

INFLUENCE D'UN EXCÈS D'HUMIDITÉ TEMPORAIRE SUR QUELQUES SOLS DE L'OUEST AFRICAIN

par

C. MOUREAUX* et R. FAUCK**

RÉSUMÉ

Des échantillons provenant de quatre groupes de sols de l'Ouest Africain (Sénégal), Vertisols lithomorphes à structure massive (sigle VLM), sols ferrugineux tropicaux non lessivés (FTN), bruns subarides (BSA) et faiblement ferrallitiques (FFA) ont été soumis in vitro à un fort excès d'eau.

D'importantes modifications physico-chimiques et biologiques ont été mises en évidence dans le sens général d'un appauvrissement des sols (acidification, lessivage des bases échangeables, chute du niveau biologique).

La texture sableuse apparaît comme une cause importante de susceptibilité au lessivage. La fragilité de la nitrification semble aussi accrue par les forts coefficients de minéralisation de l'azote dans les sols bruns subarides. Il en résulte que les vertisols lithomorphes, argileux, à coefficients de minéralisation faibles, sont beaucoup moins perturbés que les autres sols.

La réutilisation des percolats, au lieu d'eau distillée, induit des variations plus faibles, et, parfois, positives. Les cas de stimulation biologique peuvent résulter de l'élimination de substances toxiques ou de la mobilisation des réserves minérales et organiques en conditions d'anaérobiose temporaire.

SUMMARY

Samples from the following great soils units of West Africa (Senegal), Tropical black clays or vertisols, Subarid brown soils, Tropical ferruginous soils, Weakly ferrallitic soils, have been submitted in vitro to a great excess of water.

Important physico-chemical and biological alterations have been pointed out showing a general trend towards an impoverishment of the soils (acidification, leaching of exchangeable bases, lowering of biological status).

* Directeur de recherche O.R.S.T.O.M.

** Inspecteur général de recherche O.R.S.T.O.M.

The sandy texture seems to be an important cause of leaching and the high coefficient of mineralisation of nitrogen a cause of depressed nitrification. Tropical black clays are therefore much less altered than other soils.

The reutilization of percolates instead of distilled water induces smaller alterations. Some biological stimulations may result from the elimination of toxic substances or a better availability of mineral and organic reserves in temporary anaerobiosis.

INTRODUCTION

Des observations ont plusieurs fois été faites sur l'influence qu'un engorgement très temporaire par l'eau exerce quant à l'état physico-chimique des horizons supérieurs de sols classés non hydromorphes. En particulier, l'un de nous (FAUCK, 1956b) a chiffré à 0,3 unité d'amplitude la baisse du pH, en hivernage, dans des sols beiges et rouges de Casamance. Cette diminution temporaire serait en corrélation avec une saturation de l'horizon supérieur des sols pendant le mois d'août: les précipitations au cours de ce mois s'élèvent, en effet, à 400-500 mm et sont suffisantes pour saturer des sols dont la structure instable se dégrade très rapidement. Cet abaissement du pH, qui disparaît en saison sèche, a été mis en corrélation statistiquement significative avec une baisse du taux de calcium échangeable, diminution relative de l'ordre de 0,3 méq. La remontée en saison sèche serait probablement due au passage d'une fraction du calcium de l'état de réserve à l'état échangeable.

Il est plausible de penser que ces diminutions de la valeur du pH et de la teneur en calcium sont en relation avec un lessivage des bases échangeables à la suite d'une forte percolation. De nombreux auteurs ont, d'ailleurs, souligné l'importance du lessivage causé par les pluies excédentaires (ALBRECHT 1957, VAN DER PAAUW 1965, MARTIN 1966). G. MARTIN a caractérisé l'évolution cyclique des sols du Niari (Congo), la sinusoïde représentative ayant son maximum en fin du premier cycle de culture et son minimum au début de la saison sèche. Cet auteur indique qu'elle se traduit par des baisses temporaires de pH, de plus d'une demi-unité, et par des diminutions importantes de teneurs en bases échangeables, essentiellement du calcium. Il considère que cette évolution cyclique est dominée par les facteurs biologiques. Il est plausible, en effet, de penser que l'étroite interdépendance des propriétés biologiques et physico-chimiques des sols entraîne des variations biologiques concomitantes.

Dans la même optique, MOUREAUX (1959), cherchant à expliquer des chutes d'activité biologique à la suite de périodes très pluvieuses à Madagascar, a noté des conductivités plus faibles sur sols séchés à l'air dans le cas des prélèvements de saison des pluies.

Cependant, l'apport de grandes quantités d'eau au sol n'amène pas son appauvrissement biologique obligatoire, et MOURARET (1965), étudiant son influence sur l'activité de l'asparaginase dans les sols, a mis en évidence un effet parfois favorable, explicable par l'élimination de substances toxiques.

Une étude plus poussée de l'influence d'un engorgement temporaire sur les caractéristiques chimiques et biologiques des sols semble donc intéressante. Sa réalisation, en cours, doit d'ailleurs déborder du cadre des seules variations du pH et des taux de calcium, car les excès temporaires d'eau en hivernage ont probablement une très grande importance dans l'orientation de la pédogenèse. En particulier, ils sont peut-être responsables du déclenchement des phénomènes complexes d'entraînement du fer et de l'argile colloïdale, qui sont caractéristiques des sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Comme les études à partir de prélèvements de terrain sont rendues difficiles du fait de l'hétérogénéité des sols et du nombre important de prélèvements (FAUCK 1956b) qu'il faudrait analyser pour justifier des conclusions statistiquement valables, il a été décidé de les aborder par des manipulations de laboratoire, afin de mieux individualiser les variables.

Dans ce cadre général de recherches, cette note expose les premiers résultats des variations physico-chimiques et biologiques consécutives à un apport d'eau *in vitro* équivalent à une pluviométrie de 4 000 mm.

1 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sols concernés proviennent du Sénégal et ont été soumis au laboratoire (1) à un apport quotidien d'eau équivalent à 80 mm de pluie, pendant cinquante jours, déterminant un engorgement et un drainage variables selon la nature des sols.

L'expérimentation a porté sur trois échantillons composites, de 600 g chacun, des groupes de sols suivants (prélèvements effectués entre 0 et 7 cm).

- vertisols lithomorphes à structure massive	VLM (Presqu'île du Cap Vert)
- sols bruns subarides	BSA (région d'Ouarak, nord du Sénégal)
- sols ferrugineux tropicaux non lessivés	FTN (Presqu'île du Cap Vert)
- sols faiblement ferrallitiques	FFA (Casamance, Sénégal).

Ces échantillons ont été scindés en trois lots : (a), (b), (c), qui, placés sur filtre, ont été soumis aux traitements particuliers ci-dessous :

- (a) maintien du sol humide, sans aucune percolation ;
- (b) apport quotidien, en surface, pendant 50 jours, d'eau distillée, correspondant à 80 mm de pluie par jour, les filtrats étant éliminés ;
- (c) même arrosage de 80 mm, mais en réutilisant les filtrats des jours précédents.

En fin d'expérience, les sols ont été séchés à l'air avant les diverses analyses.

L'activité microbiologique globale a été évaluée d'après les trois tests d'activité glycolytique (indice glucose), invertasique et déshydrogénasique.

Les activités glycolytique et invertasique et la richesse minérale globale par la croissance de *Aspergillus niger* ont été effectuées comme exposé précédemment (MOUREAUX 1959).

L'activité déshydrogénasique a été déterminée d'après la technique de SCHAEFER (1963) modifiée (sol avec 3 % de chlorure de triphényl tétrazolium, incubation de 20 h, en anaérobiose à l'humidité de 60 %).

Le pouvoir nitrificateur est le taux de nitrates trouvé après incubation du sol humide à 30° (MOUREAUX 1959), incubation de 21 jours, sans soustraction des nitrates préexistants.

Le pH a été mesuré à l'eau avec le rapport sol/eau = 1/2,5.

Les bases échangeables ont été dosées après extraction à l'acétate d'ammonium à pH 7 (2).

(1) Collaboration technique de A. SAMB et du personnel du laboratoire de microbiologie des sols de Hann.

(2) Sous la direction de Mlle C. THOMANN, au laboratoire de chimie des sols de Hann.

2 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1 - Indice glucose, activité invertasique et richesse minérale globale

Indiquons, en premier lieu, que toutes les valeurs témoins correspondant aux lots de sols non percolés sont maximales dans les vertisols lithomorphes ; relativement à ces derniers, elles s'établissent pour les autres groupes aux niveaux ci-dessous :

Tableau 1

	activité glycolytique (indice glucose)	activité invertasique	richesse minérale globale
Vertisols lithomorphes	100	100	100
Bruns subarides	79	77	49
Ferrugineux tropicaux	20	20	22
Faiblement ferrallitiques	51	54	15

En ce qui concerne les variations consécutives aux percolations, le traitement (a) étant pris comme témoin et considéré comme niveau 100 %, les résultats suivants (tableau 2) sont obtenus pour la moyenne des trois échantillons par groupe de sols (1).

Tableau 2

	indice glucose (mg glucose consommé %)			activité invertasique (mg sucres réducteurs/ /100 g sol)			richesse minérale globale (mg mycélium/20 g sol)		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Vertisols lithomorphes	100	103	112	100	101	98	100	75	102
Bruns subarides	100	54	73	100	93	84	100	57	85
Ferrugineux tropicaux	100	38	106	100	113	105	100	50	90
Faiblement ferrallitiques	100	66	94	100	100	92	100	72	80

L'examen de ce tableau montre que les sols sont diversement affectés selon leur nature. La comparaison avec le tableau 3, résultats de l'analyse granulométrique, permet de voir d'une manière générale que les sols argileux (vertisols) sont beaucoup moins sensibles que les sols sableux bruns subarides et, surtout, ferrugineux tropicaux, tandis que les sols sablo-argileux se classent de façon intermédiaire.

(1) Le tableau d'ensemble des résultats se trouve en annexe.

Tableau 3

Moyenne de l'analyse granulométrique dans les quatre groupes de sols

	argile %	limon < 50 μ %	sable fin %	sable grossier %
Vertisols lithomorphes	35	21	30	12
Bruns subarides	7	9	60	23
Ferrugineux tropicaux	3	5	69	22
Faiblement ferrallitiques	10	12	55	19

Pour chaque type particulier de sol examiné, les résultats sont les suivants :

VERTISOLS LITHOMORPHES**Indice glucose**

La percolation intense par l'eau (traitement b) n'a qu'une influence faible dans ces sols biologiquement très stables à bas coefficient de minéralisation, tandis que la percolation par les filtrats (c) amène une sensible stimulation.

Activité invertasique

Les traitements n'amènent aucune variation notable.

Richesse minérale globale

Seul le traitement (b) provoque un net abaissement du niveau minéral. Dans le traitement (c), malgré l'exportation d'éléments minéraux dans le dernier filtrat non restitué au sol, le niveau n'est pas abaissé, probablement parce que l'activité biologique a mobilisé des réserves du sol en présence des solutions plus ou moins chargées de substances humiques. L'augmentation du phosphore assimilable, en particulier, est bien connue à la suite de l'engorgement par l'eau.

SOLS BRUNS SUBARIDES**Indice glucose**

La chute consécutive au traitement (b) est de presque 50 %, tandis qu'elle dépasse à peine 25 % par la percolation (c). L'effet néfaste de l'eau (b) n'est cependant pas aussi intense que dans les sols ferrugineux tropicaux, probablement grâce à une teneur supérieure en argile, bien que les coefficients de minéralisation présentent les valeurs maximales dans les sols bruns subarides.

Activité invertasique

Les deux percolations en abaissent un peu le niveau, sensiblement plus dans le cas des filtrats (c), ce qui peut s'interpréter par l'apparition de substances toxiques ajoutant leur influence à l'abaissement du niveau biologique à la suite de l'appauvrissement minéral.

Richesse minérale globale

L'abaissement de niveau est très sévère : 43 % par la percolation (b) et 15 % par les filtrats (c) ; il peut être une des causes de chute des indices d'activité biologique.

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX NON LESSIVÉS

Indice glucose

L'influence de la percolation à l'eau (b) est extrêmement forte dans ces sols biologiquement très fragiles, à coefficient de minéralisation élevé et à très faible teneur en argile, l'indice tombant à près du tiers de sa valeur sans percolation. L'innocuité des filtrats (c), ou même leur faible action stimulante, montre l'importance du rôle joué par les éléments lessivables tant minéraux qu'organiques.

Activité invertasique

Les deux percolations amènent une faible stimulation, attribuable probablement à l'élimination de substances toxiques.

Richesse minérale globale

L'abaissement est particulièrement intense : 50 % par le traitement (b). La percolation par les filtrats (c) n'exerce qu'un faible appauvrissement minéral (10 %).

SOLS FAIBLEMENT FERRALLITIQUES

Indice glucose

La chute, supérieure à 30 % à la suite de la percolation (b), est peu marquée en (c).

Activité invertasique

Les variations sont faibles ou nulles.

Richesse minérale globale

La chute est sensiblement plus forte par la percolation à l'eau (b) que par celle des filtrats (c).

2.2 - Activité déshydrogénasique

Elle se révèle beaucoup plus modifiée que l'activité invertasique. Elle accuse une forte chute dans tous les sols étudiés à la suite du traitement (b), une chute plus atténuée à la suite du traitement (c). On remarque, en particulier, sa diminution même dans les vertisols, quoique moins marquée que dans les autres groupes, alors que les activités glycolytique et invertasique n'y étaient pas affectées. Les sols ferrugineux tropicaux restent les plus sensibles (tableau 4).

Tableau 4
Activité déshydrogénasique

	(a) Témoins ramenés à 100	(b) Percolation par eau distillée	(c) Percolation par filtrats précédents
Vertisols lithomorphes	100	50	86
Bruns subarides	100	38	90
Ferrugineux tropicaux	100	24	67
Faiblement ferrallitiques	100	37	80

2.3 - Pouvoir nitrificateur

Mise à part la très nette stimulation de la nitrification (tableau 5) à la suite des percolations aussi bien à l'eau (b) qu'aux filtrats (c) dans les vertisols, la chute est considérable dans les trois autres groupes.

Tableau 5

	a (témoin)	b (eau)	c (filtrats)
Vertisols lithomorphes	100	121	125
Bruns subarides	100	41	48
Ferrugineux tropicaux	100	72	77
Faiblement ferrallitiques	100	66	83

L'amplitude de la chute varie, d'ailleurs, très généralement dans le même sens que le coefficient de minéralisation de l'azote (N nitrifié x 100/N total), c'est-à-dire que les sols se révèlent d'autant plus fragiles quant à leur pouvoir nitrificateur que la minéralisation de l'azote y est plus intense (1), la texture sableuse paraissant une des causes de cette fragilité.

Il est probable que ces phénomènes résultent d'une minéralisation concomitante active des éléments minéraux liés à la matière organique et de leur élimination partielle.

La stimulation dans les vertisols surprend ; on peut penser que la mobilisation des réserves du sol et l'élimination de substances inhibitrices de la nitrification l'emportent sur la perte d'éléments minéraux dont ces sols sont relativement bien pourvus.

En ce qui concerne les sols à teneur élevée en sable, si répandus dans l'Ouest Africain, l'action de l'excès d'eau est d'autant plus néfaste que l'azote y constitue très souvent le facteur limitant de la fertilité.

2.4 - Variation du pH des sols

Les modifications de pH sont nettement marquées (tableau 6) à la suite de la percolation à l'eau (b), avec l'ordre d'intensité croissante : Vertisols lithomorphes, Faiblement ferrallitiques, Bruns subarides, Ferrugineux tropicaux. Il est intéressant de noter que la percolation (c) par les filtrats n'amène qu'une faible variation (0,1 à 0,2 unité pH), probablement grâce à une restitution des bases du sol, ce qui concorde avec les mesures de richesse minérale globale et de bases échangeables.

(1) Les moyennes des coefficients de minéralisation de l'azote (CMN) dans les quatre groupes de sols sont, en effet, les suivantes :

Bruns subarides	9,3
Ferrugineux tropicaux	6,7
Faiblement ferrallitiques	4,7
Vertisols lithomorphes	1,3.

Tableau 6

pH

	a	b	c
Vertisols lithomorphes	7,3	7,0	7,2
Bruns subarides	6,9	6,1	6,8
Ferrugineux tropicaux	6,0	4,9	5,8
Faiblement ferrallitiques	4,7	4,4	4,6

2.5 - Bases échangeables

Les résultats analytiques moyens des sols percolés sont exprimés dans le tableau 7 par rapport aux témoins ramenés à 100.

On remarque immédiatement les deux cas extrêmes : les appauvrissements en éléments, relativement faibles ou nuls dans les vertisols lithomorphes, sont intenses dans les sols ferrugineux tropicaux. Rappelons que ces deux groupes de sols présentent aussi les compositions granulométriques extrêmes avec 35 % d'argile dans les vertisols et seulement 3 % dans les sols ferrugineux tropicaux.

Tableau 7

Influence des traitements sur le niveau des bases échangeables

b percolation à l'eau

c percolation avec les filtrats

100 = valeurs témoins (sans percolation)

	b (eau)					c (filtrats)				
	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S
Vertisols lithomorphes	100	89	98	64	98	104	101	106	115	104
Bruns subarides	99	72	55	50	93	100	75	98	112	99
Ferrugineux tropicaux	78	80	35	35	77	104	86	103	57	98
Faiblement ferrallitiques	83	74	35	74	80	98	85	91	87	94

- Dans les vertisols, les diminutions d'éléments par la percolation ne sont sensibles que pour le magnésium et le sodium.
Au contraire, dans le cas de la percolation par les filtrats, une augmentation générale se produit ; on peut l'attribuer à une mobilisation des réserves (relativement abondantes), avec intervention de l'activité microbienne, la glycolyse et la nitrification accusant dans ce traitement une nette stimulation.
- Dans les sols bruns subarides, calcaïques ou très légèrement calcaires (comme les vertisols), la percolation à l'eau provoque un net appauvrissement ; seul le niveau du calcium n'est pas abaissé.
La percolation par les filtrats ne diminue que la magnésie, et on note une augmentation des teneurs en sodium.

Rappelons qu'aucune stimulation biologique ne résultait de ce traitement dans les sols bruns subarides, contrairement aux vertisols.

- Dans les sols ferrugineux tropicaux, l'intensité de l'entraînement par l'eau est très forte ; les niveaux de calcium et de magnésium sont abaissés d'environ 20 % et celui de potasse des 2/3. L'action des filtrats est beaucoup plus faible et n'affecte que le magnésium et le sodium ; le niveau de potasse, comme dans les sols bruns subarides, apparaît comme remarquablement stable, alors que la percolation à l'eau l'abaissait particulièrement.
- Les sols faiblement ferrallitiques sont, après les sols ferrugineux tropicaux, les plus touchés par les deux types de percolation ; comme ils sont plus argileux que les sols bruns subarides, la teneur en colloïdes n'est donc pas seule à intervenir dans la sensibilité à l'appauvrissement. On peut incriminer leur pH plus faible et leur bas niveau de calcium. La percolation à l'eau provoque un lessivage général, et de la potasse en particulier, qui tombe presque au tiers de sa valeur témoin sans percolation. L'action des filtrats est beaucoup plus faible ; cependant, elle touche ici la potasse, contrairement à ce qui se passe dans les autres groupes de sols.

CONCLUSIONS

Les premières expériences de percolation de sols *in vitro*, réalisées selon deux modes différents, à l'eau (traitement b), ou avec les filtrats des jours précédents (traitement c), mettent en évidence des variations à la fois biologiques et physico-chimiques.

L'intensité de ces variations diffère selon la nature des sols. D'une façon générale, les sols se classent par ordre de fragilité croissante à l'inverse de leur teneur en argile, mais une relative protection paraît aussi résulter d'un niveau calcique plus élevé.

Si l'activité invertasique reste relativement peu affectée, les activités déshydrogénasique et glycolytique réagissent très nettement en baisse dans la plupart des cas et de façon plus ou moins intense selon les sols, la percolation à l'eau se révélant toujours la plus nocive. La glycolyse n'est, cependant, pas abaissée dans les vertisols.

L'appauvrissement minéral, d'après le test à l'*Aspergillus niger*, n'épargne aucun groupe de sol dans le cas de la percolation à l'eau (b). Les variations de pH et de bases échangeables le corroborent et classent les sols dans le même ordre de fragilité décroissante : Ferrugineux tropicaux, Bruns subarides, Faiblement ferrallitiques, Vertisols lithomorphes. Cependant, en ce qui concerne les niveaux de calcium, magnésium et potasse échangeables dans le cas, toujours, de la percolation à l'eau, les sols faiblement ferrallitiques se trouvent aussi affectés que les sols ferrugineux tropicaux.

Cet appauvrissement relativement sévère des sols faiblement ferrallitiques, compte-tenu de leur teneur en argile, est préoccupant. Ces sols sont considérés comme les plus différenciés des quatre groupes étudiés ici, ce qui laisserait supposer une propension d'autant plus marquée au départ d'éléments chimiques que l'évolution est plus poussée : la cause en réside probablement dans la qualité du complexe adsorbant des sols rouges faiblement ferrallitiques constitués uniquement d'argile du type kaolinite, d'hydroxydes de fer et de quartz, à faible énergie de rétention pour les bases adsorbées.

Le maintien du niveau de calcium échangeable dans les sols calciques ou très légèrement calcaires, vertisols ou sols bruns subarides, n'empêche pas une baisse sensible de pH (particulièrement dans les sols bruns subarides) qui serait alors en relation, soit avec la perte d'autres éléments (magnésium), soit avec une modification de la nature de la matière organique (acidité organique) et de la microflore tendant vers l'anaérobiose. Les percolations de filtrats (c) sont moins néfastes (les modifications dans les vertisols pouvant même être positives), mais amènent cependant une très nette chute dans les sols bruns subarides, ferrugineux tropicaux non lessivés et faiblement ferrallitiques.

Dans tous les sols, les trois niveaux, a (témoins), b (eau), c (filtrats), sont fortement accusés par la plupart des déterminations tant biologiques que physico-chimiques et dans l'ordre :

$$b < c < a$$

L'activité invertasique constitue une exception, car elle est plus élevée après percolation à l'eau qu'avec les filtrats, ce qui peut s'expliquer par l'élimination de substances toxiques, ou tout au moins inhibitrices.

Des trois indices destinés à évaluer l'activité microbiologique globale, il est net que l'activité invertasique présente la stabilité (ou l'inertie) la plus grande, ce qui est peut-être dû à l'adsorption énergétique d'une fraction de l'enzyme sur les colloïdes du sol.

D'une façon générale, l'équilibre biologique final est la résultante de nombreux facteurs aux tendances parfois antagonistes, comme le lessivage de métabolites ou d'éléments minéraux, l'élimination de substances toxiques ou les modifications d'assimilabilité des éléments du sol à la suite de l'engorgement (conditions réductrices).

L'abaissement intense du pouvoir nitrificateur, qui paraît d'autant plus sensible que le coefficient de minéralisation de l'azote est plus élevé, n'épargne que les vertisols. Il est d'autant plus grave que l'azote constitue souvent le facteur limitant de la fertilité.

Les expériences réalisées exercent donc une influence perturbatrice certaine sur les propriétés biologiques et physico-chimiques - étroitement interdépendantes - des sols étudiés. Cette influence, reflétée ici par un nombre relativement faible d'analyses, reste à approfondir dans un travail ultérieur, justifié par les premiers résultats obtenus.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBRECHT (W.A.) - 1957 - Soil fertility and biotic geography. *Geog. Rev.*, XLVII, 1, p.86-105.
- FAUCK (R.) - 1956 a - L'étude de l'évolution des sols sous culture mécanisée et le problème des prélèvements de terre. *Bull. A.F.E.S.*, 73, p.388-391.
- FAUCK (R.) - 1956 b - L'évolution des sols sous culture mécanisée, le problème du pH et de sa correction. *Congr. intern. Sci. Sol*, 6, 1956, Paris, D, p.379-382.
- MARTIN (G.) - 1966 - Synthèse des travaux pédologiques O.R.S.T.O.M. dans la vallée du Niari (Rép. du Congo Brazzaville). (*sous presse*)
- MOURARET (M.) - 1965 - Contribution à l'étude de l'activité des enzymes du sol. L'asparaginase. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 9, Paris, 112 p.
- MOUREAUX (C.) - 1959 - L'activité microbiologique et ses variations dans l'année en divers sols des Hauts-Plateaux malgaches. *Mém. Inst. Rech. Sci. Madagascar*, sér. D, IX, p.121-199.
- PORTERES (R.), FAUCK (R.) - 1961 - Etude d'économie agricole et rurale en Casamance. Possibilités d'implantation d'une agriculture modernisée sur les plateaux de la Moyenne-Casamance. Ministère de l'Economie rurale (Rép. du Sénégal), Dakar, F.A.C., Paris, 89 p., multigr.
- SCHAEFER (R.) - 1963 - L'activité déshydrogénasique comme mesure de l'activité biologique globale des sols. *Ann. Inst. Pasteur*, 105, p.326-331.
- VAN DER PAAUW (F.) - 1965 - Wetterabhängigkeit der Bodenfruchtbarkeit. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde*, Bd 108, p.129-137.

ANNEXE - ENSEMBLE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES

Traitement : a) Sols maintenus humides sans percolation (témoins)
 b) Arrosage par H₂O
 c) Arrosage par percolats

Sols		Indice glucose (mg glucose consommé /20 g sol)			Activité invertasique (mg sucres réducteurs /100 g sol)			Richesse minérale globale (en mg mycé/20 g sol)			Déshydrogénase (μ l H ⁺ /10 g sol)			pH eau		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Vertisols lithomorphes	1	77,7	73,3	87,5	1075	1118	1088	912	573	972	5,39	3,08	4,62	7,2	6,9	7,1
	2	68,0	76,4	78,4	582	582	555	450	339	394	1,54	0	0,77	7,4	7,1	7,3
	3	78,8	81,5	82,9	772	755	743	210	271	244	3,85	2,31	3,85	-	-	-
	moy.	74,8	77,1	82,9	810	818	795	524	394	537	3,59	1,80	3,08	7,3	7,0	7,2
Bruns subarides	1	50,8	26,1	39,5	675	788	582	193	100	185	3,08	0,77	3,08	5,7	4,6	5,5
	2	80,6	59,1	64,1	540	475	500	130	36	95	6,16	3,08	6,16	7,8	7,6	7,8
	3	47,3	11,6	26,2	675	500	500	445	304	369	6,93	2,31	5,39	7,2	5,8	7,3
	moy.	59,6	32,3	43,3	630	588	527	256	147	216	5,39	2,05	4,88	6,9	6,0	6,9
Ferrugineux tropicaux	1	8,0	4,3	7,8	110	150	133	50	27	44	6,93	2,31	6,16	5,2	4,2	4,9
	2	7,7	3,4	10,5	110	133	110	156	82	148	3,85	0	0,77	6,1	5,2	6,0
	3	28,9	9,2	29,1	265	265	265	137	62	117	14,63	3,85	10,01	6,8	5,5	6,7
	moy.	14,9	5,6	15,8	162	183	169	114	57	103	8,47	2,05	5,65	6,0	5,0	5,9
Faiblement ferrallitiques	1	46,6	41,2	51,6	450	450	415	78	54	64	7,70	3,85	7,70	5,3	5,0	5,3
	2	41,9	20,2	32,9	500	500	428	83	55	58	15,40	5,39	10,01	4,8	4,4	4,7
	3	25,6	13,4	22,2	372	372	372	71	58	63	7,70	2,31	6,93	4,1	3,8	4,0
	moy.	38,0	24,9	35,6	441	441	405	77	56	62	10,27	3,85	8,21	4,7	4,4	4,7

Sols		Pouvoir nitrificateur mg N-NO ₃ /kg			Bases échangeables : méq/100 g														
		a	b	c	a					b					c				
					CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S
Vertisols lithomorphes	1	25,7	31,8	33,3	24,02	7,00	0,24	0,27	31,60	25,98	6,29	0,20	0,16	32,63	25,97	7,26	0,26	0,25	33,74
	2	18,9	18,9	26,5	43,80	6,15	0,25	0,26	50,46	42,03	5,37	0,28	0,18	47,86	44,70	5,97	0,26	0,36	51,29
	3	22,7	30,3	24,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moy.	22,3	27,0	28,0	33,91	6,58	0,25	0,27	41,03	34,00	5,83	0,24	0,17	40,25	35,34	6,62	0,26	0,31	42,52
Bruns subarides	1	33,4	13,6	19,7	6,58	1,73	0,30	0,07	8,68	6,03	1,09	0,20	0,04	7,36	6,67	2,02	0,31	0,09	9,09
	2	49,2	21,9	20,4	14,77	3,32	0,36	0,07	18,52	15,18	3,00	0,18	0,03	18,39	15,69	1,71	0,35	0,09	17,84
	3	36,3	13,6	16,6	3,07	1,29	0,25	0,12	4,73	3,07	0,45	0,12	0,06	3,70	3,13	1,02	0,23	0,11	4,49
	moy.	39,7	16,3	19,0	8,14	2,11	0,30	0,09	10,64	8,09	1,51	0,17	0,04	9,82	8,49	1,58	0,30	0,10	10,47
Ferrugineux tropicaux	1	10,6	9,9	8,3	1,48	0,57	0,04	0,09	2,18	1,20	0,35	0,04	0,04	1,73	1,38	0,50	0,04	0,05	1,97
	2	9,1	6,8	8,3	1,18	0,25	0,09	0,06	1,58	0,87	0,34	0,02	0,03	1,26	1,30	0,10	0,10	0,06	1,56
	3	19,0	11,4	12,9	2,87	0,95	0,16	0,08	4,06	2,27	0,73	0,04	0,01	3,05	3,06	0,92	0,16	0,02	4,16
	moy.	13,0	9,3	10,0	1,84	0,59	0,10	0,08	2,61	1,45	0,47	0,03	0,03	2,01	1,91	0,51	0,10	0,04	2,56
Faiblement ferrallitiques	1	27,2	21,2	22,7	5,35	2,18	0,08	0,06	7,67	4,54	1,59	0,02	0,04	6,19	5,24	2,00	0,07	0,05	7,36
	2	32,6	17,4	28,0	2,26	1,39	0,08	0,05	3,78	1,78	1,00	0,02	0,03	2,83	2,29	1,32	0,08	0,05	3,74
	3	17,4	12,1	13,6	1,64	0,90	0,07	0,04	2,65	1,39	0,71	0,04	0,10	2,24	1,57	0,48	0,06	0,03	2,14
	moy.	25,7	17,0	21,3	3,08	1,49	0,08	0,05	4,70	2,57	1,10	0,03	0,06	3,75	3,03	1,27	0,07	0,04	4,41