

Maintien ou amélioration du potentiel productif des sols en région soudano-sahélienne du Nord-Cameroun

Mathurin M'BIANDOUN*, Michel THEZE**, Abdoulaye ABOU ABBA**

*IRAD BP 415 Garoua, Cameroun

**Projet DPGT-SODECOTON BP 302 Garoua, Cameroun

Résumé — Afin de maintenir ou d'améliorer le potentiel productif des sols en région soudano-sahélienne du Nord-Cameroun, le projet Développement paysannal et gestion de terroir (DPGT) en collaboration avec l'Institut de la recherche agricole pour le développement (IRAD) ont utilisé deux techniques : les aménagements de terrain en courbes de niveau et l'utilisation de la fumure organique associée à la fumure minérale. Les aménagements sont mis en place d'abord dans certains villages pionniers et progressivement étendus à l'ensemble des villages. L'utilisation de la fumure organique s'est faite par des tests chez des paysans volontaires. De 1994 à 2000, les résultats ont été satisfaisants. Du point de vue des aménagements, plus de 70 000 ha ont été aménagés et pérennisés grâce à l'utilisation des plants forestiers, des graminées et légumineuses dont l'impact dans les parcelles n'est plus à signaler. Un suivi de la fertilité dans ces aménagements après 3 ans donne des résultats prometteurs. Du point de vue de l'utilisation de la matière organique, les tests montrent un effet nettement positif de la matière organique sur la production et l'existence d'un arrière effet en deuxième année.

Abstract — **Maintaining and improving the productive potential of soils in sudano-sahelian region of North Cameroon.** In order to maintain or to improve the productivity potential of soils in the sudano-sahelian region of North Cameroon, the project "Peasant development and *terroir* management" (DPGT) in collaboration with the agricultural research institute for development (IRAD) used two techniques: fields arrangement and the use of organic matter together with mineral fertiliser. The fields arrangement are set up first in some selected villages and extend progressively to all villages. The use of organic matter is made by some tests realised with volunteer farmers. From 1994 to 2000, the results are satisfactory for the field arrangement. More than 70 000 ha are arranged and their limit fixed through the utilisation of trees, some specific weeds and legume, which the impact in the field is appreciated. A survey on soil fertility in the fields arrangement after 3 years give us some promising results. For the use of organic matter, the tests show a positive effect of organic matter on the production and the existence of a late effect after one year.

Introduction

Depuis la première crise cotonnière, dans les années 80, certaines interrogations ont surgi, et notamment une inquiétude forte quant à l'évolution de la fertilité des sols cultivés au Nord-Cameroun. Une baisse régulière des rendements, observée notamment sur coton, culture dont les statistiques sont régulièrement recueillies, semble une réalité, qui est d'ailleurs probable sur d'autres cultures.

Parallèlement, la pression sur les sols dans la province de l'Extrême-Nord, liée à une forte démographie et à l'absence d'activités de substitution à l'agriculture, s'avère toujours plus importante. Les pratiques traditionnelles de reconstitution des sols, comme la jachère, sont progressivement abandonnées. Des mouvements migratoires importants ont lieu vers la province du Nord encore peu peuplée, où des espaces importants demeurent inoccupés.

D'autres facteurs, nombreux, ne laissent pas d'inquiéter et concourent à une dégradation générale de l'environnement du Nord-Cameroun, et plus particulièrement des sols : les feux de brousse répétés, la déforestation massive, souvent à blanc, les installations spontanées et importantes de migrants dans la province du Nord, la mise en culture de terres gagnées sur la brousse sans respect d'un minimum de règles nécessaires à une exploitation durable, la course à la terre, la dilution des intrants, la consommation des résidus de culture par le bétail, etc. Les vulgarisateurs prennent conscience des phénomènes de ruissellement et de départ de terre au niveau des champs, en particulier sur les grandes parcelles travaillées en motorisation, et la recherche attire déjà leur attention sur la liaison forte qui existe entre la dégradation de la fertilité et le développement de l'érosion. Les résultats des travaux d'expérimentation menés conjointement par l'IRAD et l'IRD pendant plusieurs années à Mbissiri, dans le Mayo Rey, confirment nettement le rôle de l'érosion hydrique comme l'une des causes importantes de dégradation des sols. Les dommages liés à ce type d'érosion, parfois spectaculaires, sont dès lors pris sérieusement en considération par la vulgarisation.

Il apparaît clairement que l'exploitation du capital sol, pour des raisons diverses, est déséquilibrée. Il faut donc tenter de faire évoluer des pratiques qui semblent conduire l'activité agricole dans une impasse. Ce constat de dégradation rapide de l'environnement dans les deux provinces du Nord et de l'Extrême-Nord, et la volonté d'infléchir cette tendance, constituent l'une des justifications fortes de la mise en œuvre du projet Développement paysannal et gestion de terroirs (DPGT).

« *Maintenir ou améliorer la fertilité des sols cultivés* » sera ainsi l'un des objectifs majeurs dévolus au projet, mis en œuvre par la Sodécoton à partir de novembre 1994. S'y ajouteront l'appui à la consolidation et la professionnalisation des organisations de producteurs, la promotion d'une gestion des ressources naturelles permettant un développement durable, la contribution à des cadres de concertation entre les organisations de producteurs et les différents services et structures d'intervention, et l'entretien des animaux de trait. Le MINAGRI a assuré la maîtrise d'ouvrage du projet, les financements nécessaires étant mis à disposition sous forme de prêts par l'Agence française de développement et de subventions par le Fonds d'aide et de coopération. Après deux phases et huit années d'activités, le projet DPGT s'achèvera en juin 2002.

Pour répondre à ses objectifs, le projet a mis en œuvre quatre volets d'activités : 1) appui à la professionnalisation, 2) gestion de terroirs et développement local, 3) zootechnie et 4) gestion de la fertilité. Les activités développées au sein de ces quatre volets ont concouru aux mêmes finalités, et l'intégration des actions était un souci constant des responsables. Le point de passage a été les groupements de producteurs de coton, traits d'union fort utiles entre les paysans individuels, très nombreux, et les structures de développement. Cela s'est traduit par la signature de contrats de partenariat divers qui permettent de formaliser les relations et les engagements.

En ce qui concerne la gestion de la fertilité, il s'agissait de tenter de freiner le phénomène de dégradation des sols par le biais de la réflexion avec les cultivateurs sur les systèmes de production, l'identification et la vulgarisation de toute technique permettant de maintenir ou améliorer la fertilité, cela en collaboration avec la Direction de la production agricole de la Sodécoton, et les divers services de recherche ou de vulgarisation : IRAD, ONADEF, CIRAD... Pour tenter de répondre au problème posé, le projet DPGT a donc identifié progressivement, à partir de 1995, des actions en fonction de deux grands axes qui visaient à 1) la protection des sols et 2) une meilleure nutrition des plantes cultivées.

A cet effet, la démarche adoptée a été :

- l'identification, les tests puis la mise au point, souvent avec l'appui de la recherche, de méthodes et actions permettant de répondre à l'objectif de maintien de la fertilité, complémentaires aux actions déjà initiées par d'autres intervenants, notamment la direction de la production agricole de la Sodécoton (actions sur les fumures minérales) ;
- la sensibilisation des paysans sur la question de la durabilité de leurs activités agricoles et sur un certain nombre de règles à prendre en compte pour tenter de limiter les phénomènes de dégradation des ressources naturelles sol et bois notamment ; sans cette évolution préalable des esprits, il est difficile d'espérer l'adoption de nouvelles techniques, si efficaces soient-elles ;

– la formation des agents techniques des groupements, afin de rendre autonomes des équipes techniques au sein des groupements, capables de reproduire et de multiplier les actions, même à l'arrêt du projet.

Les actions mises en œuvre à une échelle significative ont été :

- la lutte anti-érosive : par l'aménagement ou le réaménagement des parcelles cultivées, avec ou sans remembrement, afin que tous les travaux du sol se fassent en fonction des courbes de niveau. Il permet de limiter le ruissellement destructeur, d'économiser l'eau et l'engrais, et de conserver la terre fine où se concentre la fertilité ; plus de 70 000 ha de terrains ont été aménagés en 8 ans ;
- une meilleure gestion des eaux de pluies : par la construction de petits ouvrages en pierres (seuils), calées ou cimentées, sur les petits cours d'eau afin de limiter la vitesse des eaux de ruissellement, et de mieux recharger les nappes phréatiques ; la rétention des eaux de pluies ne peut être que bénéfique pour l'environnement ; 767 biefs en pierres calées et 102 en pierres cimentées ont été construits ;
- la production en saison sèche et l'utilisation de la fumure organique en association avec la fumure minérale sur grandes cultures, afin de bénéficier des synergies des deux fumures ; elle constitue une réponse intéressante au problème crucial de renouvellement de la matière organique des sols ;
- le développement des jachères naturelles ou améliorées avec légumineuses, herbacées ou arborées, dans les zones où des réserves foncières le permettent ; le projet a encouragé la création de nouvelles soles, notamment au sud de Garoua, afin de réintégrer la jachère dans les systèmes culturaux ;
- la recherche de l'amélioration du bilan de production de biomasse en prônant notamment une meilleure intégration de l'arbre à l'exploitation agricole ; la régénération et la densification des parcs à *Acacia albida* ou à *Prosopis africana* ont constitué une réponse essentielle en ce domaine ; l'appui à la production et la diffusion à grande échelle de plants forestiers et fruitiers, en était une autre ;
- l'appui à la gestion des espaces : il s'est traduit à des échelles différentes par l'ouverture raisonnée de nouveaux terrains acquis sur brousse, avec aménagement du parcellaire en courbes de niveau, la délimitation négociée des terroirs villageois et d'espaces pastoraux.

Ces actions sont cohérentes et concourent à protéger et enrichir le capital sol. Elles participent à la recherche d'une activité agricole durable dans un environnement respecté. Elles répondent en outre à des critères indispensables pour être vulgarisables : elles sont fondées sur des techniques simples, efficaces, peu chères, appropriables par les individus et leurs groupements.

Il convient de mentionner que la recherche a été constamment associée aux actions initiées par le projet. Depuis son démarrage, des conventions ont été très régulièrement passées entre la structure DPGT et l'IRAD, le CIRAD, le PRASAC et l'IRD, afin de préciser et d'enrichir le conseil à vulgariser auprès des paysans. Le projet a veillé à toujours faire porter les efforts de la recherche développée dans le cadre des conventions sur des thèmes permettant l'obtention rapide de résultats vulgarisables.

Les travaux ont porté notamment sur l'étude du milieu, avec l'appui très apprécié de l'IRD, les aménagements de terrain, les analyses de sol, l'association de la fumure minérale et de la fumure organique, un meilleur entretien des animaux de l'exploitation, les jachères herbacées et arborées avec l'appui constant de l'IRAD, le contrôle de l'enherbement sur sorgho de contre saison avec l'appui du CIRAD, la mise au point d'un programme d'alphabétisation avec l'appui du CNRS, l'étude de filière et l'évaluation d'actions du projet avec l'appui du Prasad.

Les échanges entre la recherche et les équipes du projet ont par ailleurs souvent permis d'identifier des actions nouvelles afin de mieux répondre au défi posé. Il en est notamment ainsi pour deux points principaux.

- Le conseil de gestion : le projet et l'IRAD-Prasad travaillent ensemble depuis trois ans pour la mise au point d'une nouvelle démarche d'aide à la décision pour les paysans. Il est probable que ce type d'intervention sera progressivement adopté par la vulgarisation. Il est souhaitable que cette recherche puisse se poursuivre au-delà du projet DPGT.
- -La production agricole sur couvert végétal (SCV) : mode de production très innovant qui, s'il est possible de l'adapter aux conditions du Nord-Cameroun, pourrait s'avérer très intéressant pour garantir la durabilité de l'activité agricole. Des essais sont menés depuis deux ans, en milieu paysan et en milieu contrôlé, en collaboration avec l'IRAD. Cette coopération devrait se poursuivre encore plus activement dans le cadre du futur projet « Eau-sol-arbre » qui succédera mi-2002 au volet fertilité du projet DPGT.

Cette communication traitera particulièrement de deux actions qui ont concouru au maintien ou à l'amélioration du potentiel productif des sols. Il s'agit des aménagements de terrain, de la fertilité dans ces aménagements et de l'association de la fumure minérale et de la fumure organique.

Matériel et méthodes

Les aménagements de terrain

Techniques proposées et évolutions

Techniques des bourrelets anti-érosifs

Des techniques topographiques simples ont été utilisées pour le repérage et la matérialisation des courbes de niveau permettant de réaliser les bourrelets. Il y a soit utilisation du niveau à eau (cf. cordons pierreux), soit un appui sur des étapes commençant par des relevés altimétriques. Bien que le piquetage soit fait à l'aide de techniques simples et peu coûteuses, les bourrelets et l'aménagement des exutoires ont été réalisés au début avec des engins du génie civil (niveleuse).

Les coûts rendaient difficile la reproductibilité de la technique à grande échelle. L'utilisation de ces engins venant de l'extérieur crée également une relation de dépendance au niveau des terroirs (Iyébi Mandjek, 1997). A cause de cette situation, la mise en œuvre de la technique a été abandonnée, mais depuis 2 saisons une approche parcellaire (Gigou *et al.*, 1997) a permis de ré-introduire les bourrelets parmi les dispositifs proposés.

Techniques des bandes anti-érosives (BAE), enherbées ou boisées

La technique proposée s'est inspirée des conclusions des travaux de recherches effectués au niveau d'un site expérimental avec parcelles d'érosion dans le Sud-Est Bénoué, à Mbissiri. Des pertes en terres importantes étaient enregistrées sur les parcelles travaillées sans précautions et sans dispositifs de lutte anti-érosive. Avec des travaux effectués en courbes de niveau et en présence de cloisonnements à base de bandes d'arrêt (paillées, enherbées ou arbustives) tous les 20 m sur les parcelles, ces pertes en terres étaient minimisées (Boli, 1993). Pour la vulgarisation, des bandes anti-érosives enherbées ou boisées (boisement naturel) ont été retenues et leur introduction s'est faite grâce à un piquetage.

La technique est appliquée sur le terrain à travers une méthode en 5 étapes : prospection du bloc à aménager (diagnostics), relevés altimétriques du terrain (dans la mesure du possible), tracé des courbes de niveau sur plan sommaire, élaboration du plan de piquetage et piquetage des parcelles en courbes de niveau rectifiées sur le terrain. Le matériel utilisé est le suivant : 1) un clinomètre, pour mesurer les pentes en pourcentage ; 2) une équerre optique, pour élever des perpendiculaires ou tracer des angles droits ; 3) un pentadécamètre, pour les mesures de distances jusqu'à 50 m ; 4) une mire muette en bois, pour faciliter les visées à l'aide du clinomètre ; 5) des jalons (généralement 4), facilitant la progression, notamment lors du relevé ; 6) une boussole (pas absolument nécessaire), pour faciliter les repérages des directions, notamment lors du positionnement de la ligne de départ des relevés (ligne de base) ou au moment de l'élaboration du plan de piquetage.

Tableau I. Normes utilisées pour la technique des bourrelets anti-érosifs.

Interventions sur anciennes défriches	<ul style="list-style-type: none">- Pentes moyennes supérieures ou égales à 1,5 % : Parcelles en ¼ d'ha de 25 m x 100 m avec bandes de 2m chaque ¼ et bandes de 4m après 1 ha ; bandes de 2m ou même 1,5m après ¼ systématiquement.- Pentes moyennes inférieures à 1,5 % : Parcelles de 50 m x 100 m avec bandes alternées de 2 m et 4 m
Interventions avant défrichage sur nouvelles défriches	<ul style="list-style-type: none">- Pentes moyennes supérieures ou égales à 1,5 % : parcelles en ¼ d'ha de 25 m x 100 m avec bandes de 3m chaque ¼ et bandes de 10 m (boisement recherché) après 1,5 ha.- Pentes moyennes inférieures à 1,5 % : parcelles de 50 m x 100 m avec bandes alternées de 5 m et 10 m (boisement recherché).

La largeur des bandes et les dimensions des parcelles obéissent à des normes retenues en fonction des contextes, et qui ont évolué dans le temps pour répondre aux difficultés rencontrées par les paysans. Les différentes étapes de la technique sont facilement assimilables par les agents des groupements.

Technique des cordons pierreux

Principalement dans la région de Guider, compte tenu d'un état pédologique (particules grossières souvent à la surface du sol dans les champs) et d'une situation foncière saturée, l'intervention proposée ne permet pas d'envisager un remodelage du parcellaire. Pour les paysans de cette région, les interventions proposées basées principalement sur la confection de cordons pierreux ne peuvent pas être considérées comme innovantes. L'utilisation des pierres pour contrôler les dégâts des eaux dans les champs est une pratique ancestrale, qui semble être oubliée ou dévalorisée.

Il y a également eu dans cette région dans les années 60 une intervention d'un projet (le projet Semnord de Babouri) pour la confection des cordons pierreux, mais souvent en amont des terrains cultivés et sans faire appel aux propriétaires des champs, qui ne se sont donc pas appropriés les interventions. La démarche entreprise par le projet DPGT un an après son démarrage (1995/1996) a consisté à impliquer directement les paysans dans la confection de cordons pierreux dans leurs champs. Les localisations des courbes matérialisées et puis leurs chargements se font avec leur appui en utilisant des appareils simples.

- **Appareils utilisés**

Deux types d'appareils sont utilisés suivant le degré d'hétérogénéité du relief. En relief très peu accidenté (assez homogène) l'appareil utilisé est un niveau artisanal (le niveau à eau) déjà vulgarisé dans d'autres pays (par exemple au Mali ; Gigou *et al.*, 1997). En relief plus hétérogène, le triangle A qui est un appareil de conception encore plus simple est proposé. Il s'agit de trois morceaux de bois montés en triangle isocèle. Un fil à plomb fixé à la pointe du triangle permet de vérifier et de trouver à chaque fois la pente nulle lorsque ce fil passe par le centre du bois servant de barre transversale avec les deux pieds posés au sol.

Que ce soit avec le niveau à eau ou le triangle à pente, le principe utilisé est le même pour matérialiser les courbes de niveau. Deux opérateurs commencent depuis le haut du champ en cheminant progressivement et en utilisant des rassemblements en tas de pierres permettant de matérialiser la première courbe de niveau. Ensuite, pour la matérialisation de la deuxième courbe, le principe technique d'espacement en fonction de la pente et de la hauteur présumée des cordons n'est pas appliqué. Après avoir expliqué au planteur la nécessité de rapprocher les cordons en fonction de l'importance de la pente, le choix d'un espacement entre 25 et 10 m est laissé à sa discrétion. Il s'agit finalement de courbes rectifiées qui sont retenues tout en tenant compte le plus possible des pentes réelles, mais en recherchant un espacement régulier, dans la mesure où ici comme partout dans la zone cotonnière, la culture attelée occupe une place importante.

- **Compléments aux aménagements**

Les aménagements pour les travaux agricoles en courbes de niveau avec introduction des dispositifs anti-érosifs permettent de contrôler les écoulements étalés à l'échelle des champs cultivés. Pour intervenir contre les écoulements concentrés et les dégâts qu'ils causent (ravinement, dépôts de sable...), la construction d'ouvrages en pierres calées (seuils ou « biefs ») au niveau des ravines dans les champs ou en amont des blocs de culture avec des grandes arrivées d'eau, vient en complément. Des mises en défens, principalement d'endroits sensibles à l'érosion, sont également prévues.

La fertilité dans les aménagements

En 1996 et 1999, 131 prélèvements de sol ont été faits sur 2 terroirs avec aménagements récents, en des points repérés avec précision, afin de pouvoir refaire les prélèvements sur les mêmes points. La méthode était la suivante : 1) repérage d'un point fixe, à partir d'arbres, de bornes, etc. ; 2) tracé d'un cercle de 3 m de diamètre centré sur ce point ; 3) prélèvement de 10 échantillons (profondeur 0-20 cm, à la sonde tube, ou à la tarière) au hasard dans le cercle, afin de former un prélèvement moyen ; 4) préparation des échantillons par tamisage à 2 mm ; 5) envoi des échantillons au laboratoire pour analyse.

Les prélèvements sont réalisés dans cinq sites : 3 dans la région de Touboro (Djemadjou, Pandjama 1 et Pandjama 3) ; 2 dans la Bénoué (Sanguéré Ngal grand périmètre ; -Sanguéré Ngal petit périmètre).

L'interprétation des résultats d'analyses de sol est faite par comparaison de moyennes avec écart-type au niveau des principaux éléments déterminant la fertilité d'un sol.

En 1999, un tableau comparatif des résultats de 1996 et 1999 permet de voir élément par élément, les variations entre les deux années.

L'association de la fumure minérale et de la fumure organique

Les tests sont réalisés dans des dispositifs en blocs de Fisher à 2, 3 ou 4 traitements.

Les analyses de variances sont réalisées sur les données en vue d'une comparaison et d'un classement des différents traitements au seuil de 5 % suivant le test de Newmann-Keuls.

Tableau II. Dispositif des tests fumure organique sur céréales de 1995 à 2000.

Cultures	Maïs	Sorgho
Années		
1995	T1 : F.V : 100 kg/ha NPK + 150 kg/ha urée T2 : F.O : 5 t/ha (M.S) + 50 kg/ha NPK + 75 kg urée	T1 : témoin sans fumure T2 : 50 kg/ha urée au buttage T3 : F.O. : 4 t/ha(M.S) + 25 kg/ha urée T4 : F.O : 4 t/ha (M.S)
1996	T1 : 50 kg/ha NPK + 75 kg/ha urée T2 : 100 kg/ha NPK + 150 kg/ha urée T3 : F.O. : 6 t/ha (MS) + 50 kg/ha NPK + 75 kg/ha urée	T1 : Idem qu'en 1995 T2 : Idem qu'en 1995 T3 : F.O : 6 t/ha (M.S) + 25 kg/ha urée T4 : F.O. 6 t/ha (MS)
1999	T1 : 100 kg/ha NPK + 150 kg/ha urée (Nord) + 0,5 kg/ha sulfate Zinc T2 : 50 kg/ha NPK + 75 kg/ha urée (Nord) + 5 t/ha, M.O. + 0,5 kg/ha sulfate de zinc	T1 : 50 kg/ha urée T2 : 25 kg/ha d'urée + 5 t/ha M.O.
2000	Idem qu'en 1999	Idem qu'en 1999

Tableau III. Dispositif des tests fumure organique sur coton de 1997 à 2000.

Cultures	Coton
Années	
1997	T1 : 200 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée ; T2 : 100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée T3 : F.O. 5 t/ha + 100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée ; T4 : F.O. 5 t/ha + 200 kg NPK + 50 kg/ha urée Pas d'urée dans la Province de l'E.N. ; * semis tardif : doses NPK sont divisées par 2 (semis > 20/6)
1998	Idem qu'en 1997
1999	T1 : : 200 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée ; T2 : 100 kg/ha NPK + 50 kg/ha urée + 5 t/ha M.O. Pas d'urée dans l'E.N. ; * semis > 20/6 : dose NPK divisée par 2
2000	Idem qu'en 1999

Résultats

Les aménagements de terrain

Plus de 66 000 ha en zone cotonnière ont été concernés par des aménagements anti-érosifs à l'initiative du Projet jusqu'à 2001 (tableau IV). Avec les aménagements de cette dernière campagne d'activités (2001/2002), plus de 70.000 ha vont finalement être concernés en 8 campagnes.

Tableau IV. Surfaces aménagées par le projet (1994-2001).

	1994/1996	1997	1998	1999	2000	2001
Cumuls (ha)	8662	16192	28009	38904	53286	66189
Par année (ha)	8662	7530	11817	10895	14382	12903
Bandes enherbées (ha)	1602	4526	7793	6497	10324	8132
Bandes Boisées (ha)	6439	2509	3307	3784	3095	3123
Cordons pierreux (ha)	460	495	717	614	872	1239
Bourrelets/Ados (ha)	161	0	0	0	91	409

On peut noter en particulier les points suivants :

- pérennisation des limites des aménagements avec plants forestiers (plus de 21 000 ha), bornes ciment (plus de 6 000 ha) et dans une moindre mesure graminées pérennes (*Vetiver nigrata*) ;
- d'autres graminées pérennes (*Andropogon gayanus* et *Panicum maximum*) ou du pois d'Angole ont aussi été proposés pour renforcer et valoriser les bandes anti-érosives ; les travaux menés avec l'IRAD ont permis de comparer trois techniques d'implantation des graminées : le semis à sec, le semis en humide et le repiquage en juillet ; le semis à sec a donné le meilleur résultat devant le repiquage, mais la technique d'acquisition de semences est très complexe pour le *Panicum maximum* ;
- mise au point et diffusion d'outil de semis en courbes (rayonneur). 580 outils, semis 730 ha en 2001 ;
- 317 contrats d'aménagement signés avec les GP en 2001 avec formation d'équipes techniques villageoises. Le nombre de celles pouvant être autonomes est passé de 30 à 80 entre 1998 et 2001.

La fertilité dans les aménagements

Tableau V. Résumé des tendances des différents éléments.

	Djemajou	Sanguéré Ngal petit périmètre	Pandjama 1	Pandjama 3	Sanguéré grand périmètre
Argile	B	B	A	B	A
Limon	A	A	A	A	A
Argile + limon	A	B	A	A	A
Matière organique	A	A	A	A	B
Carbone	A	A	A	A	B
Azote total	B	B	B	B	A
C/N	A	A	A	A	A
P	B	B	B	B	B
S	A	B	B	B	B
CEC	A	B	A	B	A
PH	A	B	A	A	A

A = en augmentation ; B = en baisse.

On constate une augmentation du taux de carbone après 3 années de cultures, et ce avec une certaine constance. Par contre, l'ensemble des teneurs en éléments minéraux semble baisser. Pourquoi ? L'effet des aménagements sur l'évolution de la fertilité des sols peut se décomposer en 2 points :

- les effets « aménagement » proprement dits, sur la composition physique et chimique du sol ;
- les conséquences de ces effets sur la production agricole.

Les effets « aménagement » proprement dits sur la composition physique et chimique du sol

- L'amélioration de la granulométrie des sols avec notamment une augmentation de la fraction argile + limon est très bénéfique, car cette augmentation a un effet améliorant sur la texture du sol, sa richesse en humus et partant l'amélioration de la capacité d'échange cationique (CEC).

- L'augmentation significative du taux de matière organique et de carbone organique s'accompagne naturellement d'une baisse du taux d'azote total.
- La tendance à l'amélioration (bien que légère) du pH est bénéfique aux sols. On peut donc dire que les aménagements n'acidifient pas les sols.
- Une meilleure infiltration de l'eau — ce paramètre n'a pas été mesuré ici ; mais des études antérieures (Vallée *et al.*, 1996 ; Gigou *et al.*, 1999) sur les mêmes types d'aménagements l'ont montré — entraîne une production plus importante de biomasse et donc une augmentation de la teneur en carbone. Cette augmentation de la biomasse entraîne un déséquilibre dans les bilans minéraux si les fumures n'ont pas été modifiées (cas de P assimilable) ; mais aussi par une augmentation des lixiviations (Ca et N), mais ce n'est pas le seul phénomène en cause car P diminue aussi.
- L'amélioration de la capacité d'échange cationique est liée à l'amélioration de la texture des sols ; ce point est d'autant important qu'on sait que la fertilité augmente avec la CEC.

Les conséquences de ces effets sur la production agricole

Ces conséquences se traduisent par la baisse du taux de certains éléments, provenant d'une exportation par les cultures du fait d'un meilleur développement, qui s'accompagne lorsque l'entretien est bien fait, d'une meilleure production (phosphore, bases échangeables, azote), ou d'une consommation pour la minéralisation de la matière organique (azote). Ces éléments exportés, doivent tout simplement être soit recyclés par les résidus de récolte ou alors apportés par les engrais chimiques et organiques. Les aménagements permettent de lutter contre l'érosion, mais la nécessité d'un rééquilibrage des bilans minéraux s'impose.

L'association de la fumure minérale et de la fumure organique

Les céréales

Tableau VI. Rendement moyen des tests fumure organique sur maïs et sorgho.

	1995 moyenne		1996 moyenne		1998 moyenne		Moyenne sur 3 ans (kg/ha)
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	
Maïs Nord	3453	3590	3140	3699	3627	4267	
	+ 137		+ 559		+ 640		445
Sorgho Extrême Nord	1312	1738	1451	2059	1369	1769	
	+ 426		+ 608		+ 400		478

Le coton

Avec le fumier

Tableau VI. Rendement moyen des tests fumure organique sur coton avec fumier.

	1997		1998		1999		Moyenne sur 3 ou 2 ans (Kg/ha)
	Moyenne		Moyenne		Moyenne		
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	
Coton : Nord Précoce	1541	1728	1981	2227	1917	2211	
	+ 187		+ 246		+ 294		242
Coton : Extrême Nord Précoce	1093	1330	1779	1976	-	-	
	+ 237		+ 197		-		217
Coton : Nord Tardif	-	-	1750	1650	1251	1517	
	-		- 100		+ 266		266
Coton : Extrême Nord Tardif	-	-	625	910	1231	1537	
	-		+ 285		+ 306		300

Avec la poudrette

Tableau VIII. Rendement moyen des tests fumure organique sur coton avec poudrette.

	1997 Moyenne		1998 Moyenne		1999 Moyenne		Moyenne sur 2 ou 3 ans (Kg/ha)
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	
Coton : Nord	1470	1634	1635	1825	1652	1711	
	+ 164		+ 190		+ 59		138
Coton : Extrême Nord	1133	1367	1231	1525	-	-	
	+ 234		+ 294		-		264
Coton : Nord Tardif	-	-	1237	1583	1661	1766	
	-		+ 346		+ 105		226
Coton : Extrême-Nord Tardif	-	-	783	940	1078	1307	
	-		+ 157		+ 229		193

L'apport des analyses de sol

Les résultats d'analyse de sol font ressortir 4 grands types de sol n'ayant pas le même comportement vis-à-vis du type de matière organique apporté au sol :

- les sols argileux avec une bonne somme des bases échangeables (S) et une bonne capacité d'échange cationique (CEC) : Guider, et Maroua Nord ;
- les sols argileux, avec une somme des bases échangeables et une CEC moins importantes : Kaélé et Maroua Sud ;
- les sols faiblement argileux avec une somme des bases échangeables (S) moyen et une CEC faible : Garoua Ouest et Garoua Est ;
- et les sols faiblement argileux avec une somme des bases échangeables et une CEC très faible : Touboro et Tchatibali.

Au regard des résultats des rendements des cultures, on peut dire que la poudrette répond mieux dans les sols du 1^{er} et 2^e type. On note aussi que le fumier est indiqué pour les sols du 3^e et 4^e groupe.

En coton, le fumier a donné des résultats nettement supérieurs à la poudrette dans ces 4 sites. En céréales, qui répondent mieux à la poudrette que le coton, les résultats ont été plus nuancés, mais le fumier reste toujours plus efficace.

Effet cumulé de la fumure organique (effet direct et arrière effet)

Culture de maïs avec fumier

Tableau IX. Effet cumulé de la matière organique sur céréales avec fumier.

	Effet direct (kg/ha)	Arrière effet (kg/ha)	Effet cumulé (kg/ha)
Maïs : Nord	445	470	915
Sorgho : Extrême Nord	478	335	813

Culture de coton avec fumier

Tableau X. Effet cumulé de la matière organique sur coton avec fumier.

	Effet direct (kg/ha)	Arrière effet (kg/ha)	Effet cumulé (kg/ha)
Coton : Nord précoce	242	475	717
Coton : Extrême Nord précoce	217	350	567
Coton : Nord tardif	266	250	516
Coton : Extrême Nord tardif	300	300	600

Culture de coton avec poudrette

Tableau XI. Effet cumulé de la matière organique sur coton avec poudrette.

	Effet direct (kg/ha)	Arrière effet (kg/ha)	Effet cumulé (kg/ha)
Coton : Nord	138	-	138
Coton : Extrême Nord	264	-	264
Coton : Nord tardif	226	-	226
Coton : Extrême Nord tardif	193	-	193

L'effet cumulé mesure le gain obtenu par le paysan grâce à la matière organique sur les deux cultures en rotation. Lorsque l'effet direct est obtenu sur le coton, l'arrière effet sera obtenu sur la céréale (maïs ou sorgho) et inversement lorsque l'effet direct est obtenu sur céréales, l'arrière effet sera obtenu sur coton. Avec la poudrette, l'arrière effet est insignifiant ; et pour ces tests, les différences observées n'ont jamais été significatives quelles que soient la culture et la région.

Conclusion

Il se dégage de ce travail que les aménagements de terrain, accompagnés de l'utilisation de la fumure organique associée à la fumure minérale ont été un succès, dans l'effort conjugué du DPGT et de l'IRAD, pour maintenir ou améliorer le potentiel productif des sols. En effet, plus de 70 000 ha ont été aménagés de 1994 à 2002. La pérennisation des limites des aménagements par les plants forestiers, les graminées et légumineuses a donné une autre dimension à cette action, notamment le transfert de fertilité des profondeurs vers la surface par les arbres.

Le suivi de la fertilité dans les aménagements a montré que ces aménagements sont bénéfiques au moins à deux niveaux : la lutte contre l'érosion et l'amélioration rapide (3 ans) des propriétés chimiques du sol.

L'utilisation de la fumure organique a prouvé d'une façon quantitative l'existence d'effets directs et d'arrière effets. Lorsque cette fumure organique est utilisée dans des parcelles aménagées, rien n'est perdu et le paysan constate des gains de production pendant au moins deux ans. Cependant, la fabrication du fumier n'est pas très répandue et on ne compte qu'un millier d'hectares fumés avec le fumier contre environ 10 000 avec la poudrette. Un important effort reste à faire en ce qui concerne la fabrication et l'utilisation du fumier. Son utilisation est cependant aussi limitée par le manque de moyens de transport (charrettes), malheureusement pas toujours à la portée des paysans.

En ce qui concerne les aménagements de terrain, les importants efforts déployés sur le terrain, n'empêchent pas qu'il y ait des pertes de ces aménagements chaque année. L'évolution de l'approche depuis 1999, par le remembrement, semble avoir un effet sur les pertes, qui sont en baisse.

Il est également souhaitable à l'avenir que la sensibilisation pour la prise de conscience des producteurs soit intensive en impliquant davantage les autorités. Ces dernières doivent être sensibilisées à leur tour intensivement au préalable, et les démarches dans ce sens doivent être accentuées. L'action technique proposée s'inscrit dans une logique à long terme, alors que dans le contexte actuel les producteurs sont souvent guidés par des objectifs immédiats. Cela rend d'autant plus nécessaire l'implication de tout le monde pour une plus grande réussite.

Bibliographie

BOLI B. Z., BEP A ZIEM, ROOSE E., (1993). Effets des techniques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production de coton et maïs sur un sol ferrugineux tropical sableux. Cahier ORSTOM, Série Pédagogique, XXVIII, (2) : 309-325.

DOUZET J.M., 1998. Tests fumure organique sur coton ; rapport d'activité convention IRAD-DPGT.

- DUGUE P., 1996. Tests fumure organique sur céréales ; rapport d'activité convention IRAD-DPGT.
- DUGUE P., OLINA J.P., 1997. Tests fumure organique sur céréales ; rapport d'activité convention IRAD-DPGT.
- GIGOU J., TRAORE K.B., COULIBALY H., VAKSMANN M., KOURESSY. M., 1997. Aménagement des champs pour la culture en courbes de niveau au sud du Mali. Agriculture et Développement, 14 : 47-57.
- IYEBI MANDJEK O., 1997. Terroir de Sanguéré Ngal. Immigration spontanée et préservation du potentiel pédologique. ORSTOM-DPGT/SODECOTON/MINAGRI.
- M'BIANDOUN M., 2001. Arrière effet de la fumure organique sur coton et céréales. Rapport d'analyse des résultats convention IRAD-DPGT.
- M'BIANDOUN M., DOUZET J.M., 2000. Evolution de la fertilité des sols sous culture dans les aménagements en courbe de niveau, réalisés en 1996. Rapport d'analyse des résultats convention IRAD-DPGT.
- M'BIANDOUN M., ZEBAZE I., 1999. Tests fumure organique sur coton. Rapport d'analyse des résultats convention IRAD-DPGT.
- M'BIANDOUN M., ZEBAZE I., 2000. Tests fumure organique sur coton et céréales. Rapport d'analyse des résultats convention IRAD-DPGT.
- ROOSE E., 1994. Introduction à la gestion conservatrice de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bull. pédol. FAO, 70, 40 p.
- ROOSE E., BOUTRAIS J., BOLI Z., 1998. Rapport d'évaluation du volet fertilité des sols du Projet DPGT ORSTOM/IRAD.
- THEZE M., ABOU ABBA A., 1995-2001. Rapports semestriels d'activités du projet DPGT-SODECOTON-MINAGRI.