

Aperçu des travaux effectués sur les sols cultivés en ananas par le laboratoire d'agropédologie de l'IRFA.

J. GODEFROY*

APERÇU DES TRAVAUX EFFECTUES
SUR LES SOLS CULTIVES EN ANANAS
PAR LE LABORATOIRE D'AGROPEDOLOGIE DE L'IRFA

J. GODEFROY (IRFA)

Fruits, mars 1982, vol. 37, n° 3, p. 151-155.

RESUME - Comme l'indique le titre, cet article résume les conclusions des recherches effectuées par le laboratoire d'agropédologie de l'IRFA au cours de la dernière décennie. Ces recherches, réalisées en Côte d'Ivoire, Cameroun et Martinique, ont été orientées sur trois thèmes principaux :

1. Dynamique de la biodégradation et de l'humification des résidus de culture de l'ananas. Rôle des matières organiques sur la stabilité structurale du sol.
2. Evolution à moyen terme (10 à 20 ans) des caractéristiques physiques et chimiques des sols sous culture.
3. Evolution à court terme (quelques mois) des fertilisants minéraux dans les sols (lixiviation).

Les travaux du laboratoire ont été orientés sur trois thèmes principaux :

1. Dynamique de la biodégradation et de l'humification des résidus de culture de l'ananas. Rôle des matières organiques sur la stabilité structurale du sol.
2. Evolution à moyen terme des caractéristiques physiques et chimiques des sols sous culture.
3. Evolution à court terme des fertilisants minéraux dans les sols (lixiviation).

Ces recherches ont été réalisées dans l'un des pays suivants : Côte d'Ivoire, Cameroun, Martinique ; elles concernent des sols des régions tropicales humides.

DYNAMIQUE DE LA BIODEGRADATION ET DE L'HUMIFICATION DES RESIDUS DE CULTURE DE L'ANANAS. ROLE DES MATIERES ORGANIQUES SUR LA STABILITE STRUCTURALE DU SOL.

Methodologie.

Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé quatre techniques complémentaires d'investigation :

- a) incubations sur modèles *in vitro*, de courte durée (moins d'une année).
- b) incubations *in situ* en lysimètres pour l'étude du carbone hydrosoluble (durée 6 mois).
- c) incubations sur modèles *in situ*, de durée moyenne (5 années).
- d) observations au champ (profil cultural).

* - IRFA - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER CEDEX.

Le principe de la méthode des incubations consiste à enrichir un échantillon de terre, prélevé dans l'horizon B d'un sol ferrallitique fortement désaturé (classification française), avec une quantité donnée (4 p. 100) de résidus de culture, de dimensions calibrées ; l'horizon B est choisi afin d'avoir une terre pauvre en matière organique (C = 0,35 p. mille).

Les incubations *in situ* et *in vitro* sont réalisées à la température ambiante du sud de la Côte d'Ivoire (moyenne 26°C avec de faibles écarts entre les minima et les maxima : 22 à 31°C). Pour les incubations *in situ*, le sol mélangé à la matière végétale, est mis dans des sacs en nylon aéré, qui sont enterrés entre 5 et 10 cm de profondeur.

Résultats et commentaires.

● Matière organique.

On précisera que les résidus de culture sont constitués de la plante entière, moins le fruit. Les quantités sont variables suivant les exploitations et le type de culture (production d'ananas pour la vente en frais ou pour la conserverie ; 1 ou 2 récoltes sur le même plant). En plantation industrielle, les estimations, exprimées en tonnes par hectare, sont les suivantes :

	<u>résidus frais</u>	<u>résidus secs</u>
Côte d'Ivoire	100-120	20-25
Martinique	150-200	30-40
Cameroun	du même ordre que Côte d'Ivoire	

Les fréquences de restitution sont en moyenne de 20 à 24 mois (une récolte) ou 30 à 35 mois (deux récoltes). Il est intéressant de remarquer que ces quantités de résidus sont comparables aux quantités de litière produite annuellement sous forêt équatoriale et tropicale humide ; celles-ci sont, en effet, de l'ordre de 10 à 15 tonnes/ha de matière sèche par an (1, 2, 3, 4).

Les deux faits majeurs mis en évidence sont :

- la cinétique très rapide de la biodégradation et de l'humification des résidus de culture dans les sols des régions tropicales humides ;

- l'importance de la minéralisation totale (dégagement de CO₂), donc le très faible taux d'humification.

La vitesse de transformation de la matière végétale : biodégradation (CO₂^f) et liaison avec la fraction minérale du sol (C lié) est très rapide, puisqu'*in vitro*, au dixième jour d'incubation, les taux de carbone libre résiduel sont de 27 p. 100, soit un taux de transformation de plus de 70 p.100 ; elle se ralentit ensuite (mesures faites avec des résidus broyés à 1 mm). Les mesures quotidiennes du CO₂ dégagé, montrent que la minéralisation débute dès le premier jour et que les maxima d'intensité respiratoire s'observent 48 heures après le début de l'incubation. Au dixième jour, 40 p. 100 de la matière organique des résidus a été perdue sous forme de dégagement de CO₂, 47 p. 100 au vingtième jour, 52 p.

100 au trentième jour et 66 p. 100 au cent-vingtième jour (5).

La biodégradation est d'autant plus rapide que les résidus végétaux sont plus fractionnés. Dans une expérience, *in situ*, avec des morceaux de 6 mm, 80 p. 100 ont été minéralisés ou humifiés en deux mois. Dans les conditions pratiques de culture, où les résidus de culture enfouis sont peu broyés, ceux-ci ne sont plus visibles dans le profil après quatre à six mois.

Les taux d'humification sont faibles, 30 p. 100 après une année, 7 p. 100 après cinq ans. L'humus résiduel est constitué, pour plus de 90 p. 100, de composés non extractibles aux réactifs alcalins (humine), c'est-à-dire de composés fortement polymérisés relativement stables (5).

Ces faibles rendements de la transformation des résidus de culture en humus résiduel sont dus à la minéralisation totale (CO₂^f), les pertes de matière organique sous forme de composés hydrosolubles étant réduites (inférieures à 3 p. 100). Ils s'expliquent par la composition biochimique de la matière végétale d'ananas qui est très pauvre en lignine et en substances facilement biodégradables. Les résidus de culture de cette plante se comportent, vis-à-vis de l'humification, comme un engrais vert.

Les différentes techniques culturales interfèrent sur la biodégradation et sur l'humification des résidus dans un sens positif ou négatif. La fertilisation minérale (N, P, K, Ca, Mg), indépendamment de son action sur l'accroissement des rendements, donc sur la quantité de résidus, interfère sur l'humification en augmentant la teneur en matière organique résiduelle et, essentiellement, celle de la fraction humine. Cette action est due aux engrais qui apportent des ions Ca⁺⁺ ; en revanche, une fertilisation azotée trop importante active la biodégradation et diminue le taux de matière organique résiduelle. L'irrigation, en éliminant ou en diminuant la (ou les) phase de dessèchement du sol, favorise la biodégradation de la matière organique fraîche et diminue l'humification. Le travail du sol, en augmentant l'aération, agit dans le même sens. L'action des divers pesticides n'a pas été étudiée.

● Stabilité structurale.

Nos recherches ont confirmé l'action importante de la matière organique sur la stabilité structurale des sols tropicaux, donc la nécessité de «restituer» au sol les résidus de culture, d'autant plus que le rendement de leur transformation en humus est faible. Elles montrent le rôle essentiel des produits transitoires de l'humification dans les phénomènes d'agrégation et celui des composés humifiés dans le maintien de la stabilité structurale, corroborant ainsi les travaux réalisés par G. MONNIER et A. GUCKERT dans les sols de climat tempéré (6, 7).

Nos investigations mettent, également, en évidence, des différences. En région tropicale humide, les conditions pédo-climatiques : humidité et température en particulier, sont

favorables à une minéralisation extrêmement rapide de la matière organique fraîche, de même qu'à un turn-over microbien court. Dans ces conditions écologiques, les produits transitoires de l'humification manifestent une action très fugace car ils sont rapidement biodégradés. Ces conditions d'humification expliquent, en partie, la structure généralement peu stable des sols tropicaux, particulièrement, des sols cultivés, comme nous l'étudierons dans la suite de cette note.

Sous climat tempéré, la biodégradation de la matière organique est plus lente, les composés transitoires ont une action plus durable car ils possèdent une certaine stabilité dans le temps, et peuvent évoluer vers l'humification en donnant des acides humiques plus condensés.

EVOLUTION A MOYEN TERME DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS SOUS CULTURE D'ANANAS

Méthodologie.

Ce problème a été étudié dans trois classes de sols :

- sols ferrallitiques fortement ou faiblement désaturés de Côte d'Ivoire (classification française),
- sols hydromorphes minéraux de Côte d'Ivoire,
- sols bruns eutrophes du Cameroun.

Deux méthodes d'investigation ont été utilisées :

- Observations annuelles dans des parcelles expérimentales (essais fumure) pendant 10 (Cameroun) et 20 années (Côte d'Ivoire) ; dans le deuxième site le «témoin» est un sol sous forêt.

- Sur 7 sites où existent en juxtaposition, de la forêt et des parcelles en culture d'ananas, depuis 5 années au moins, comparaison entre les sols cultivés et forestiers. Les sols sous couvert forestier sont en équilibre climacique, aussi on peut considérer que leurs caractéristiques physico-chimiques sont «stables» donc très voisines de celles du sol à la date de la déforestation.

Résultats et commentaires.

● Matière organique.

Sous climat tropical humide (pluviosité annuelle de l'ordre de 2 mètres, température moyenne de 26 à 27°C) la mise en culture d'un sol forestier se traduit, dans tous les cas observés, par un abaissement des teneurs en carbone et en azote total. Une fertilisation organique régulière pendant 20 ans (fumier de l'ordre de 50 tonnes/hectare à chaque replantation) a réduit l'appauvrissement mais n'a pas permis de maintenir des niveaux identiques à ceux du sol sous forêt.

La cinétique de l'évolution de la matière organique est différente dans les sols ferrallitiques et bruns eutrophes. Dans les premiers, la diminution de la matière organique est

rapide les deux premières années qui suivent la déforestation, puis un nouvel équilibre s'établit vers la troisième ou quatrième année. Dans les sols bruns eutrophes, mis en culture d'ananas après de nombreuses années de cultures vivrières, l'évolution est différente. La diminution est faible mais régulière au cours de la décennie étudiée (inférieure à 1 p. 100 par an) ; à la dixième année, le bilan humique n'est pas encore équilibré.

Les différences de cinétique d'évolution de la matière organique dans les sols : ferrallitique et brun eutrophe, sont en relation avec la «nature» des fractions minérales fines : argile kaolinitique dans le sol ferrallitique, minéraux amorphes du type allophane dans le brun eutrophe. Cet exemple montre qu'en matière d'évolution des caractéristiques des sols sous culture (cela est valable pour tous les caractères physico-chimiques), le type de sol joue un rôle majeur. L'action du végétal n'est pas, toutefois, négligeable puisque, sous culture bananière, on n'observe pas de baisse du stock humique, dans le sol brun eutrophe, au cours d'une période d'observations de 15 années. Dans les sols ferrallitiques et hydromorphes, l'appauvrissement des sols en matière organique après déforestation est plus important sous culture d'ananas que sous bananeraie.

Trois causes majeures peuvent être invoquées pour expliquer l'appauvrissement en matière organique des sols cultivés malgré des restitutions de résidus de culture du même ordre de grandeur que sous forêt (10 à 15 tonnes/hectare/an de matière sèche).

a) L'accroissement de la température du sol sous culture entraîne une biodégradation plus rapide de la matière organique. Les écarts entre les sols forestiers et les sols cultivés en ananas sont particulièrement importants aux périodes d'enfouissement des résidus de culture et des replantations, lorsqu'il n'existe plus de couverture végétale ; à ces périodes, on peut observer, par journée ensoleillée, des écarts de température de 10 à 12°C (8).

b) Sous forêt dense humide sempervirente, l'apport «continu» de litière permet une synthèse «permanente» d'humus. Dans les sols cultivés, la restitution des résidus est «discontinue» (tous les 2 ou 3 ans) et «massive».

c) Interaction de certaines techniques culturales qui accroissent la minéralisation, telles que irrigation ou travail du sol.

● Stabilité structurale.

La structure est toujours plus stable dans les sols forestiers que dans les sols cultivés. Dans ces derniers on observe une dégradation «continue» au cours des années, liée davantage à une augmentation de la mouillabilité des agrégats qu'à une diminution de leur cohésion. L'intensité et la cinétique de la dégradation sont plus élevées pour les sols ferrallitiques que pour le brun eutrophe (9, 10).

La détérioration de la structure est en liaison avec la baisse des teneurs en matière organique totale, mais également, avec l'évolution de la matière organique vers des formes de plus en plus stables, tandis que la production de

substances transitoires de l'humification diminue. Il faut, également, mentionner l'action «dégradante» des fortes précipitations ; les sols cultivés en ananas sont, particulièrement, vulnérables à l'énergie cinétique des pluies, compte tenu du fait qu'entre deux cycles de culture, le sol est dénué ou faiblement couvert par la végétation pendant plusieurs mois. Indépendamment de leur action de dégradation de la structure sensu stricto, les pluies peuvent provoquer des phénomènes d'érosion. De nombreuses études sur ce sujet ont été effectuées par E.J. ROOSE en collaboration avec l'IRFA, sur les sols ferrallitiques de basse Côte d'Ivoire (11). Il n'est pas possible, dans le cadre de cette note de synthèse, de faire état des conclusions très intéressantes de ces recherches. Nous mentionnerons, seulement, deux observations majeures : a) l'importance de la restitution des résidus de culture. b) le rôle du couvert végétal. Dans les sols érodables, les risques d'érosion sont élevés, lorsque la couverture du sol par la plante est inférieure à 80 p. 100, c'est-à-dire suivant les conditions du milieu et culturales, pendant 5 à 8 mois après la plantation ; à ce laps de temps, il faut ajouter l'intervalle : destruction-replantation.

Sous forêt les conditions sont, évidemment, très différentes ; le sol est protégé par un couvert végétal permanent dense et par la litière.

Comme cause importante de dégradation de la structure, il faut mentionner, aussi, les nombreux passages d'engins en culture mécanisée (tracteurs, citernes, remorques, etc.) ; ces engins provoquent des tassements du sol d'autant plus graves que les engins circulent sur des terres humides.

● Caractéristiques chimiques.

Leur évolution est, éminemment, fonction de la fertilisation qui est pratiquée. En schématisant un peu, on peut dire que les sols pauvres, qui nécessitent une fumure de redressement et d'entretien, s'enrichissent (ex sols ferrallitiques désaturés) et que les sols riches peu fertilisés s'appauvrissent (ex sols bruns eutrophes) (10, 12, 13, 14).

Quelle que soit la richesse du sol, une fertilisation minérale réduite à des apports d'engrais azotés et potassiques ou d'engrais complexes N P K entraîne une diminution du calcium et du magnésium et conduit fréquemment, à court ou à moyen terme, à une acidification du sol. Il est donc important de suivre l'évolution de Ca, Mg et du pH dans les sols en culture d'ananas depuis plusieurs années, de façon à savoir à partir de quel moment il faut corriger l'acidification par des apports d'amendements calco-magnésiens.

L'évolution du potassium diffère suivant la richesse du sol. Dans les sols initialement pauvres, on observe généralement un accroissement des niveaux sous l'action de la fumure. Dans les sols riches, comme les sols bruns eutrophes, le potassium, sous sa forme échangeable au moins, diminue même dans le cas où l'on applique une fumure potassique excédentaire par rapport aux quantités de K exportées par les récoltes (10).

L'ananas a des besoins réduits en phosphore et cet élément étant peu lixiviable, les teneurs dans le sol varient peu, même en absence de fumure phosphatée. Quelques cas de carences en phosphore ont été observés dans des sols où les teneurs en P extrait par les réactifs chimiques classiques (Truog ou Dyer) étaient nulles ou à l'état de traces. Le phosphore étant un élément très peu mobile dans le sol (mobilité de l'ordre de quelques mm), c'est en période de déficit hydrique que les risques de déficience sont les plus élevés.

EVOLUTION A COURT TERME DES FERTILISANTS MINÉRAUX DANS LES SOLS (LIXIVIATION)

Methodologie.

Deux techniques d'étude ont été utilisées.

a) Suivi des éléments fertilisants dans le sol,

b) Mesures des pertes dans des lysimètres cylindriques (diamètre 63 cm, hauteur 150 cm), enfoncés dans le sol sans remaniement de la terre ; ces lysimètres sont placés dans les billons.

Comme l'évolution à long terme des caractéristiques chimiques des sols, celle des engrais minéraux varie en fonction des sols et des climats. Dans ces conditions, il est indispensable quand on traite de lixiviation des éléments fertilisants, de bien préciser les conditions pédologiques et climatiques dans lesquelles ont été faites les observations.

En règle générale, la lixiviation des engrais azotés est très importante dans les régions tropicales, compte tenu, d'une part de la pluviosité élevée, souvent inégalement répartie dans l'année, d'autre part de la rapidité de la nitrification dans les sols tropicaux. A l'opposé la lixiviation du phosphore est, généralement, faible ; la mobilité de P est réduite en raison de la «combinaison» du phosphore avec les hydroxydes de fer et d'aluminium. La dynamique des cations et, en particulier, celle du potassium, peut être très différente suivant les sols et leur «aptitude» à fixer les cations.

L'étude lysimétrique, mentionnée ci-dessus, a été réalisée en Côte d'Ivoire, dans un sol ferrallitique acide (pH 4,5 à 5), à texture sablo-argileuse et à faible capacité d'échange cationique (CEC 3 à 4 mé/100 g) ; la pluviosité annuelle est voisine de 2 mètres. Les ordres de grandeur des pertes d'éléments fertilisants par cycle de culture (moyennes sur 3 cycles), dans des parcelles où les résidus de culture sont enfouis sont de l'ordre de 80 à 100 kg/ha de N, de K, de Ca, de Mg et de moins de 1 kg de P. Les rapports entre les quantités d'éléments lixiviés et les apports sous forme d'engrais minéral sont de : 0,5 p. 100 pour le phosphore, 10 p. 100 pour le potassium, 20 p. 100 pour l'azote et le calcium, 40 p. 100 pour le magnésium. Quatre-vingt-huit pour 100 de l'azote sont perdus sous forme de nitrates, 11 p. 100 sous forme organique et moins de 1 p. 100 sous forme ammoniacale. On précisera que les valeurs de pertes indiquées ci-dessus, sont

légèrement sous-estimées car elles ne tiennent compte que des pertes mesurées dans les billons, où sont appliqués les engrais. Pour faire un bilan «exact», des lysimètres placés dans les interlignes auraient été nécessaires.

Des observations sur l'évolution des fertilisants minéraux, par analyses fréquentes du sol, ont été faites, d'une part dans un sol ferrallitique de Côte d'Ivoire, dont les caractéristiques sont très voisines du sol de l'étude en lysimètres, d'autre part dans un andosol de Martinique. Dans les deux expérimentations les ananas étaient cultivés sur billons recouverts ou non d'un film de polyéthylène.

Dans les deux sites observés, la couverture des billons avec un film plastique réduit la lixiviation des engrais minéraux épandus sur les billons, avant la pose du film (15, 16). Cette action «protectrice» est surtout nette pour les engrais azotés et potassiques qui sont les plus lixiviables mais elle n'est pas

négligeable pour les engrais calco-magnésiens. L'efficacité du film est d'autant plus grande que la période qui suit un épandage d'engrais est plus pluvieuse. Le mélange des engrais avec la terre réduit leur lixiviation, comparativement avec les engrais épandus sur la surface. Pour une même hauteur de drainage, les pertes par lixiviation sont d'autant plus élevées que la fertilisation est abondante et que les engrais sont localisés, c'est-à-dire que leur concentration dans le sol est forte. Compte tenu des nombreux facteurs intervenant dans la lixiviation (climat, sol, techniques culturales, etc.) il est difficile de connaître les durées d'efficacité des engrais, sans observations au champ. Dans les conditions pédologiques et climatiques de l'expérimentation conduite en Martinique, un mois après les épandages d'engrais, l'azote est totalement lixivié, et le potassium l'est à 70 p. 100 (pluie = 450 mm) dans les billons non «couverts»; sous film de polyéthylène, la durée d'efficacité des engrais est de six à huit mois.

BIBLIOGRAPHIE

1. JENNY (H.) et GESSEL (S.P.). 1949.
Studies of the decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions.
Soil Sci., 68, 419-432.
2. LAUDELOUT (H.) et MEYER (J.). 1954.
Les cycles d'éléments minéraux et de la matière organique en forêt congolaise.
5e Congrès int. Sci. Sol, 2, 267-272.
3. NYE (P.H.). 1961.
Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest.
Plant and Soil, 13, 333-346.
4. BERNHARD (F.). 1970.
Etude de la litière et de sa contribution au cycle des éléments minéraux en forêt ombrophile de Côte d'Ivoire.
Oecol. Plant., 5, 247-266.
5. GODEFROY (J.). 1974.
Evolution de la matière organique du sol sous culture du bananier et de l'ananas. Relations avec la structure et la capacité d'échange cationique.
Thèse Nancy, n° CNRS A.O. 9296.
6. MONNIER (G.). 1965.
Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols.
Thèse Paris.
7. GUCKERT (A.). 1973.
Contribution à l'étude des polysaccharides dans les sols et de leur rôle dans les mécanismes d'agrégation.
Thèse Nancy.
8. GODEFROY (J.) et JACQUIN (F.). 1975.
Influence de la végétation sur l'humification en sol ferrallitique.
Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., XIII, n° 3/4, 279-298.
9. GODEFROY (J.) et JACQUIN (F.). 1975.
Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparaison avec les sols forestiers.
Fruits, 30, 10, 595-612.
10. GODEFROY (J.). 1977.
Evolution des caractéristiques chimiques et structurales d'un sol brun eutrophe du Cameroun sous culture d'ananas.
Fruits, 32, 10, 591-597.
11. ROOSE (E.J.) et ASSELINE (J.). 1978.
Mesure des phénomènes d'érosion sous pluies simulées.
Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., XVI, 1, 43-72.
12. GODEFROY (J.) et al. 1978.
Evolution des propriétés agrochimiques d'un sol ferrallitique de Basse Côte d'Ivoire sous culture d'ananas. Comparaison avec une jachère.
Fruits, 27, 4, 255-267.
13. GODEFROY (J.) 1975.
Evolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture d'ananas. Caractéristiques chimiques des sols de Côte d'Ivoire.
Fruits, 30, 12, 749-756.
14. LACOEUILHE (J.J.). 1978.
Conservation de la fertilité d'un sol ferrallitique de basse Côte d'Ivoire cultivé en ananas.
Fruits, 33, 4, 241-256.
15. GODEFROY (J.) et LACOEUILHE (J.J.). 1979.
Evolution des éléments fertilisants du sol sous film de polyéthylène, en culture d'ananas.
Doc. IRFA R.A. 1977.
16. PENEL (J.P.). 1980.
Commentaires analyses de sol essai AN.CI.ANG. 541.
Fiche réalisation n° 2.

