

INCIDENCE DES PRATIQUES CULTURALES ET DE LA TENEUR EN PHOSPHORE DU SOL SUR LA PRODUCTIVITE DES CULTURES EN ZONE DE SAVANE AU TCHAD

M. NAITORMBAIDE¹, F. LOMPO², H. B. NACRO³, Z. GNANKAMBARY², N. OUANDAOGO²,
et M. P. SEDOGO²

¹Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), BP 5400 Njamena/TCHAD.
E-mail : naitormbaide_michel@yahoo.fr

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/Centre de Recherches Environnementales Agricoles
et de Formation de Kanboinsé 01 B.P. 476 Ouagadougou/ Burkina Faso.

³Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01/Burkina Faso.

RESUME

Un diagnostic agronomique a été réalisé dans les exploitations propriétaires et non propriétaires de traction animale sur 3 sites (Ndaba, Nguetté1 et Tala1). Les teneurs des sols en C, N et P total et assimilable ont été déterminées, de même que, les rendements des principales cultures vivrières que sont le mil, le sorgho et l'arachide, sous une prédominance de la culture d'arachide ont également été déterminés. A Tala1, la traction animale est communément utilisée sur des sols dégradés et les planteurs apportent environ 2 200 kg ha⁻¹ de fumier au sol. L'utilisation de la traction animale a coïncidé avec des teneurs du sol en P (total et assimilable) plus élevées. La teneur en P assimilable a été positivement et significativement corrélée avec le rendement de l'arachide. La fertilisation phosphatée et l'utilisation de fumier organique ont été jugées nécessaires à l'amélioration des rendements des cultures. Des subventions de l'Etat ou l'accès facilité au crédit pourrait aider à vulgariser l'utilisation de la traction animale en vue de créer de meilleures conditions de gestion des terres et d'augmentation des rendements.

Mots clés : Rendement, phosphore, diagnostic agronomique, traction animale Tchad.

ABSTRACT

INCIDENCE OF CULTURAL PRACTICES AND SOIL PHOSPHORUS CONTENT ON CROP PRODUCTIVITY IN CHADIAN SAVANNAS

An agronomic diagnosis was made in farmer exploitations using or not animal drive at 3 sites (Ndaba, Nguetté1 and Tala1). The contents of C, N and total and available P were determined, as well as yields, of major n main crop subsistence that are millet, sorghum and groundnut under an ascendancy of the culture of groundnut were also determined. The farmers of Tala1, where land was fond to be much degraded, holders of the animal drives apply to the land, 2 200 kg ha⁻¹ of fertilizer. The use of animal drive coincided with high P (total and available) contents. The content of available P was positively and significantly correlated to groundnut yield. Phosphate and manure fertilizations were found to be necessary in yield increase. This parameter determines the return on the groundnut. State subventions or easy access to funding can help to disseminate animal drive techniques in order to foster better land management techniques for yield improvement.

Keywords : Food crops Yield, phosphorus, agronomic diagnosis, animal drive, Chad.

INTRODUCTION

Le Tchad possède une superficie de 1 284 000 km², et est situé entre 7 ° - 24° N, entre 13° - 24° E. La partie savanicole (8° - 11° N) est caractérisée par une diversité agro-écologique, pastorale et socio-économique, due à un fort gradient pluviométrique (600 - 1 200 mm), un relief contrasté et une importante variation de la densité de population (5 à 120 habitants/km²). Dans cette zone, entre 2004 et 2006, seulement 27 % des exploitants sont équipés en matériel agricole à traction animale (Djondang et Havard, 2010 ; Mbétid-Béssane *et al.*, 2006), alors qu'ils sont 91 % à faire recours à la traction animale (Mbétid-Béssane *et al.*, 2006). Les systèmes de culture sont basés sur les céréales et le coton. Ils se caractérisent par : la pratique des cultures continues et des jachères de moins de 4 ans ; les résidus de récolte sont brûlés ou exportés hors des parcelles cultivées ; l'absence ou la faible utilisation des engrais minéraux et des amendements organiques tels que le compost et le fumier (Naitormbaide *et al.*, 2010). Ces pratiques conduisent à une baisse de la fertilité des sols et des rendements agricoles (Pieri, 1989 ; Mando *et al.*, 2005). Dans les savanes tchadiennes, les teneurs des sols en matière organique sont inférieures à 10 g kg⁻¹ (Naitormbaide *et al.*, 2010). Ces auteurs ont aussi montré que les teneurs de ces sols en P total et K total ne sont en moyennes que de, 140 et 310 mg kg⁻¹ respectivement.

Entre 1995 et 2010, les rendements moyens du sorgho (*Sorghum bicolor*), du mil (*Pennisetum glaucum*), du maïs (*Zea mays*), de l'arachide (*Arachis hypogaea*) et du riz (*Oryza glaberrima*) ne sont que de 710 ; 618 ; 777 ; 970 et 1180 kg ha⁻¹ (DSA : Division de la Statistique Agricole, 2011) respectivement. Les rendements potentiels du sorgho, du mil, du maïs et du riz dans la zone étant respectivement de 2 000 ; 1 750 ; 2 000 ; 2 250 et 3 500 kg ha⁻¹. Les faibles productivités des cultures ne permettent pas de satisfaire les besoins alimentaires d'une population croissante (taux de croissance : 2,93 % an⁻¹).

Les pratiques agricoles des producteurs des savanes tchadiennes étant diversifiées en fonction des conditions ago-écologiques et socio-économiques, il nous paraît indispensable de les caractériser qualitativement et quantitativement pour les principales cultures vivrières. Vu la variabilité de la réponse aux pratiques

culturelles au niveau des espèces cultivées (Flash *et al.*, 1987), une analyse s'impose pour ces dernières en vue d'une amélioration de leur productivité. Pour ce faire, un diagnostic agronomique a été réalisé en 2008 dans 3 villages : Ndaba, Tala1 et Nguetté1. L'étude vise à rechercher quelques facteurs qui déterminent le rendement des principales cultures, à partir de l'hypothèse selon laquelle, la productivité des cultures dans les savanes tchadiennes dépend de certains paramètres chimiques des sols, induits par les pratiques agricoles des producteurs.

MATERIEL ET METHODES

DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE

L'étude a été réalisée à Ndaba, Nguetté1 et Tala1, situés dans la zone tropicale du Tchad, caractérisée par une saison sèche (novembre - mars) et une saison de pluie (avril - octobre). La végétation naturelle est de type arboré dominée par *Vitellaria paradoxa*, *Daniella oliveri* et *Parkia biglobosa*. *Pennisetum pedicellatum* et *Eragrostis tremula* caractérisent la strate herbacée.

Les enquêtes ont été conduites en 2008 à Ndaba (16°45'39" - 16°52'27" E et 8°26'51" - 8°31'41" N), à Nguetté1 (15°11'32" - 15°15'43" E et 9°17'41" - 9°24'23" N) et à Tala1 (16°15'29" - 16°17'23" E et 8°51'29" - 8°53'42" N). Ces 3 villages ont des densités de population différentes (Figure 1).

Ndaba, village à faible pression anthropique (12 habitants/km²) s'étend sur une superficie de 87 km². Les sols sont de deux types : les vertisols (dans les bas-fonds) et les luvisols (dans les zones exondées). La pluviométrie moyenne ces 10 dernières années est de 1 056 mm (DREM : Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie, 2011).

Nguetté1, village à moyenne pression anthropique (21 habitants/km²), couvre une superficie de 124 km². La pluviométrie moyenne ces 10 dernières années est de 837 mm (DREM, 2011). Les sols sont classés en 3 ordres : plinthosols, fluvisols et ferralsols.

Tala1 est situé dans la zone à forte pression anthropique (88 ind m⁻²) avec une superficie de 8 km². Les sols sont des arénosols. La pluviométrie moyenne ces 10 dernières années est de 970 mm (DREM, 2011).



Figure 1 : Localisation des sites d'étude.

Localization of the sites of study.

COLLECTE DES DONNEES

Les pratiques agricoles ont été étudiées à partir d'un échantillonnage systématique dans 120 exploitations, dont 40 par site. Les données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire comprenant essentiellement des questions fermées sur les actifs agricoles, les animaux et les matériels agricoles, les superficies et les productions des cultures.

Un suivi agronomique a été réalisé à l'aide de placettes pour l'estimation des rendements. Pour ce faire, 6 producteurs volontaires, dont 3 propriétaires de traction animale et 3 non propriétaires de traction animale, ont été choisis par site et par culture, soit 36 producteurs sur l'ensemble des 3 sites. Deux cultures dominantes ont été suivies sur chaque site. Ainsi, le sorgho et l'arachide ont été suivis à Ngouetté1 et à Ndaba. L'arachide et le mil ont été suivis à Tala1. La superficie de chaque placette a été de 24 m² pour le mil et le sorgho et de 25 m² pour l'arachide.

ANALYSES CHIMIQUES DES SOLS

Les analyses chimiques ont été réalisées sur des échantillons de sols prélevés à la profondeur de 0 - 20 cm à la récolte, en novembre 2008. Un échantillon moyen de terre a été constitué à partir de 3 prélèvements dans chaque placette.

Pour déterminer les teneurs en N et en P total, les échantillons de sols ont été d'abord minéralisés à l'aide d'un mélange H₂SO₄-Se-H₂O₂ à 450 °C pendant 4 h (Bremner 1965). Puis, les teneurs respectives ont été déterminées à l'aide d'un colorimètre auto-matique (Skalar SANplus Segmented flow analyzer, Model 4000-02, Breda, Holland). La méthode de Bray-1 (Bray et Kurtz, 1945) a été utilisée pour la détermination du phosphore (P) assimilable. La teneur du sol en carbone a été déterminée par la méthode de Walkley et Black (Walkley and Black, 1934). Le pH_{eau} a été déterminé par la méthode électrométrique dans un rapport sol:eau de 1:2,5.

ANALYSE DES DONNEES

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance, à l'aide des logiciels SPSS 10.1 et XLStat 2007. Le test de Newman Keuls a été utilisé pour la comparaison multiple des moyennes ($p \leq 0,05$). Le test de corrélation de Pearson ($p \leq 0,05$) a été utilisé pour établir les relations entre les rendements des cultures et les teneurs en P des sols.

RESULTATS

DIVERSITES DES MOYENS DE PRODUCTION

Dans chaque site, deux types d'exploitations ont été identifiés : les exploitations propriétaires de traction animale et les exploitations non propriétaires de traction animale. Le premier type a été identifié sur l'ensemble des 3 sites chez 37 % des producteurs. A Ndaba (12 habitants/km²) et à Nguetté1 (21 habitants/km²), 26 % des producteurs a été identifié comme propriétaire de traction animale, tandis qu'à Tala1 (88 habitants/km²), la traction animale a été notée chez 52 % des producteurs.

Les exploitations de Tala1 et de Nguetté1 ont été mieux équipées (4 bœufs, 2 charrues et une charrette) que celles de Ndaba (3 bœufs et une charrue).

La disponibilité des terres a été fonction de la densité de la population. Ainsi, s'il existe des parcelles de jachères à Nguetté1 (45 % des terres cultivables) et à Ndaba (17 % des terres cultivables). Ce n'est pas le cas à Tala1 où toutes les terres cultivables ont été mises en valeur. A Ndaba, la surface agricole par actif (3,8 ha) équivaut plus d'une fois et demie celle d'un actif de Nguetté1 (2,5 ha), et 4 fois celle d'un actif de Tala1 (1 ha).

Les exploitants propriétaires de traction animale représentent 63 % de l'échantillon et se répartissent entre Tala1, Ndaba et Nguetté1, à raison de 25 ; 38 et 35 % respectivement.

La superficie des terres agricoles d'une exploitation du village à faible densité (Ndaba) représente le double (9,1 ha) de celle (4,6 ha) d'une exploitation du village à moyenne densité (Nguetté1), et 4 fois celle (2,2 ha) d'une exploitation du village à forte densité (Tala1). Sur les exploitations de Ndaba, Nguetté1 et Tala1,

on a noté respectivement 21 ; 47 et 100 % des terres cultivables mises en culture. Un actif agricole de Ndaba possède plus du double de superficie de terres agricoles (3 ha) d'un actif de Nguetté1 (1,2 ha), et 4 fois celle d'un actif de Tala1 (0,7 ha).

PRATIQUES AGRICOLES

Les principales espèces cultivées ont varié en fonction de la pression anthropique, d'un village à un autre. A Ndaba (12 habitants/km²) et à Nguetté1 (21 habitants/km²), les principales espèces cultivées par les exploitants échantillonnés sont le sorgho et l'arachide. A Tala1 (88 habitants/km²), ce sont l'arachide et le mil qui ont été les principales cultures.

Pour la traction animale, l'arachide et le sorgho ont été les principales cultures à Ndaba sur des superficies qui ont représenté respectivement 50 et 24 % des terres cultivées. A Nguetté1, ce sont le sorgho (33 %) et l'arachide (29 %). Sur les exploitations échantillonnées de ces sites, l'arachide et le sorgho n'ont reçu aucun apport organique. Toutes fois, certains exploitants de Nguetté1 ont appliqué à la culture du sorgho une dose moyenne de 50 kg ha⁻¹ d'engrais minéral (19-12-19-5S-1,2B).

A Tala1, l'arachide et le mil ont occupé des proportions respectives de 49 et 41 % de la superficie totale des terres cultivées pour les exploitations échantillonnées. Les poudrettes de boeufs a été la seule forme de fumure organique appliquée dans ce village sur ces 2 cultures. La dose moyenne appliquée sur chaque culture n'a été que de 2 200 kg ha⁻¹.

Les exploitations non propriétaires de traction animale ont été aussi caractérisées par la culture de l'arachide et de sorgho à Ndaba et à Nguetté1. Le sorgho et l'arachide ont occupé respectivement 58 et 22 % des terres cultivées à Ndaba, et, 40 et 38 % des terres à Nguetté1. Contrastant avec ces sites, ce sont l'arachide et le mil qui ont été les principales cultures à Tala1 sur les exploitations non propriétaires de traction animale. Elles ont occupé respectivement 45 et 35 % des terres cultivées.

Aucune forme de fumure (organique et minérale) n'a été appliquée aux cultures sur les exploitations non propriétaires de traction animale.

Effet de la traction animale et de la fumure organique sur les rendements

Les rendements de l'arachide (Tableau 1) ont été plus importants sur les exploitations à traction animale (1724 à 2436 kg ha⁻¹) que sur celles de non traction animale (1 200 à 1 350 kg ha⁻¹). Les rendements de sorgho des deux types d'exploitations de Nguetté1 ont été supérieurs à ceux obtenus à Ndaba.

Les propriétaires de traction animale, producteurs de mil de Tala1, qui ont utilisé la fumure organique ont obtenu 990 kg ha⁻¹, tandis que les non propriétaires qui n'ont fait aucun apport, n'ont obtenu que 630 kg ha⁻¹ de grains. Toutefois, l'analyse de variance par le test de Newman Keuls ($\leq 0,05$) n'a révélé aucune différence significative entre ces rendements.

Quelques caractéristiques chimiques des sols cultivés en arachide

L'analyse de variance (Newman Keuls, $\leq 0,05$) appliquée aux teneurs en matière organique (MO), au pH eau, à l'azote total, en P total et en P assimilable des sols cultivés en sorgho et mil n'a pas révélé de différence significative (Tableau 2). Lorsqu'elle a été appliquée à ces mêmes paramètres des sols cultivés en arachide, elle a révélé des différences significatives pour les teneurs en MO, en P total et P assimilable.

L'analyse de variance par le test de Newman Keuls ($\leq 0,05$) n'a révélé de différence significative, entre les paramètres chimiques, que sur les sols cultivés en arachide.

La teneur en matière organique des sols (MOS) cultivés en arachide a été la plus importante (17 g kg⁻¹) sur les exploitations avec la traction animale à Ndaba ; elle a été 3 fois plus élevée

que celles obtenues sur les autres exploitations (Tableau 2).

Les teneurs en N total des sols cultivés dans les exploitations échantillonnées n'ont varié que de 0,3 à 0,4 g kg⁻¹. Ces sols sont pauvres en cet élément, car le seuil minimum a été de 0,6 g kg⁻¹. Les teneurs en P total des sols ont varié de 113 (Tala1) à 140 mg kg⁻¹ (Ndaba) sur les exploitations avec traction animale. Sur les exploitations sans traction animale, les teneurs en cet élément ont varié de 86 (Tala1) à 106 mg kg⁻¹ (Ndaba).

Relation entre les teneurs en phosphore des sols et les rendements de l'arachide

L'analyse de variance (Newman Keuls, $p \leq 0,05$) appliquée aux teneurs en matière organique (MO), en N total, P total et assimilable des sols cultivés en sorgho, mil et arachide n'a révélé des différences significatives que pour les teneurs en MO, en P total et assimilable seulement que sur les sols cultivés en arachide (Tableau 2). Des tests de corrélation ont été appliqués aux teneurs du P total et du P assimilable et au rendement de l'arachide pour vérifier les liens qui pourraient exister entre ces variables. Les coefficients de détermination ont été positifs et significatifs (R^2). Sur les exploitations propriétaires de traction animale à Ndaba, à Nguetté1 et à Tala1, ils ont été respectivement de 1 ; 0,90 et 0,51 (Figure 2 : a ; b ; c). Sur les exploitations non propriétaires de traction animale, les coefficients de détermination ont été aussi positifs et significatifs ($p \leq 0,05$), quoique plus faibles (Figure 2 : a' ; b' ; et c'). Quel que soit le type d'exploitation, le rendement de l'arachide a été fonction de l'importance de la teneur du sol en P.

Tableau 1 : Rendements des cultures suivies pour les exploitants propriétaires et non propriétaires de traction animale dans les 3 sites d'étude.

Crop yields obtained by the farmers owners and not owners of animal drive at the 3 sites of study.

Site	Type exploitation	Rendement grains (Kg ha ⁻¹)		
		Arachide	Sorgho	Mil
Ndaba	Ept	1724 ab	867 b	ns
	Ent	1200 b	533 b	ns
Nguettél	Ept	2133 ab	1578 a	ns
	Ent	1211 b	1121 ab	ns
Tala1	Ept	2436 a	ns	990a
	Ent	1351 b	ns	630a

Ept : exploitants propriétaires de traction animale ; Ent : exploitants non propriétaires de traction animale ; ns : culture non suivie dans le site ; les valeurs sur la même colonne avec des lettres différentes sont significativement différentes par le test de Newman-Keuls ($p \leq 0,05$).

Ept : farmers owners of the animal drive ; Ent: farmers not owners of the animal drive ; ns : culture not followed in the site; the values on the same column with different letters are significantly different by the test of Newman-Keuls ($p \leq 0,05$).

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques des sols cultivés en mil, sorgho et arachide par les exploitants propriétaires et non propriétaire de traction animale.
Chemical characteristics of cultivated soils in millet, sorghum and groundnut by the farmers owner and no owner of animal drive.

Site	Type Expl.	Matière organique (g kg ⁻¹)				pHeau				Azote total (g kg ⁻¹)				P total (mg kg ⁻¹)				P assimilable (mg kg ⁻¹)			
		M	S	A	M	M	S	A	M	M	S	A	M	M	S	A	M	M	S	A	M
Ndaba	Ept	ns	8,1a	17 a	ns	6,5a	6,3a	0,5a	ns	0,4a	0,4a	0,5a	ns	95a	140 a	ns	ns	3,4a	3,4a	6,7 a	3,4a
	Ent	ns	7,1a	7 b	ns	6,2a	5,9a	0,4a	ns	0,4a	0,4a	106 ab	ns	111a	106 ab	ns	ns	3a	3a	1,3 b	3a
Nguettél	Ept	ns	8,2a	8 b	ns	6,1a	6,2a	0,5a	ns	0,5a	0,5a	114 ab	ns	97a	114 ab	ns	ns	3a	3a	3,2 ab	3a
	Ent	ns	6,8a	6 b	ns	6,2a	6,2a	0,4a	ns	0,4a	0,4a	92 b	ns	90a	92 b	ns	ns	0,5a	0,5a	2,7 ab	0,5a
Tala	Ept	0,5a	ns	6 b	6,0a	ns	5,7a	0,3a	0,4	ns	0,3a	113 ab	92a	ns	113 ab	1,3a	1,3a	ns	ns	3,4 ab	ns
	Ent	0,5a	ns	6 b	5,7a	ns	5,8a	0,4a	0,3	ns	0,4a	86 b	86a	ns	86 b	1,3a	1,3a	ns	ns	1,3 b	ns

Ept : exploitants propriétaires de traction animale ; Ent : exploitants non propriétaires de traction animale ; Expl. : exploitations ; M : mil ; S : sorgho ; A : arachide ; ns : culture non suivie dans le site ; Dans une même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (p < 0,05) par le test de Newman Keuls
 Ept : farmers owners of the animal drive ; Ent : farmers not owners of the animal drive ; Expl. : farmers ; M : thousand ; sorghum ; in : groundnut ; ns : culture not followed in the site ; in the same column, the values followed by the same letter are not significantly different (p < 0.05) by the test of Newman Keuls.

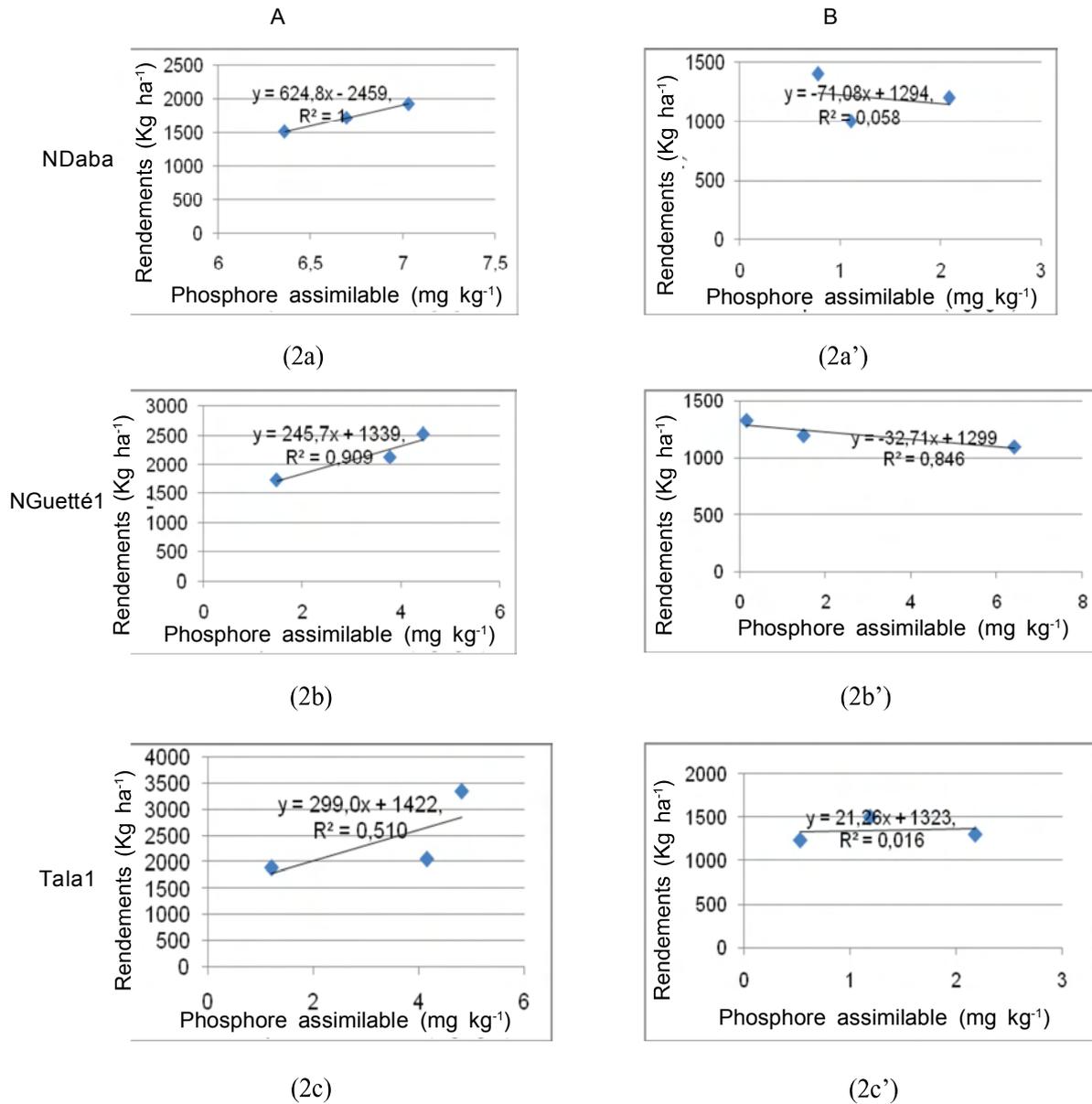


Figure 2 : Relation entre les teneurs en P assimilable des sols cultivés en arachide et les rendements (kg ha⁻¹) de cette culture obtenus par types d'exploitations à Ndaba, Nguetté et Tala1.

Relationship between the contents in available phosphorus of cultivated soils in groundnut and yields on this culture obtained by types of farmers at Ndaba, Nguetté 1 and Tala1.

A : Exploitants propriétaires de traction animale / farmers owners of the animal drive ;

B : Exploitants non propriétaires de traction animale / farmers not owners of the animal drive

DISCUSSION

La réussite des interventions en milieu rural nécessite la prise en compte de la diversité des situations agricoles (Jouve, 1992). Les exploitants ont adopté des pratiques agricoles diversifiées.

En 2008, seulement 37 % des exploitations échantillonnées ont été équipées de bœufs de traction, de charrues et de charrettes. Dans la même zone, plusieurs auteurs (Mbétid-Béssane *et al.*, 2006 ; Djondang et Havard, 2010) ont aussi observé qu'entre 2004 et 2006, seulement 27 % des exploitants ont été propriétaires de traction animale. Cette augmentation de la proportion des propriétaires d'équipements agricoles entre 2006 et 2008 (+10 %) serait liée à la reprise des subventions des équipements agricoles par l'Etat, en 2005.

La proportion des exploitations équipées a varié en fonction de la pression anthropique observée dans le milieu. Tala1, a compté 48 % des exploitations propriétaires de traction animale. Ndaba et Nguetté1 a compté chacun un peu plus du quart des exploitations propriétaires de traction animale. Le taux d'occupation des terres cultivables (100 %) à Tala1 a été lié au nombre important de bœufs-traction, de charrues et de charrettes des exploitants, mais aussi à la forte pression anthropique. Les équipements sont indispensables pour les exploitants, car, ils facilitent le transport du fumier, ainsi que celui des produits agricoles vers les centres urbains, de même que la mise en place à temps des cultures. Cependant, la mise en culture continue des terres peut favoriser l'érosion des sols et la dégradation des terres, et de faibles rendements tels qu'observés par Kruit (1994) au Sud-Ouest du Niger. Les exploitants propriétaires de traction animale emblavaient près de la moitié (45 %) des terres cultivables à Nguetté1. Ceux qui n'ont pas la traction animale n'emblavaient que 21 % des terres cultivables. La possession de la traction animale a contribué donc à une plus grande expansion des espaces agricoles corroborant le constat de Sumberg et Gilbert (1992). Cependant, l'adoption de bonnes pratiques tels que l'application aux cultures de fumures organo-minérales, la pratique des jachères améliorées, les rotations des cultures intégrant les légumineuses peut assurer durablement les productions agricoles.

La charrue et la charrette sont des facteurs de différenciation des exploitants puisque ces outils leur permettent d'améliorer leurs revenus, par le labour et le transport, de réduire les aléas climatiques et alimentaires, en implantant précocement les cultures (Powell *et al.*, 2004). Par la prestation de service, un exploitant qui possède la traction animale à Nguetté1, peut gagner en moyenne 55 000 F CFA an⁻¹, pour une superficie labourée de 6 ha.

A Tala1 (88 habitants/km²), toutes les terres sont emblavées chaque année par les exploitants selon une pratique de culture continue. Ce résultat corrobore la thèse de Boserup (1970), selon laquelle, sous un climat tropical et avec des sols sableux, la pratique de la jachère ne peut s'observer que dans le cas où le taux d'occupation des sols est inférieur à 20 %. Au delà de 80 %, la culture continue devient la règle. En conséquence, les fertilités des sols baissent. Pieri (1989) a montré que dans les savanes d'Afrique, sur un sol sableux, la culture permanente épuise le stock organique de 4 % an⁻¹. Siband (1974) a aussi observé que 30 % du stock organique initial disparaît en 12 ans, et près de 66 % au bout de 46 ans, dans l'horizon 0 - 10 cm, soit l'équivalent de 28 t ha⁻¹ de matière organique.

Sur les exploitations possédant la traction animale, le taux d'occupation des terres cultivables a été de 45 % à Nguetté1 et de 17 % à Ndaba. A Nguetté1, les terres cultivables sont beaucoup exploitées. Ce qui peut constituer un risque de dégradation des sols. Sous de bonnes conditions climatiques, la mise en culture de superficies importantes des terres cultivables peut contribuer à assurer la sécurité alimentaire, et à améliorer les revenus des exploitants, par la vente d'une partie des récoltes. Cependant, les pratiques culturelles peu adaptées, comme les brûlis, l'exportation des résidus, l'absence ou l'insuffisance des apports organiques et minéraux, peuvent entraîner la dégradation biophysique et chimique des sols cultivés. Sedogo (1993) et Naitormbaide *et al.* (2010) ont déjà montré les effets pervers des mauvaises pratiques agricoles sur les sols cultivés. Dans la zone de savane soudanienne de la Côte d'Ivoire, Koné *et al.* (2009) ont montré l'effet dépressif des feu de brousse sur la fertilité des sols, avec un appauvrissement en MO et P.

L'arachide occupe entre 18 et 48 % des superficies cultivées. Les céréales sont souvent cultivées après cette légumineuse et profitent de la fixation de N atmosphérique. Cette pratique agricole contribue, dans une certaine mesure, à l'amélioration de la fertilité chimique des sols. De plus, compte tenu des retards de paiement des cotonculteurs, et surtout de la forte détérioration des conditions de transport du coton grain à l'intérieur du pays, l'arachide est en passe de devenir une culture de rente comme le coton. Djondang et Havard (2010) ont montré que les légumineuses, avec l'arachide comme espèce principale, occupent 38 % des surfaces cultivées dans les savanes tchadiennes. Bien que l'arachide enrichisse le sol par la fixation de 8 à 23 kg ha⁻¹ d'azote atmosphérique (Bado, 2002), la pratique qui consiste à privilégier sa culture peut être, à terme, un facteur de dégradation du sol, car les exportations minérales n'y sont que faiblement compensées. Tandis que les jachères ne sont plus assez longues pour permettre la restauration de la fertilité du sol. Pour maintenir la fertilité des sols, la pratique des jachères améliorées, la transformation des résidus des cultures en fumier et/ou compost et leur restitution aux sols sont indispensables.

Les exploitations regorgent de fortes potentialités (bovins, ovins, caprins, résidus des cultures) pouvant contribuer à l'amélioration de la fertilité des sols, mais, elles sont mal valorisées. Le fumier est très peu produit, car les animaux sont très mobiles pendant toute la saison sèche. Cette mobilité favorise le transfert de la fertilité des zones de pâturages vers les aires cultivées (Dugue, 1998) à travers leurs déjections. Cependant, cela peut constituer un facteur de dégradation biophysique des sols lorsque la charge animale est supérieure à 1 UBT ha⁻¹.

Les exploitants de Tala1, propriétaires de traction animale ont appliqué sur l'arachide ou sur le mil, une dose moyenne de 2 200 kg ha⁻¹ de fumier. Cette dose est relativement faible, car la même parcelle ne la reçoit que tous les 4 - 5 ans. Or, selon Berger (2006), pour assurer une productivité durable des terres, la dose minimale de fumier à appliquer aux cultures tous les 2 à 3 ans, est de 5 t ha⁻¹.

Compte tenu de la faible organisation de la filière des engrais par l'Etat et les organismes de développement, les exploitants accèdent

difficilement aux engrais spécifiques, et n'utilisent que l'engrais composé (19-12-19-5S-1,2B) et l'urée (46 % d'azote), destinés à la culture de coton. Les apports minéraux pour le sorgho, faits par les exploitants de Nguetté1, propriétaires de traction animale, ne sont pas associés au fumier. Cette pratique présente des risques environnementaux et économiques. Hien (1990) a observé, sur les essais de longue durée que les engrais azotés accentuent les pertes en Ca et en Mg du sol. En effet, l'apport combiné de la fumure minérale et organique permet de mieux valoriser la fumure minérale et de rendre plus durable la productivité des sols (Sedogo, 1993).

Les rendements des cultures ont varié en fonction des types d'exploitations et des sites d'étude. Les rendements de l'arachide obtenus sur les exploitations avec la traction animale ont été +40 % plus importants que ceux des autres. La traction animale a permis aux exploitants de semer à temps l'arachide. En effet, le semis précoce a contribué à l'amélioration du rendement de l'arachide, et donc, les revenus des exploitants. Shumba (1984) a aussi observé que l'utilisation de traction animale peut améliorer la date de semis, et donc augmenter les rendements dans les zones où les périodes culturales sont courtes, avec des pluies aléatoires. Le rendement de l'arachide le plus élevé (2436 kg ha⁻¹) est obtenu par les exploitations propriétaires de traction animale à Tala1. Cette performance est aussi liée à l'application de la fumure organique à cette culture.

Le meilleur rendement de sorgho a été obtenu par les exploitations propriétaires de traction animale à Nguetté1. Cette performance serait liée à l'application de 50 kg ha⁻¹ de N.P.K.S.B ainsi que la mise en place précoce de la culture.

L'écart de rendement de l'arachide obtenu par les exploitations propriétaires et non propriétaires de traction animale est de +330 kg ha⁻¹. Cette différence a été liée à l'application du fumier à la culture sur les exploitations propriétaires de traction animale. Cependant, le test de Newman Keuls ($p \leq 0,05$), n'a pas révélé de différence significative entre les rendements de mil obtenus sur les deux types d'exploitations.

En 2008, les rendements du sorgho, de l'arachide et du mil de la région, ont été respectivement de 655 ; 1089 et 711 kg ha⁻¹ (DSA, 2011). Ces rendements ont été relativement faibles par rapport à ceux obtenus sur

les exploitations échantillonnées. Deux raisons expliquent cela : le dispositif de suivi mis en place a permis d'évaluer réellement les rendements obtenus ; les cultures étant bien suivies, les producteurs échantillonnés ont respecté les itinéraires techniques, contribuant à l'amélioration de la productivité des cultures.

Les teneurs moyennes de N total des sols des sites d'étude ont varié entre 0,3 à 0,5 g kg⁻¹, alors que celles des sols cultivés en arachide sur les exploitations échantillonnées ont varié entre 0,4 et 0,5 g kg⁻¹. Les sols des savanes tchadiennes sont pauvres en N.

Les teneurs moyennes en matière organique des sols (MOS) de Ndaba, Nguetté1 et Tala1 ont été respectivement de 13,6 ; 8,1 et 5,3 g kg⁻¹. Celles des sols cultivés en arachide sur les exploitations propriétaires de traction animale à Ndaba ont été de 17 g kg⁻¹. Cela s'explique par le fait que les exploitants allouent des superficies importantes en jachère (83 % des terres cultivables). De plus, ce site est localisé dans la zone pétrolière. Certains actifs sont devenus des ouvriers des sociétés pétrolières, ce qui a contribué à diminuer la pression foncière.

La faible teneur en matière organique des sols (3,3 g kg⁻¹) de Tala1 s'explique par la faible production de biomasse qui peut remonter la MOS si elle est restituée au sol sous forme de fumier et/ou compost. A Tala1, les exploitants qui possèdent la traction animale cultivent surtout l'arachide avec application de fumure organique. Cependant, les teneurs en MOS (6 g kg⁻¹) ont été identiques à celles des sols des exploitations non propriétaires de traction animale.

Les teneurs moyennes en P total des sols de Ndaba, Nguetté1 et Tala1 ont été respectivement de 133 ; 104 et 93 mg kg⁻¹. Sur les exploitations échantillonnées à Ndaba, qu'il s'agisse des exploitations propriétaires ou non propriétaires de traction animale, les teneurs en P total des sols ont été plus fortes (140 et 106 mg kg⁻¹). Celles-ci s'expliquent surtout par le fait que les exploitants de ce site ont la possibilité de mettre en jachère leurs terres cultivables.

Les tests de corrélation ($p \leq 0,05$) entre les rendements de l'arachide et les teneurs des sols en P assimilable sur les exploitations propriétaires et non propriétaires de traction animale ont été positifs et significatifs. Ce résultat montre que le P assimilable apporté par le fumier a influencé le rendement de l'arachide.

L'efficacité du fumier peut s'expliquer par son double rôle sur l'apport d'éléments nutritifs, l'augmentation de la disponibilité du P (Gerke, 1993) et la neutralisation de l'acidité du sol. Le P améliore en particulier la fixation symbiotique de N et beaucoup de travaux indiquent que l'efficacité du P sur la fixation de N réside dans sa capacité à augmenter la nodulation et l'activité symbiotique (Giller *et al.*, 1995).

CONCLUSION

L'étude a montré que la fertilité chimique des sols a varié en fonction des pratiques culturelles des exploitants. Sur les exploitations propriétaires de traction animale, la pratique de la jachère a favorisé pour 83 % des terres cultivables. Cela a pour conséquence, un enrichissement des sols en P et des rendements en arachide plus élevés. L'étude a révélé que la teneur du sol en P a été déterminante pour le rendement de cette culture, de même que la matière organique dans une certaine mesure.

Outre les études d'optimisation de la fertilisation phosphatée et de l'apport de la matière organique sous culture vivrière, notamment celle de l'arachide, l'étude recommande des investigations en matière d'utilisation rationnelle des équipements agricoles. Toutefois, la mise en place de subvention de l'état et la facilitation de l'accès au crédit agricole ont été reconnues comme des composantes importantes du succès de l'agriculture en zone des savanes du Tchad.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient VIGNON J., HAVARD M., IBET O. I. et DJONDANG K. pour toutes les formes de soutien dont ils ont bénéficié de leur part. Ils remercient également l'Ambassade de la France au Tchad qui à travers le projet d'Appui à la Recherche Scientifique et Techniques au Tchad (ARS2T) a financé cette étude.

REFERENCES

- Bado B. V. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones Guinéenne et Soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat (PhD), Université Laval (Québec), 197 p.

- Berger M. 2006. L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. 8 fiches techniques. Numéro hors-série. Agriculture et Développement, Montpellier, 58 p.
- Boserup E. 1970. Evolution agraire et pression démographique. Paris Flammarion, 218 p.
- Bray R. H. and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soils Sci.* 59 : 39 - 45.
- Bremner J. M. 1965. Total nitrogen. In *Methods of Soil Analysis (part 2)*, Black CA (Eds.), American Society of Agronomy : Madison, WI, 9 ; 1149 - 1178.
- Djondang K. et M. Havard. 2010. De l'encadrement au conseil aux exploitations agricoles familiales : une évolution indispensable pour les zones cotonnières du Tchad et du Cameroun. *Revue canadienne d'études du développement* 31, nos 1 - 2 (2010) : 79 - 92.
- DREM (Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie). 2011. Fiches des données climatiques des années 1970 à 2010, 6 p.
- DSA (Division de la Statistique Agricole). 2011. Données statistiques sur les productions agricoles, Ndjamena/Tchad, 2 p.
- Flash E, Ouak W. and Van Diest. 1987. A Comparison of the rock phosphate-mobilizing capacities of various crop species. *TROP AGRIC* 1987; 64 : 347 - 352.
- Gerke J. 1993. Phosphate adsorption by humic/Fe-oxide mixtures aged at pH 4 and 7 and by poorly ordered Fe-oxide. *Geoderma*, 59 : 279 - 288.
- Giller K. E., J. F. McDonagh, B. Toomsan, V. Limpinuntana, H. F. Cook and H. C. Lee. 1995. Legumes in the cropping systems of North-East Thailand. *Proceedings of the Third International Conference on Sustainable Agriculture*, University of London, UK. Whye College Press, Ashford.
- Hien V. 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans les sols ferrallitiques du Burkina Faso. Thèse de Docteur en Sciences agronomiques, Agro pédologie, INAP. Lorraine, Nancy-France, 149 p.
- Jouve P. 1992. Le diagnostic du milieu rural de la région à la parcelle. Approche systématique des modes d'exploitation agricole du milieu. CIRAD - CA, Montpellier, 39 p.
- Koné B., Yao-Kouamé A., Ettien J. B. et M. Camara. 2009. Dégradation de la fertilité chimique temporelle des Ferralsols soumis annuellement aux feux de brousses en zone de savane guinéenne de l'Afrique de l'Ouest. *Sciences et Médecine. Rev. CAMES-Série A*, 09 : 60 - 66.
- Kruit F. 1994. Animal traction technology in Niger and some implications for Zambia. p. 474 - 480. In P. Starkey et al. (Eds.). *Improving animal traction technology. Proc. Workshop of ATNESA, 1st, Lusaka, Zambia. 18 - 23 Jan 1992. Tech. Cent. for Agric. and Rural Cooperation (CTA), Wageningen, the Netherlands.*
- Mando A., Ouattara B., Sedogo M. P., Stroosnijder I., Ouattara K., Brussaard I. et B. Vanlauwe. 2005. Long term effect of tillage et organic input on Ferric Lixisol organic matter et crop performance under Sudano-sahelian conditions. *Soils and tillage Research* (80), pp 95 - 101.
- Mbéti-Béssane M., Havard M. et K. Djondang. 2006. Evolution des pratiques des gestions dans les exploitations agricoles familiales des savanes cotonnières d'Afrique centrale. *Cah. ag.* Vol 15, n° 6, 2006.
- Naitormbaide M., Lompo F., Gnankambary Z., Ouandaogo N. et M. P. Sedogo. 2010. Les pratiques culturales traditionnelles appauvrissent les sols en zone des savanes du Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4) : 871 - 881.
- Pieri C. 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de 30 années de recherche et de développement agricoles au sud du sahara. Paris : Agridoc-International. Ministère de la coopération et CIRAD-IRAT, 444 p.
- Powell J. M., Pearson R. A., and P. H. Hiernaux. 2004. Crop-Livestock Interactions in the West African Drylands. *Agron. J.* 96 : 469 - 483.
- Sedogo P. M. 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de docteur en sciences naturelles, Agronomie - écologie - pédologie, Université d'Abidjan (Cote d'Ivoire), 330 p.
- Shumba E. M. 1984. Animals and the cropping system in the communal areas of Zimbabwe. *Zimbabwe Sci. News* 18 : 99 - 102.
- Siband P. 1974. Evolution des caractères de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. *Agronomie Tropicale* 29 (12) : 1228 - 1248.
- Sumberg J. and E. Gilbert. 1992. Agricultural mechanisation in the Gambia : Drought, donkeys and minimum tillage. *Afr. Livest. Res.* 1 : 1 - 10.
- Walkley A and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 : 29 - 38.