

LA VALORISATION AGRICOLE DES FUMIERS ET DES COMPOSTS

EN AFRIQUE SOUDANO-SAHELIENNE : ENJEU ET CONTRAINTE

Une synthèse des travaux du Cirad et de l'IRD

Par

F.Ganry et R.Oliver

1 – Introduction : similitude des facteurs écologiques des zones méditerranéennes et soudano-sahélienne régissant le statut organique et la fertilité des sols.

La représentation d'un ensemble de stations de la région biogéographique méditerranéenne a permis de délimiter quatre zones climatiques: *aride*, *semi-aride* ($300 < P < 600$), *subhumide* ($600 < P < 800$) et *humide*¹. La pluviosité augmente avec l'altitude. Par exemple, Montpellier, avec une moyenne de 700 mm, se classe en zone sub-humide. La sécheresse estivale méditerranéenne peut durer de 2 à 6 mois. Le climat de la zone soudano-sahélienne, en particulier celui du Sénégal, se caractérise par une opposition tranchée entre une saison des pluies dont la durée varie entre 3 et 5 mois et une saison sèche pendant laquelle la pluviosité est nulle.

Les écosystèmes des zones méditerranéennes et soudano-sahélienne diffèrent au niveau des températures de la saison pluvieuse et de la saison sèche, et dans une moindre mesure au niveau des sols². Mais elles ont en commun deux facteurs essentiels au maintien de la fertilité des sols : (1) une alternance pluviométrique à périodicité annuelle et intrasaisonnière ayant un impact au niveau du sol (alternances humectation-dessiccation), (2) une fragilité, une instabilité et un caractère souvent dégradé de l'écosystème. La surexploitation du bois de feu, les défrichements pour l'agriculture et le surpâturage en constituent les principales causes de la dégradation et de la déforestation dont les manifestations sont l'érosion des sols et la désertification.

On sait que l'humidité est un des facteurs écologiques les plus puissants, qui surclassent parfois les autres facteurs majeurs, tels que la température ; c'est le principal facteur écologique commun aux deux zones ayant un effet majeur sur le biofonctionnement des sols³. L'effet des alternances est très spectaculaire lorsque le sol passe par une phase de dessiccation, dont les effets primaires et secondaires ont bien été étudiés en sols tropicaux depuis les premiers travaux de Dommergues dans

1 Emberger L. 1930. La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, 43: 641-662 et 705-729.

2 Les sols de la région méditerranéenne sont extrêmement variés du fait de la grande diversité des roches-mères et de la variété des pentes. Ils sont généralement placés sur un substrat géologique sédimentaire reposant sous un sol métamorphisé. On observe par endroits des terrains volcaniques souvent anciens ou des affleurements cristallins très localisés. Les sols tropicaux de la zone semi-aride sont majoritairement sableux.

les années 60 qui ont apporté un véritable bouleversement dans l'exploitation agricole des sols de la zone soudano-sahélienne⁴. La stimulation de l'activité biologique est d'autant plus intense que les alternances sont plus nombreuses.

2 - Rappel historique

Les recherches menées en Afrique de l'Ouest à partir des années 50 ont d'abord privilégié une conception économique en visant principalement une amélioration de la composante chimique de la fertilité. Ainsi, les gouvernants ont prôné l'emploi massif des engrais minéraux pour améliorer de façon significative les rendements. Dans les années 70, la crise énergétique, l'acidification des sols, la dégradation pluviométrique, vont remettre en cause ce type de gestion de la fertilité en recherchant une économie maximum d'engrais fondée entre autres sur une valorisation des intrants locaux dont la matière organique (MO). La valorisation des résidus de récolte et l'intégration agriculture-élevage alors fortement encouragées, participaient de cette économie d'engrais. A partir des années 90, la prise en compte par les Etats de la préservation de l'environnement, va opérer un changement radical dans l'approche des agrosystèmes en ce qui concerne (1) le sol qui est considéré (en fait réaffirmé) comme partie intégrante et vitale de la biosphère, (2) l'objectif à atteindre qui n'est plus la « maximisation » du rendement, mais son « optimisation » fondée sur un double objectif agronomique et environnemental. Les acquis de la Recherche tropicale sur la gestion des MO et la maîtrise de l'azote (notamment la réduction des pertes de N) dès les années 70, ont pu être très rapidement mis en cohérence et valorisés au profit de cette nouvelle approche pour une agriculture durable respectueuse de l'environnement.

3 - Les effets attendus d'une gestion organique appropriée des sols : enjeu et contrainte

De nombreux travaux ont montré que la maintien de la fertilité des sols sens large, incluant donc le rendement des cultures et la qualité des récoltes, était conditionné par une gestion organique appropriée des sols qui permet le contrôle des cinq facteurs suivants : la conservation du stock humique des sols, l'optimisation de la nutrition minérale et principalement azotée des plantes, l'accroissement de la fixation biologique de l'azote, la réduction des risques de sécheresse et l'accroissement de la valeur nutritionnelle des céréales. On saisit toute l'importance du contrôle de ces facteurs dans un contexte écologique et sociologique où la sécheresse et la malnutrition sont deux fléaux qui menacent la région.

La contrainte majeure à la production de fumier est la ressource fourragère et la disponibilité en pailles ; cependant, un espoir est permis dans les zones d'intensification (par exemple dans les zones cotonnières, avec l'apparition de la stabulation saisonnière au Mali ou des parcs d'hivernage au Burkina).

La caractérisation des fumiers ou composts doit porter : (1) sur leur valeur fertilisante au minimum évaluée en équivalent N, P₂O₅ et K₂O ; il importe d'estimer le pourcentage de terre et de préciser la composition minérale par rapport à la MS totale ; (2) sur leur valeur d'amendement organique (qualité biochimique) ; (3) si possible sur leur état sanitaire.

4 Dommergues Y, 1962. Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone tropicale sèche. Ann.Agron., 4.

3.1 - Conservation du stock humique des sols

La mise en valeur des sols tropicaux est souvent entravée par le fait que leur matière organique (MOS) est beaucoup plus rapidement biodégradée que celle des sols de région tempérée ; l'accélération de la biodégradation est due non seulement à la température mais aussi à l'hygroperiodisme. Le phénomène est d'autant plus intense que les sols sont pauvres en colloïdes protecteurs. Une question se pose : existe-t-il une relation entre la teneur en MOS et la productivité des terres, un niveau critique de MOS ?

Jusqu'à dans les années 1990, la littérature internationale ne faisait pas état de niveau critique de MOS et on admettait que « plus on en dispose, meilleurs sont les résultats ». Aujourd'hui, de nombreux auteurs admettent l'existence de valeurs seuils de C total du sol en zone tropicale, au-dessous desquelles la durabilité de la productivité végétale et la conservation de la ressource sol ne sont plus assurées en raison d'une dégradation des propriétés des sols peut être importante et irréversible (érosion en nappe). D'autres indicateurs à caractère organique et/ou biologique sont à prendre en considération pour maintenir le stock de MOS à un niveau suffisant.

Pour cela, on peut, soit essayer soit d'accroître les apports de MO, soit essayer de ralentir le processus de biodégradation lui-même. La première méthode consiste à apporter des MO préhumifiées (composts ou fumiers compostés), ou à intervenir sur la quantité et sur la qualité des matières végétales apportées ou restant dans le sol. La deuxième méthode consiste à abriter le sol avec des plantes de couverture pouvant elle-même être source de MO. La qualité de la MO apportée - ou de la couverture végétale - est un facteur essentiel du stockage du C dans le sol et le rapport C/N de cette MO est un indicateur nécessaire mais pas suffisant pour caractériser cette MO. A titre d'exemple, nous citerons des travaux au Sénégal qui montrent que des matériaux à C/N élevé peuvent enrichir sensiblement le sol en C pour autant que le rapport fiber/cell content (NDF/CC)⁵ est suffisamment élevé (par exemple la coque d'arachide compostée pour laquelle NDF/CC est égal à 28). Par contre, la paille de sorgho, à C/N identique mais relativement moins riche en fibres (NDF/CC = 0.8), va induire, une fois incorporée au sol, une surminéralisation de la MOS. Cela conduit à un bilan de C total largement négatif.

3.2 – Capacité d'échange cationique des sols (CEC)

Des travaux portant sur un ensemble de sols de l'Afrique de l'Ouest ont clairement montré que la CEC croît en raison inverse de la taille des fractions, celle des fractions de la taille des argiles étant toujours les plus élevées⁶. C'est bien la teneur en C qui semble partout gouverner les valeurs de la CEC, y compris dans les fractions fines. Ces travaux soulignent avec à-propos que les amendements organiques compostés, "avec un certain impact" sur le contenu de la fraction de la taille des argiles, contribuent au maintien de la CEC du sol.

3.3 - Nutrition azotée des plantes

⁵ NDF = Neutral detergent fiber ; CC = cellular content

⁶ Guibert H., Fallavier P. et Romero JJ., 1999. Carbon content in soil particle size and consequence on cation exchange capacity of alfisols. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 30,17/18

Dans les conditions agro-écologiques de sols sableux tropicaux (la majorité des sols de l'Afrique de l'Ouest), l'effet de l'engrais azoté sur le rendement est important. Par exemple, sur mil, en station, la productivité moyenne de l'unité de N est de 17 pour une dose optimale moyenne de 110 N. Mais paradoxalement, le coefficient réel d'utilisation de N engrais (CRU) est relativement faible de l'ordre de 20 à 25%. La raison de ce paradoxe apparaît dans les trois résultats suivants obtenus par la méthode isotopique ^{15}N : (1) l'effet de l'engrais N réside beaucoup plus dans un accroissement de la fourniture à la plante de Nsol (NdfS) que dans celui de Nengrais (NdfF)⁷, (2) une part importante de N engrais est réorganisée dans le sol, (3) on observe une synergie d'action entre l'engrais N et le compost au bout de plusieurs années.

L'hypothèse avancée pour expliquer ce mécanisme est la suivante : le NdfS est régi par deux facteurs : le réservoir (le contenant) et la réserve (le contenu). Le réservoir est constitué par le volume de sol exploré par les racines ; il est accru par l'engrais N ; le CRU en est un indicateur. La réserve est constituée par le pool d'azote du sol utilisable par les plantes, désigné par *pool d'azote mobilisable* ; il est sensiblement accru par le compost et dans une moindre mesure par le Nengrais (cf. remarque 2 ci-dessus) ; la valeur A⁸ en est un indicateur. Dans l'exemple de la culture de mil ci-dessus, les apports de compost à long terme associés à une fertilisation de 90N induisent un accroissement élevé de NdfS (+78%) par rapport à une fertilisation de 30N, supérieur à la somme des accroissements du CRU (le réservoir) et de la valeur A (la réserve), attestant bien une synergie d'action. On a montré par ailleurs que cette synergie semble d'autant plus importante que l'indice de rendement de la céréale est bas (l'indice de rendement du mil est inférieur à celui du maïs). Le *pool d'azote mobilisable* constitue, à cet égard, un volant de sécurité.

Contrairement à l'enfouissement de paille qui n'accroît pas la valeur A, la paille compostée l'accroît et contribue de ce fait à renouveler et augmenter le *pool d'azote mobilisable*.

Ces faits nous permettent d'affirmer que la fourniture d'azote à la céréale est tributaire de l'entretien organique du sol.

3.4 - Fixation biologique de N₂ (FBN) par les légumineuses

Personne ne met en doute les effets bénéfiques des amendements organiques. Mais il est un mécanisme impliqué dans cette amélioration qui est souvent ignoré : c'est la stimulation de la FBN des légumineuses à graines (arachide et soja par exemple) par les apports de fumier et de compost. L'accroissement de la FBN peut être spectaculaire. Sur une arachide cultivée au nord du Sénégal, on trouve des valeurs allant de 17 à 91 kg Nfix ha⁻¹ an⁻¹ sous l'action des apports de fumier, ce qui représente respectivement 30 et 47% des apports (inputs) totaux en N à la culture.

3.5 - Lutte contre la sécheresse

On a montré, dans le Nord Sénégal, en conditions expérimentales, que les préjudices de la sécheresse sur la production végétale, même sévère, pluviométrie comprise entre 200 mm et 300 mm, sont réduits lorsque les sols sont fumés régulièrement par le fumier composté. Cette fumure, pour être réaliste, nécessite une gestion rationnelle des résidus de récolte dans le cadre d'une intégration de l'agriculture et de l'élevage, intégration malheureusement encore difficile pour des raisons sociologiques dans toute la zone sahélienne.

3.6 - Suppression des effets phyto-dépressifs

⁷ NdfS désigne le N provenant de la minéralisation de la MOS communément appelé *N derived from Soil* en abrégé NdfS ; NdfF désigne le N provenant de l'engrais. NdfF + NdfS = Ntot parties aériennes. CRU = NdfF/Nengrais. Ces données ainsi que la valeur A sont déterminées par la méthode isotopique ^{15}N .

⁸ Voir note bas de page No 7

Après enfouissement des pailles, apparaissent généralement des problèmes de carence en N et/ou de phytotoxicité liés à la libération d'acides phénols ; par ailleurs, certains précédents culturaux, en particulier le sorgho, peuvent engendrer un effet dépressif sur la culture suivante (allélopathie). Le compostage des pailles, dans le premier cas, et l'apport de fumier, dans le deuxième cas, permettent de lever l'effet de ces facteurs limitants.

3.7 - Valeur nutritionnelle

Chez le mil, au Sénégal, des travaux ont montré que les enfouissements de compost associés à l'engrais N accroissent la teneur en protides des grains, quelle que soit la dose d'engrais azoté (de +5 à +8 %) ; de plus, en présence d'une dose moyenne d'engrais azoté, ils accroissent le taux de l'acide aminé indispensable à l'homme le plus limitant, la lysine (+13 % à la dose 60 N). Ce dernier résultat est corroboré par l'augmentation du coefficient d'efficacité protidique (C.E.P), mesuré *in*

vivo sur des rats. Des travaux portant sur un suivi de la nutrition azotée par l'analyse d'extraits de tissus conducteurs ont permis d'avancer une explication à cet effet du compost : alors que le N apporté seul a un effet fugace et ne modifie que peu la nutrition du mil, le compost stimule la fourniture de $N-NO_3^-$ et la prolonge, et favorise la formation de protéines⁹.

4 - Conclusion

En Afrique de l'Ouest, à l'instar de nombreuses autres zones écologiques tropicales, l'apport de matière organique au sol sous forme de fumiers et/ou de composts en quantité et en qualité appropriées, est une condition nécessaire de l'intensification et de la durabilité de l'agriculture. On insistera, dans cette conclusion, sur le fait que la Recherche-Développement dispose d'un certain nombre d'outils capables d'être utilisés pour induire ou stimuler significativement la fabrication et l'utilisation des fumiers et des composts. C'est en se fondant sur cette idée que nous souhaiterions faire passer les cinq messages suivants :

(1) promouvoir la production du fumier en Afrique nécessite une "révolution fourragère tropicale". Cette expression est de René Dumont¹⁰, qui s'exprime ainsi par analogie avec le XVIIIe siècle agricole européen dont la première étape du développement agricole, avec le fumier comme facteur de production majeur, fut celle des fourrages cultivés ;

(2) par effet de synergie avec l'engrais et par effet de transfert de fertilité opéré par les animaux, les fumiers et composts "économisent" l'engrais mais excepté certains produits, ils ne peuvent être considérés comme un substitut à l'engrais minéral ; un de ces produits est le fumier (ou le compost) enrichi en phosphate naturel : on sait que dans un système de culture à rendement grain "espéré" de 1 t ha^{-1} , ce phospho-compost peut assurer les besoins en N, P et K de la culture, à condition que ce système de culture comporte une légumineuse dont les pailles sont recyclées au

9 Siband P. et Ganry F., 1976 - Application de l'analyse d'extraits de tissus conducteurs à l'étude de l'effet d'un compost sur une culture de mil. (*Pennisetum typhoides*). In : Proc. of 4th International Colloquium on the control of plant nutrition, Gent (Belgique). Rijksuniversiteit (ed.), Belgique, vol. 1.

¹⁰La Démocratie pour l'Afrique (p. 277)

sol, directement ou via l'animal ;

(3) en zone sèche à risque climatique élevé, le fumier composté, apporté régulièrement et incorporé au sol, réduit les risques liés à la sécheresse ; pour fabriquer ce fumier composté, des techniques d'économie de l'eau existent. Malheureusement, lorsque les agricultures de ces zones sont sans véritable politique de gestion des résidus de récolte et de fumure des sols, ils sont pris dans une spirale "sécheresse – pertes de biomasse végétale - baisse de fertilité du sol" qui ne permet plus de produire suffisamment de fumier. Le seul espoir de restaurer la fertilité des sols réside dans la production de fumier composté qui est le seul moyen d'enrayer cette dégradation en zone d'élevage : les ressources en biomasse, alors trop faibles, doivent impérativement être accrues (l'agroforesterie et le phosphatage des terres par le phosphate naturel sont des solutions à privilégier) ;

(4) dans le souci d'assainir ses récoltes, l'agriculteur brûle ses pailles pour annihiler les graines adventices et les germes pathogènes, mais se prive du même coup d'une MO précieuse ; le compostage, qui grâce à sa phase exothermique, peut conduire au même résultat d'assainissement que le brûlage ;

(5) le fumier améliore les récoltes en quantité (rendement) mais en qualité (valeur nutritionnelle) aussi. En ce qui concerne cette dernière, la mise en évidence de l'amélioration chez le mil du taux de protide et de lysine est un résultat essentiel quand on sait que le sevrage de nombreux enfants se fait, avec un risque élevé de carence protidique, en passant du lait maternel à la bouillie de mil.

Dans un contexte écologique et sociologique où sécheresse et malnutrition menacent le Sahel, on voit toute l'importance prise par une intensification de la production des composts et fumier.

Ouvrages ou numéro spéciaux de revue traitant de la matière organique et de la fertilité des sols tropicaux.

Dommergues Y., Mangenot F., 1970 - Ecologie microbienne du sol. Paris, Masson, 795 p.

Pieri C., 1989 - Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT. Paris, La Documentation française, 444 p.

Mulongoy K. and Merckx R. (eds), 1993. Soil organic matter dynamic and sustainability of tropical agriculture. John Willey & Son, New York, 392p.(co-publication with Sayce Publishing (UK), K.U Leuven (Belgium) and IITA (Nigeria)

Ganry F. et Campbell B. (eds), 1995. Sustainable Land Management in African semi-arid and subhumid regions. Collection Colloques, CIRAD, Montpellier, 410 p.

Elliott E.T., Kimble J. and Swift M.J. (eds), 1997. Management of carbon in tropical soils under global change: science, practice and policy. Geoderma 79, 261p. (numéro spécial).

Ganry F. et Feller C. (eds), 1998. Sols tropicaux : quelques expériences de gestion de la matière organique. Agriculture et Développement, Spécial sols tropicaux 18, 107p. (numéro spécial).

Floret C. et Pontanier G. (eds), 2000. La Jachère en Afrique Tropicale : rôle, aménagement, alternatives. John Libbey Eurotext, Vol.1, Paris, 777p.

Martius C., Tiessen H., Vlek P.L.G. (eds), 2001. *Managing Organic Matter in Tropical Soils : Scope and limitations*, *Developments in Plant and Soil Sciences*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 235p.

Girard M.C, Rémy J.C., Morel J.L., Walter C. et Berthelin J. (eds), 2005. *Sols et Environnement*, Dunod, Paris (ouvrage collectif, 816 p.).