sativa* L.). I. Développement du système racinaire. L'Agron. Trop., 38 (2) 110-117.

ATKINSON D., NAYLOR D., COLDRUCK G.A., 1976. The effect of tree spacing on the apple root system. Hortic. Res., 16 89-109.

AYCOCK M.K., MAC KEE OG., 1975. Root size variability among several cultivars and breeding lines of Maryland tobacco. Agron. J., 67: 604-606.

BOHM W., 1979. Methods of studying roots systems. New York, Springer Verlag, 189 p.

CHOPART J.-L., NICOU R., 1976. Influence du labour sur le développement radiculaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquence sur leur alimentation hydrique. L'Agron. Trop., 31(1): 7-28.

DREW M.C., SAKER L.R., 1977. Relationship between root number determined in the field on the horizontal faces of soil and the lengths and weights of roots extracted from the soil. In Annual report 1976. Agricultural Research Council, Leicomb Laboratory, p.34-35.

ELLIS F.B., BARNES B.T., 1973. Estimation of the distribution of living roots of plants under field conditions. Plant Soil, 39 : 81-91.

EVANS P.S., 1977. Comparative root morphology of some pasture grasses and clovers. New Z. J. Agric. Res., 20: 331-335.

FOUERE A., PICARD D., 1989. Pour observer la croissance des racines : le rhizoscope. In Perspectives agricoles "Les racines". Paris, ITCF, p. 17-18.

KOLESNIKOV V.A., 1971. The root system of fruit plants. Moscow, Mir Publishers, 269 p.

KOPKE U., 1979. Em Vergleich von Feldmethoden zur Bestimmung des Wurzelwachstums landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Diss. Agric., Göttingen.

KOPKE U., 1981. Methods for studying root growth. *In* The soil root system in relation to Brazilian agriculture. Russel R.S., Igue K., Metha J.R. (Eds). Londrina, APAR, p. 303-318.

MAERTENS C., CLAUZEL Y., 1982. Premières observations sur l'utilisation de l'endoscopie dans l'étude de l'enracinement *in situ* de plantes cultivées. *Agronomie*, 2: 677-680.

MASSE J., REMY J.C., MARY B., CROSSON P., 1989. Fonctionnement racinaire : l'utilisation du marquage isotopique des nitrates. *In* Perspectives agricoles : "Les racines". Paris, ITCF, p. 23-27.

MOLZ J., 1971. Interaction of water uptake and root distribution. *Agron. J.*, 63 : 609-610.

NICOU R., SEGUY L., HADDAD G., 1970. Comparaison de l'enracinement de quatre variétés de riz pluvial en présence ou absence de travail du sol. *L'Agron. Trop.*, 25 (8) 633-659.

NYE P.K., TINKER P.B., 1969. The concept of a root demand coefficient. *J. Appl. Ecol.*, 6 : 293-300.

REYNIERS F.N., TRUONG B., BOIS J.F., BONNIN E., THOMIN G., 1979. Caractérisation de l'enracinement du riz pluvial *in situ* avec le phosphore 32. *In* Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships. International symposium, Colombo, Sri Lanka, 11-15 December 1978. Vienna, IAEA, p. 635-647.

SEGUY L., BOUZINAC S., PATCHECO A., KLUTHCOWSKI 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 cerrados du centre-ouest brésilien. Montpellier, CIRAD-IRAT, 165 p.

TAYLOR H.M., HUCK M.G., KLEPPER B., 1973. Rooting density and water extraction patterns for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.*, 65 965-968

TAYLOR H.M., KLEPPER B., 1975. Water uptake by cotton root systems. An examination of assumptions in the single root model. *Soil Sci.*, 120 57-67.

TENNANT D.A., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, 65 995-1001.

WIERSUM L.K., 1957. The relationships of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant Soil*, 9 75-85.

Summary

L.SEGUY, S. BOUZINAG, A. PACHECO - A simple test for agronomists and breeders for the evaluation of rainfed rice rooting.

A system of injection of herbicides using flexible needles has been developed. It is simple and easy to use in numerous *in situ* replicates. It is used to monitor the dynamics of rainfed rice root growth from the beginning of the vegetative cycle by the injection of 5 g active ingredient per litre of atrazine and diuron (non-selective herbicides for rice) at different depths. The two active ingredients are taken up by the roots in the soil profile and cause extremely characteristic leaf chlorosis on Day 7 after injection; the symptoms are nevertheless identifiable in leaf tips on Day 4. The test is easy to repeat and does not damage the crop profile. It is based on effective uptake by roots regardless of their number, length, area, weight or any other morphological characteristic.

Key words: rainfed rice, root dynamics, uptake, leaching, chlorosis.

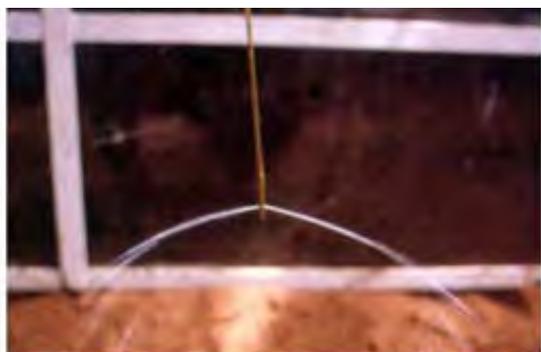
Resumen

L.SEGUY, S. BOUZINAC, A. PACHECO - Un método sencillo de evaluación del enraizamiento del arroz de secano destinado a los agronomos y fitogenetistas.

Se ha elaborado un sistema sencillo y fácil de utilizar repetidamente *in situ* que consiste en la inyección de herbicidas por medio de agujas flexibles. Este sistema permite observar, desde el comienzo del ciclo vegetativo, la dinámica de colonización radicular del arroz de secano mediante la inyección a distintas profundidades de atrazines y diuron, herbicidas no selectivos del arroz, concentrados a razón de 5 gramos de materia activa por litro. Las raíces absorben en el perfil estas dos materias activas que provocan una clorosis muy característica en las hojas el 7º día consecutivo a la inyección, aunque a partir del 4º día se reconocen ya los síntomas en la punta de las hojas. Este método, que se puede repetir con facilidad y no deteriora el perfil de cultivo, se basa en la absorción efectiva de la materia activa por las raíces, independientemente del número, la longitud, la superficie, el peso o cualquier otra característica morfológica de estas

Palabras-clave: arroz de secano, dinámica radicular, absorción, lixiviación, clorosis.

INJECTION D'HERBICIDES ET SYMPTÔMES



INTERPRÉTATIONS P ET K EN SOLS FERRALLITIQUES

Fig. 1 - P et K Résine

Teneur	Production relative (%)	K échangeable $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$	P Résine mg dm^{-3}
Très bas	0-70	0,0-0,7	0-6
Bas	71-90	0,8-1,5	7-15
Moyen	91-100	1,6-3,0	16-40
Haut	>100	3,1-6,0	41-80
Très Haut	>100	>6,0	>80

Fig. 2 - Interprétation d'analyses de sol pour recommandation de fertilisation phosphatée (*Extracteur = Mehlich 1*)

Teneur en argile	Teneur de P (mg dm^{-3})			
	Très bas	Bas	Moyen	Adéquat
61-80	0 a 1,1	1,1 a 2,0	2,1 a 3,0	> 3,0
41-60	0 a 3,0	3,1 a 6,0	6,1 a 8,0	> 8,0
21-40	0 a 5,0	5,1 a 10,0	10,1 a 14,0	> 14,0
< 20	0 a 6,0	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	> 18,0

SOURCE: EMBRAPA-CPAC (SOUZA et al., 1997)

Fig. 3 - Interprétation d'analyses de sol pour recommandation de fertilisation potassique (*Extracteur = Mehlich 1*)

Interprétation	Teneur de K (mg dm^{-3})*
Très bas	0-25
Bas	26-50
Moyen	51-80
Adéquat	> 80

* $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3} = \text{mg dm}^{-3}/40$

SOURCE: EMBRAPA (1997)

EXTRACTIONS DE NUTRIMENTS PAR LES CULTURES EN SOLS FERRALLITIQUES

Fig. 1 - Quantité de nutriments exportés par les grains, pour chaque tonne de Soja produite.

	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Cl	Mo	Cu	Fe	Mn	Zn	Al	
	kg/tonne						g/tonne								
Restes culturaux	31	2,5	7,5	10	9,2	4,7	-	23	2	-	-	-	-	172	
Grains	51	5,0	17	5,4	3,0	2,0	2,0	237	5	10	70	30	40	15	

1 - Feuilles, pétioles et tiges qui sont restitués au sol
SOURCE: embrapa (1993a)

Fig. 2- Extraction et exportation de nutriments par tonne de grains de Haricot

Nutriment	Extraction (kg/ha)	Exportation (kg/ha)	%
N	102	37	36
P	9	4	44
K	93	22	24
Ca	54	4	7
Mg	18	4	22
S	25	10	40
Cultivar	Roxinho		

Fig. 3 - Production et accumulation de nutriments par la culture de Riz pluvial

Fertilité du sol	Partie de la plante	Production (kg/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
			kg/tonne						g/ha		
Basse	<i>Partie aérienne</i>	2.110	20	4	53	7,00	5,00	97	16	445	1.517
	<i>Grains</i>	1.684	51	5	3	0,69	1,86	38	26	54	120
	<i>Total</i>	3.794	71	9	56	7,69	6,86	135	42	499	1.637
Moyenne	<i>Partie aérienne</i>	2.992	28	7	72	10,00	7,00	152	20	639	1.454
	<i>Grains</i>	2.117	88	7	4	0,83	2,36	46	31	72	137
	<i>Total</i>	5.109	116	14	76	10,83	9,36	198	51	711	1.591
Haute	<i>Partie aérienne</i>	3.494	35	7	77	14,00	9,00	178	20	814	2.062
	<i>Grains</i>	2.104	106	7	4	0,84	2,40	46	32	78	119
	<i>Total</i>	5.598	141	14	81	14,84	11,40	324	52	892	2.181
Moyenne + Engrais vert	<i>Partie aérienne</i>	3.524	26	10	67	11,00	7,00	176	15	914	3.109
	<i>Grains</i>	2.403	39	15	5	0,96	2,79	63	31	113	142
	<i>Total</i>	5.927	65	25	72	11,96	9,79	239	46	1027	3.251

Les valeurs sont les moyennes de 3 cultivars

SOURCE: EMBRAPA-CNPAF - Potafos N° 9 - Juin, 1995

Fig. 4 - Extraction moyenne de nutriments pour la culture de Maïs destinée à la production de grain et ensilage

Type d'exploitation	Production (t/ha)	Nutriments extraits				
		N	P	K	Ca	Mg
		----- kg/ha -----				
Grains	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Exportations par les grains(%)		70-77	77-86	26-43	3-7	47-69
Ensilage (Matière sèche)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

SOURCE: COELHO & FRANÇA (1995)

Fig. 5 - Extraction moyenne de nutriments par la culture de Sorgho

Matière sèche totale (kg/ha)	Grains (%)	Nutriments extraits ¹				
		N	P	K	Ca	Mg
		----- kg/ha -----				
7.820 ²	37	93	13	99	22	8
9.950 ³	18	137	21	113	27	28
12.540 ³	16	214	26	140	34	26
16.580 ³	18	198	43	227	50	47

Pour convertir P en P₂O₅, K en K₂O, Ca en CaO et Mg en MgO, multiplier par 2,29, 1,20, 1,39 e 1,66, respectivement

SOURCE: 2 - PITTA et al. (2001) 3 - FRIBOURG et al. (1976)

OLIGOS ÉLÉMENTS EN SOLS FERRALLITIQUES

Normes d'interprétation et recommandations pour la correction de déficiences

Fig. 1 - Interprétation d'analyses de sol (extraction par Mehlich 1)

Niveau	B ¹	Cu ²	Mn ²	Zn ²
	mg dm ³			
Bas	0-0,2	0-0,4	0-1,9	0,1,0
Moyen	0,3-0,5	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6
Haut	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6

1 - Eau chaude

2 - Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂ SO₄ mol L⁻¹) relation sol/solution 1:10

3 - SOURCE: GALRÃO (2002).

Fig. 2 - Recommandations pour la correction de déficiences par voie foliaire

0,5% de Borax (B) ou 0,3% d'acide borique 0,5% de sulfate de Manganèse (Mn) 0,5% de Sulfate de Zinc (Zn) 0,5% de Sulfate de Cuivre (Cu)	Dans 400 l d'eau/ha
--	---------------------------

SOURCE: GALRÃO (2002).

Traitement de semences recommandé pour Mo et Co

Mo = 2-3 g ha⁻¹ Co = 12-20 g ha⁻¹

Source: EMBRAPA(2003).

Fig. 3 - Recommandations d'oligos éléments pour le Soja, appliqués au sol, pour un effet résiduel de 5 ans

Niveau	B	Cu	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹			
Bas	1,5	2,5	6,0	6,0
Moyen	1,0	1,5	4,0	5,0
Haut	0,5	0,5	2,0	4,0

SOURCE: EMBRAPA (2003).

Fig. 4 - Contenu d'oligos éléments dans les produits récoltés

Culture	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	(g t ⁻¹)					
Coton	33,00	10,00	243,00	14,60	0,15	12,30
Riz	4,40	6,30	60,90	25,20	0,16	40,90
Pomme de Terre	2,00	2,00	20,00	20,00	1,00	4,00
Cacao	12,00	16,00	80,00	28,00	0,04	47,00
Café	25,00	16,50	105,00	25,00	0,01	39,30
Canne à sucre	2,00	1,80	25,00	12,00	0,02	5,00
Citrus	2,20	1,20	6,60	2,80	0,01	0,90
Haricot	70,00	10,00	0,00	17,00	1,00	30,00
Manioc	1,80	0,80	24,00	1,60	0,00	4,60
Maïs	1,50	8,00	40,00	8,00	1,00	40,00
Soja	30,00	15,00	100,00	20,00	3,00	42,50
Blé	3,00	8,00	50,00	55,00	0,00	17,00

SOURCE: Divers auteurs cités par Yamada et Lopes (1999)

Fig. 5 - Interprétation des teneurs de S-SO₄ du sol avec 2 extracteurs

Teneur	S-SO ₄ (mg dm ⁻³)	
	NH ₄ OAc.HOAc	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 500ppm
Très bas	0,0-5,0	0-2,5
Bas	5,1-10,0	2,5-5,0
Moyen	10,1-15,0	5,1-1,0
Haut	>15,00	>10

SOURCE: VITTI, 1989