

Étude de l'évolution de quelques caractéristiques hydriques des sols liée à une modification du couvert végétal en savane occidentale de moyenne altitude à Madagascar

par A. CORNET (*)

RESUME

Dans le cadre des études de pâturages naturels et artificiels réalisées à la Station de Kianjasoa dans le moyen Ouest malgache, l'évolution des sols a été examinée sous pâturage brûlé chaque année, mis en défens depuis huit ans et cultivé en *Stylosanthes gracilis*.

Cette évolution a été estimée par l'étude des propriétés physiques et hydriques des sols. Ces dernières ont été réalisées par la mesure de l'humidité, de l'infiltration et du ressuyage à l'aide d'un humidimètre à neutrons.

Ces travaux ont montré que *Stylosanthes gracilis* améliorait le sol comme une mise en repos prolongée, en particulier en améliorant la porosité, la perméabilité et en faisant disparaître l'horizon induré.

Il en résulte qu'une jachère fourragère à *Stylosanthes gracilis* peut avoir un effet améliorant sur le sol, comparable à celui d'une jachère longue non fourragère.

INTRODUCTION

Le Moyen-Ouest Malgache, qui appartient à la partie occidentale des hauts plateaux, est presque uniformément recouvert d'une savane herbeuse périodiquement incendiée. Le sol ferrallitique, à texture argilo-sableuse, avec à faible profondeur un horizon induré, n'a qu'une médiocre aptitude culturale.

Des essais de mise en défens contre le feu et le bétail, effectués par l'I.E.M.V.T. au centre de Kianjasoa, ont montré qu'il y avait alors évolution du couvert végétal et amélioration des caractéristiques du sol; amélioration qui se retrouve également sous cultures de *Stylosanthes gracilis*, légumineuse fourragère.

Il nous a paru intéressant d'étudier quelques aspects de cette évolution du sol afin d'en dégager l'intérêt qu'elle peut présenter pour une éventuelle utilisation.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Monsieur GRANIER qui a bien voulu mettre à notre disposition les moyens de l'I.E.M.V.T., ainsi que Monsieur BOURGEAT, Professeur à l'E.N.S.A., pour leurs conseils et leur aide.

I. DESCRIPTION DU MILIEU ET PROTOCOLE EXPERIMENTAL

A. CLIMAT

La station de Kianjasoa, de par sa situation dans la partie ouest des plateaux à une altitude de 1 000 m, se trouve dans une zone à climat

(*) Laboratoire de Botanique, Mission Orstom, Tananarive. R.R.Z.M., Madagascar.

Adresse actuelle : B.P. 1385, Dakar, Sénégal.

tropical d'altitude sub-humide (2) présentant 6 mois de saison sèche et un déficit hydrique cumulé de 240 mm. Les caractéristiques climatiques moyennes sont :

1. Température

Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
23,5	23,6	23,5	23,0	20,9	18,8	18,5	19,3	21,4	23,3	23,4	22,9

Moyenne des maximums : 23,6°; mois le plus chaud : février.

Moyenne des minimums : 18,5°; mois le plus froid : juillet.

Moyenne des maximums du mois le plus chaud : 28,3° C.

Moyenne des minimums du mois le plus froid : 10,8° C.

Ecart entre les moyennes mensuelles : 5,1° C.

Ecart entre les moyennes annuelles : 2,5° C (23,6 et 21,1).

2. Pluviométrie

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne	355,7	296,5	229,1	83,2	32,3	13,5	22,0	9,0	24,4	56,2	161,4	310,3
1972	192,8	294,2	252,9	143,2	52,8	4,0	61,0	6,0	0	143,1	56,6	368,1

Moyenne annuelle : 1 593,6 mm.

Total en 1972 : 1 574,7 mm.

Ecart entre les moyennes annuelles : 783,2 mm (1 583,3 et 1 070,1).

Pour la répartition journalière des pluies en 1972, voir figure 1.

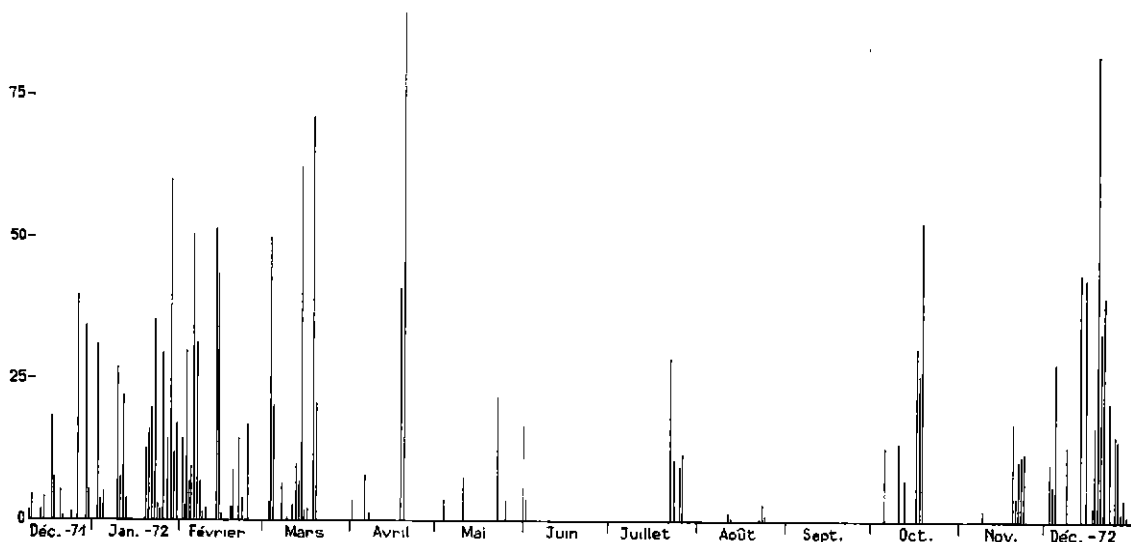


fig: 1 Répartition journalière des pluies en mm.

B. VEGETATION ET SOL

La végétation naturelle actuelle est une savane herbeuse à *Imperata cylindrica*, *Aristida rufescens* et *Heteropogon contortus* maintenue

en équilibre par le pâturage et le régime des feux. Mise en défens, cette savane évolue floristiquement avec dominance d'*Aristida rufescens*, puis embroussaillage par *Sarcobotrya strigosa* et *Psidium guayava*.

Le sol sous-jacent est selon BOURGEAT (1) « un sol ferrallitique rajeuni à horizon friable faiblement désaturé et faiblement allitique, enrichi en quartz, riche en fer amorphe » à texture argilo-sableuse présentant un horizon induré entre 40 et 70 cm de profondeur.

C. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Les trois parcelles mises à notre disposition étaient initialement recouvertes d'une savane brûlée régulièrement et situées sur un sol identique, elles ont subi trois traitements différents par la suite :

- La parcelle I est une savane brûlée régulièrement, elle sert de témoin;
- La parcelle II est la même savane protégée des feux et du bétail depuis 8 ans, elle a évolué floristiquement et tend peu à peu vers l'embroussaillage;
- La parcelle III est cultivée en *Stylosanthes gracilis* depuis 1969, le semis de *Stylosanthes* a été effectué après labour (*).

Nous avons installé, en novembre 1971, trois tubes de 160 cm de profondeur dans chaque parcelle et, de décembre 1971 à octobre 1972, suivi l'évolution de l'humidité du sol dans les trois parcelles, grâce à un humidimètre à neutrons (**).

En fait nous avons l'intention de poursuivre ces mesures jusqu'en décembre 1972; mais les feux exceptionnels d'octobre 1972 ont détruit les installations dans les parcelles II et III.

Durant la période sèche, juillet à octobre, nous avons réalisé : les fosses pédologiques, la mesure des densités apparentes par méthode du densitomètre à membrane, l'étude de l'infiltration sous charge constante et du ressuyage. Ces différents éléments devaient nous permettre d'apprécier les modifications subies par les sols.

II. OBSERVATIONS ET RESULTATS

1. Caractère physique du sol

La comparaison des profils des trois parcelles montre des différences notables.

Description des profils des trois parcelles étudiées

Parcelle I	Parcelle II	Parcelle III
<ul style="list-style-type: none"> — 0-5 cm : horizon humifère. — 5-30 cm : horizon assez meuble. Rouge sombre. — 30-70 cm : horizon très compact. Rouge brique ne laissant pas ou peu passer de racines. — 70-160 cm : horizon rouge vif plus meuble d'apparence sableuse. — Vers 160-180 cm : présence de nombreuses pierres de petites tailles. 	<ul style="list-style-type: none"> — 0-10 cm : horizon humifère très spongieux avec une couche de litière et de nombreux rhizomes. — 10-40 cm : horizon rouge sombre meuble assez riche en matière organique. — 40-70 cm : zone rouge brique encore indurée, mais traversée par de nombreuses racines. — 70-160 cm : horizon rouge vif assez meuble. — Vers 160-180 cm : présence de nombreux cailloux. 	<ul style="list-style-type: none"> — 0-20 cm : horizon noir riche en racines et en matière organique, meuble à bonne structure. — 20-70 cm : horizon rouge sombre non induré. — 70-160 cm : horizon rouge un peu plus clair mais peu différent du précédent.

On voit que l'horizon compact 30-70 qui s'est constitué sous savane brûlée régulièrement, tend à disparaître lentement lors de la mise

en défens et assez rapidement sous l'effet du *Stylosanthes*.

Remarque : Une fosse réalisée dans une mise en défens de 12 ans montre un profil partiellement analogue à celui de la parcelle II mais avec disparition de l'horizon induré rouge brique 40-70 devenu meuble.

L'étude des densités apparentes réalisée par la méthode du densitomètre à membrane sem-

(*) Des parcelles homologues de celles utilisées ici ont été en 1971-72 plantées en maïs (par l'I.E.M.V.T.), avec et sans engrais, en vue de voir l'action de l'amélioration du sol sur les rendements de cette culture.

(**) HP 310 mis aimablement à notre disposition par le Laboratoire des Radio-Isotopes de l'Université de Tananarive.

ble ici assez bonne car elle donne une faible dispersion des valeurs. Les résultats (fig. 2) montrent un abaissement très important de la densité apparente dans le cas du *Stylosanthes gracilis* (parcelle III). Par contre l'horizon 40-60 de la parcelle II bien que moins compact présente une densité égale ou supérieure à celui de la parcelle I. La grosse différence de densité apparente de l'horizon 0-20 entre les parcelles III et I, II est vraisemblablement due aux travaux d'installation du *Stylosanthes* dans la parcelle III (labour ...) (fig. 2).

L'analyse granulométrique confirme (tableau I et fig. 3) que les sols diffèrent peu entre eux du point de vue texture, donc que leurs différences physiques ne sont pas liées à des différences de texture, mais plutôt à leur

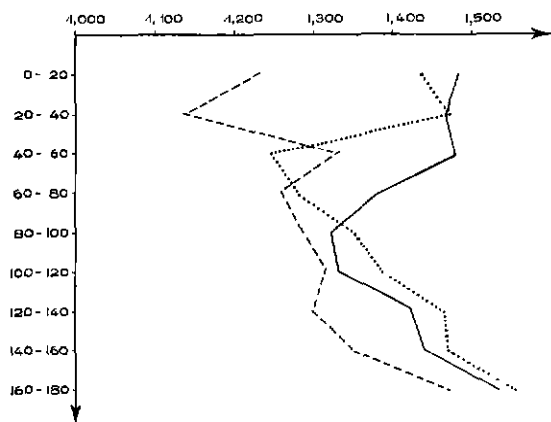


fig. 2 Densité apparente

Parcelle I
 — II —
 - - - III - - -

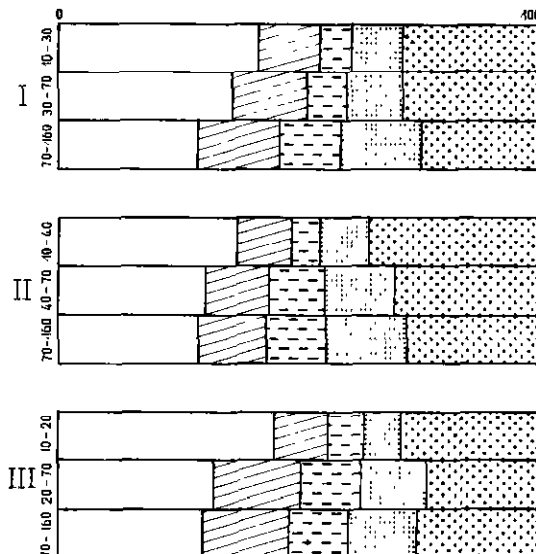


fig. 3 Répartition de la granulométrie dans les trois parcelles

structure qui, elle, est modifiable par le couvert végétal et le système racinaire des plantes.

2. Caractéristiques hydriques des sols

a) Infiltration

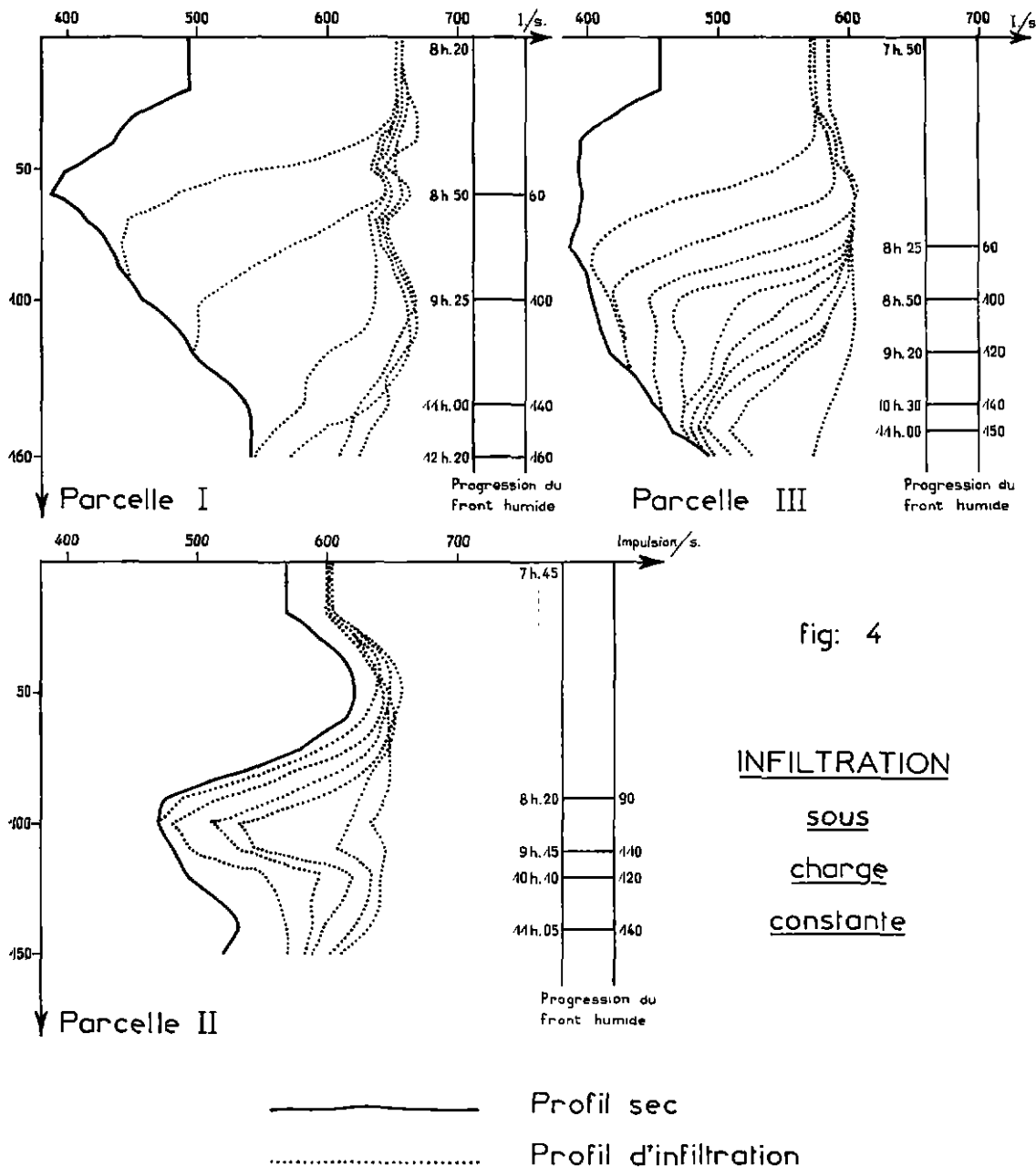
Durant la saison sèche, on peut, en maintenant une hauteur d'eau constante dans une couronne cylindrique, étudier l'infiltration de l'eau (5).

Si la charge est la même, il est possible de comparer divers sols quant à la vitesse d'infiltration. Ici elle était fixée à 10 cm, les résultats sont donnés par le tableau II et figure 4. Ils montrent une augmentation très nette de la vitesse d'infiltration dans la couche 0-60 pour

TABLEAU N° I.-Granulométrie comparée des trois parcelles

	Parcelle I			Parcelle II			Parcelle III		
	I ₁ 10/30	I ₂ 30/70	I ₃ 70/160	II ₁ 10/40	II ₂ 40/70	II ₃ 70/160	III ₁ 10/20	III ₂ 20/70	III ₃ 70/160
2	41,7	36,1	28,4	37,1	30,7	29,2	45,0	32,1	30,2
2 à 20	12,8	15,7	17,5	11,5	13,4	14,3	11,1	18,1	18,0
20 à 50	6,5	8,0	12,9	5,7	11,5	12,4	7,4	12,5	12,1
50 à 200	10,2	11,5	16,8	10,6	14,6	16,9	8,1	13,9	14,5
200	29,0	28,7	24,4	35,1	29,8	27,2	28,4	23,4	25,2

Rectification : 1^{re} colonne, les valeurs sont en μ .
 1^{re} ligne, lire : < 2 μ ; dernière ligne : > 200 μ .



la parcelle III et surtout pour la parcelle II. On peut penser que l'abondance des racines dans la couche supérieure est cause de cette plus grande perméabilité de même que l'amélioration de la structure de cette couche.

On peut rapprocher ces résultats de ceux obtenus par le C.T.F.T. (3) dans la mesure du ruissellement sur des parcelles élémentaires effectuée à Kianjasoa. Il n'y a pas eu de mesures réalisées sur savane mise en défens mais

ce cas est à rapprocher du pâturage naturel fauché, non brûlé, bien que le ruissellement dans la mise en défens doit être inférieur et probablement voisin de 0 en raison de la couche de litière accumulée.

« — Pâturage artificiel de *Stylosanthes* : c'est la parcelle qui donne toujours les ruissellements les plus faibles avec une moyenne de 1,3 p. 100 sur les 4 campagnes ... (1967-1968 à 1971-1972).

TABLEAU N°II.-Cinétique d'infiltration sous charge constante

Profil	Profondeur du front en cm	Heure	Progression en mm	V i t e s s e s	
				cm/mm	m/s
I	0 mise en eau	8 h 20			
	60	8 h 50	30	2,0	$3,33 \cdot 10^{-4}$
	100	9 h 25	65	1,54	$2,57 \cdot 10^{-4}$
	140	11 h 00	160	0,875	$1,46 \cdot 10^{-4}$
	160	12 h 20	240	0,666	$1,11 \cdot 10^{-4}$
II	0 mise en eau	7 h 45			
	90	8 h 20	35	2,57	$4,28 \cdot 10^{-4}$
	110	9 h 15	90	1,22	$2,03 \cdot 10^{-4}$
	120	10 h 10	145	0,828	$1,380 \cdot 10^{-4}$
	140	11 h 05	200	0,700	$1,17 \cdot 10^{-4}$
III	0 mise en eau	7 h 50			
	80	8 h 25	35	2,29	$3,82 \cdot 10^{-4}$
	100	8 h 50	60	1,67	$2,78 \cdot 10^{-4}$
	120	9 h 20	90	1,33	$2,22 \cdot 10^{-4}$
	140	10 h 30	160	0,875	$1,46 \cdot 10^{-4}$
	150	11 h 00	190	0,789	$1,31 \cdot 10^{-4}$

Ensemble du profil 0-140 (I=1,46 10^{-4}
(II=1,17 10^{-4} m/s
(III=1,46 10^{-4}

Couche superficielle 0-60 (I=3,33 10^{-4}
(II=4,28 10^{-4} m/s
(III=3,82 10^{-4}

— *Pâturage naturel fauché* : les ruissellements restent faibles, de 5,4 p. 100 en moyenne.

— *Pâturage naturel brûlé* : ... le ruissellement y est près de deux fois plus important que sur la parcelle fauchée. 9,1 p. 100 en moyenne. »

b) *Ressuyage et capacité de rétention*

L'étude de la cinétique de ressuyage après saturation du sol permet (4, 5) de déterminer, par le passage du ressuyage rapide au ressuyage lent, la capacité de rétention des sols. Les mesures étant trop espacées nous n'avons pu avoir ici qu'une estimation grossière de la capacité de rétention.

TABLEAU N°III.-Capacité de rétention (humidité en p.100 pondéral)

Horizon	Parcelle I	Parcelle II	Parcelle III
0 - 20	27,8	23,5	28,9
20 - 60	26,5	25,0	23,3
60 - 120	27,5	26,0	25,9
120 - 160	25,20	24,0	25,8

On constate que la capacité de rétention est d'autant plus faible que la porosité est plus forte (densité apparente moindre).

La forte valeur obtenue pour la parcelle III dans l'horizon 0-20 peut s'expliquer du fait de sa richesse en matière organique.

Une diminution de la capacité de rétention se produit en bas du profil, ce qui semble lié à la diminution dans cette zone du taux d'argile et à l'augmentation de la teneur en sable.

3. *Étude au cours de la saison 1971-1972 de l'évolution de l'humidité du sol*

L'étude de cette évolution a été réalisée par la mesure, tous les 15 jours, de l'humidité du sol à l'aide de l'humidimètre à neutrons, elle montre :

a) *L'évolution de la réserve totale en eau du sol*

Cette évolution au cours de la saison est représentée sur la figure 5. On constate que la parcelle I possède la réserve totale en eau la plus forte; les parcelles II et III ayant à tout

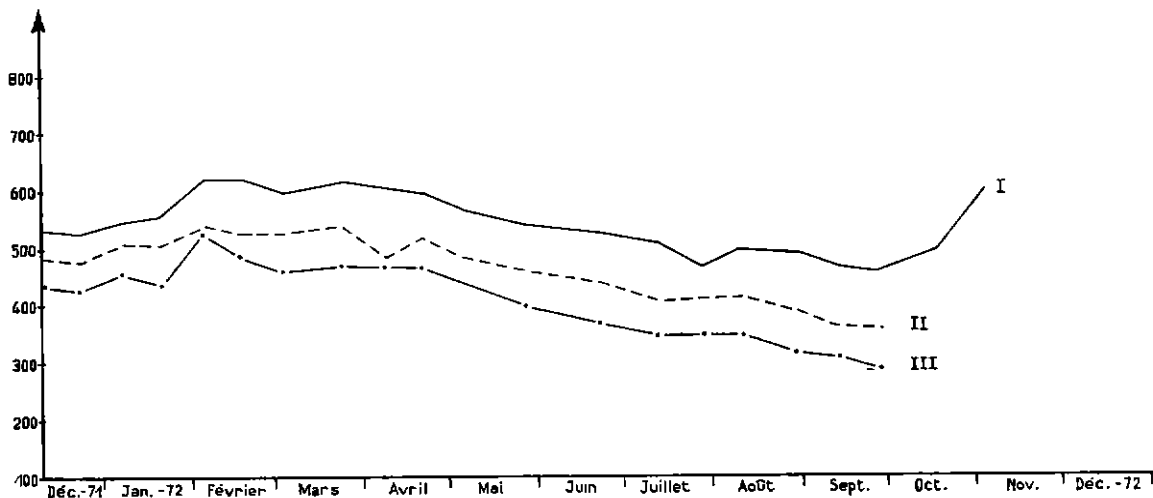


fig. 5 Réserve totale du sol en mm.

moment des réserves inférieures. Cela semble lié à une augmentation de la perméabilité et de la porosité du sol dans le cas des parcelles II et III.

TABLEAU N°IV.-Evolution de la réserve totale en eau en mm.

Réserve	Parcelle I	Parcelle II	Parcelle III
Valeur maximale atteinte	620,59	536,89	521,34
Valeur minimale atteinte	459,27	357,87	288,30
Variation annuelle	161,32	179,02	233,04

En première approximation, on peut dire que la variation entre la réserve totale maximale et la valeur minimale atteinte correspond à la réserve maximale utilisable. Or on constate que les parcelles II et III ont une variation, donc une réserve maximale utilisable plus grande que celle de la parcelle I.

Ainsi, après culture de *Stylosanthes* ou mise en défens de la savane, le sol évolue de telle sorte que la quantité totale d'eau retenue tend à diminuer, mais la fraction utilisable de cette eau étant plus élevée, la quantité disponible pour la végétation est supérieure à celle du témoin.

b) L'évolution de l'humidité du sol

Nous n'avons pas pu reporter tous les profils obtenus au cours de la saison, nous avons seulement reporté l'un des plus humides (18 février 1972) et le plus sec enregistré pour les trois parcelles (27 septembre 1972) (voir fig. 6, p. 494).

Mais les données de l'ensemble des profils ont été utilisées pour la représentation des isohyètes (courbes d'égale humidité) en fonction de la profondeur et du temps pour les trois parcelles (fig. 7, p. 495).

Cette représentation nous montre que le sol de la parcelle I est plus humide que celui de la parcelle II, lui-même plus humide que celui de la parcelle III et cela durant toute la saison.

On voit par ailleurs que l'assèchement dans la parcelle I se produit surtout dans les trente premiers centimètres puis plus lentement en profondeur. La zone profonde 100-160 s'assèchant très tard en fin de saison.

Pour la parcelle II, l'assèchement se répercute plus rapidement en profondeur; ainsi l'assèchement produit début avril 1972 atteint trente centimètres dans la parcelle I et 90 cm dans la parcelle II où l'assèchement des couches profondes est rapide.

La parcelle III présente une particularité propre au système racinaire du *Stylosanthes gracilis*. En effet, celui-ci comporte une zone raci-

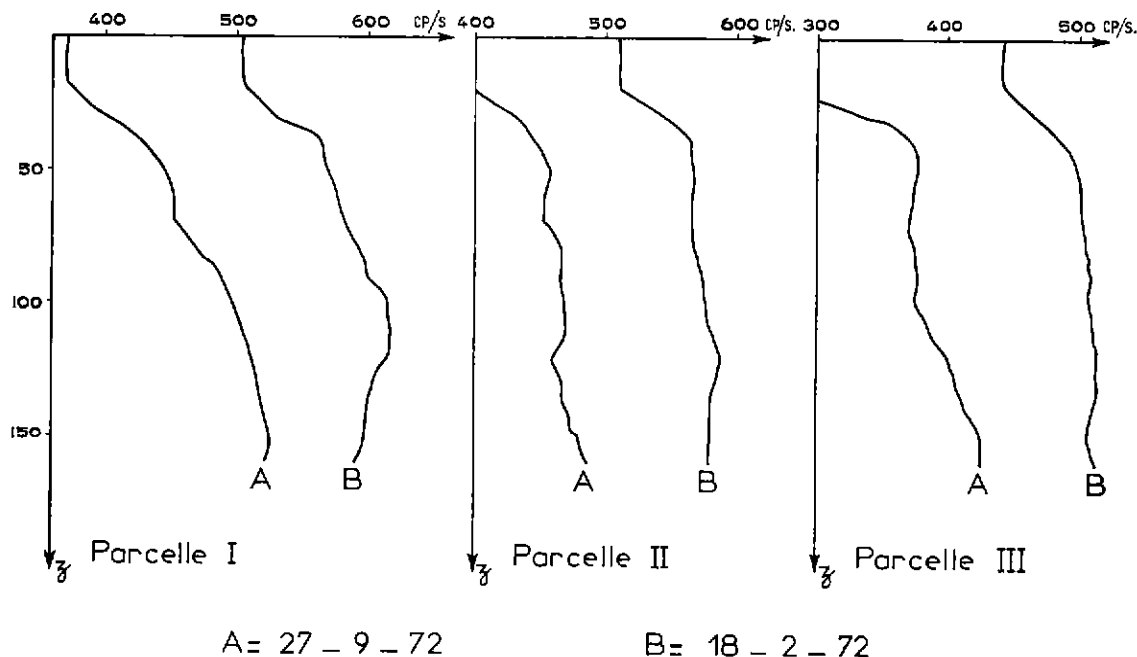


Fig: 6 PROFILS HYDRIQUES

naire dense dans les 20 premiers centimètres, puis une zone de 20 à 50 cm composée surtout de gros pivots sans ramification et enfin une ramification importante en dessous de ce niveau, de sorte que, comme nous le constatons ici, nous avons un assèchement important en surface puis en profondeur, alors que la couche intermédiaire ne se dessèche que plus tard. L'assèchement est plus rapide que pour les autres parcelles et se prolonge plus longtemps en saison sèche, car la plante continue à végéter alors que les plantes de savane sont au repos.

c) *La consommation en eau des divers couverts végétaux durant la saison sèche*

La méconnaissance de la fraction des précipitations qui draine à travers le profil rend impossible le calcul de la consommation en eau ou E.T.R. en période de pluie. Nous ne pouvons donc la calculer que pour la période sèche, de fin mai à fin septembre (voir tableau V, p. 496). Encore que cette année, des pluies d'une importance inhabituelle en juillet ne nous aient pas permis de la calculer pour toute la saison sèche.

De l'examen du tableau V, p. 496, il ressort deux faits importants :

— tout d'abord en septembre, malgré le réchauffement de la température, l'E.T.R. tombe, sauf pour le *Stylosanthes*, au voisinage de 0, ce qui semble montrer que l'humidité du sol se trouve alors au voisinage du point de flétrissement dans la zone étudiée (le *Stylosanthes* ayant des racines plus profondes peut puiser l'eau plus profondément), ce qui justifie notre approximation considérant la différence entre la réserve totale maximale et la réserve totale minimale en septembre comme correspondant à la fraction d'eau utilisable;

— d'autre part on constate que l'E.T.R. moyenne pour la période sèche est plus importante pour le *Stylosanthes*, ce qui est normal, étant donné qu'il continue à végéter durant cette période.

CONCLUSION

Nous voyons que la modification du couvert végétal soit par la mise en défens, soit par l'introduction du *Stylosanthes* amène une modi-

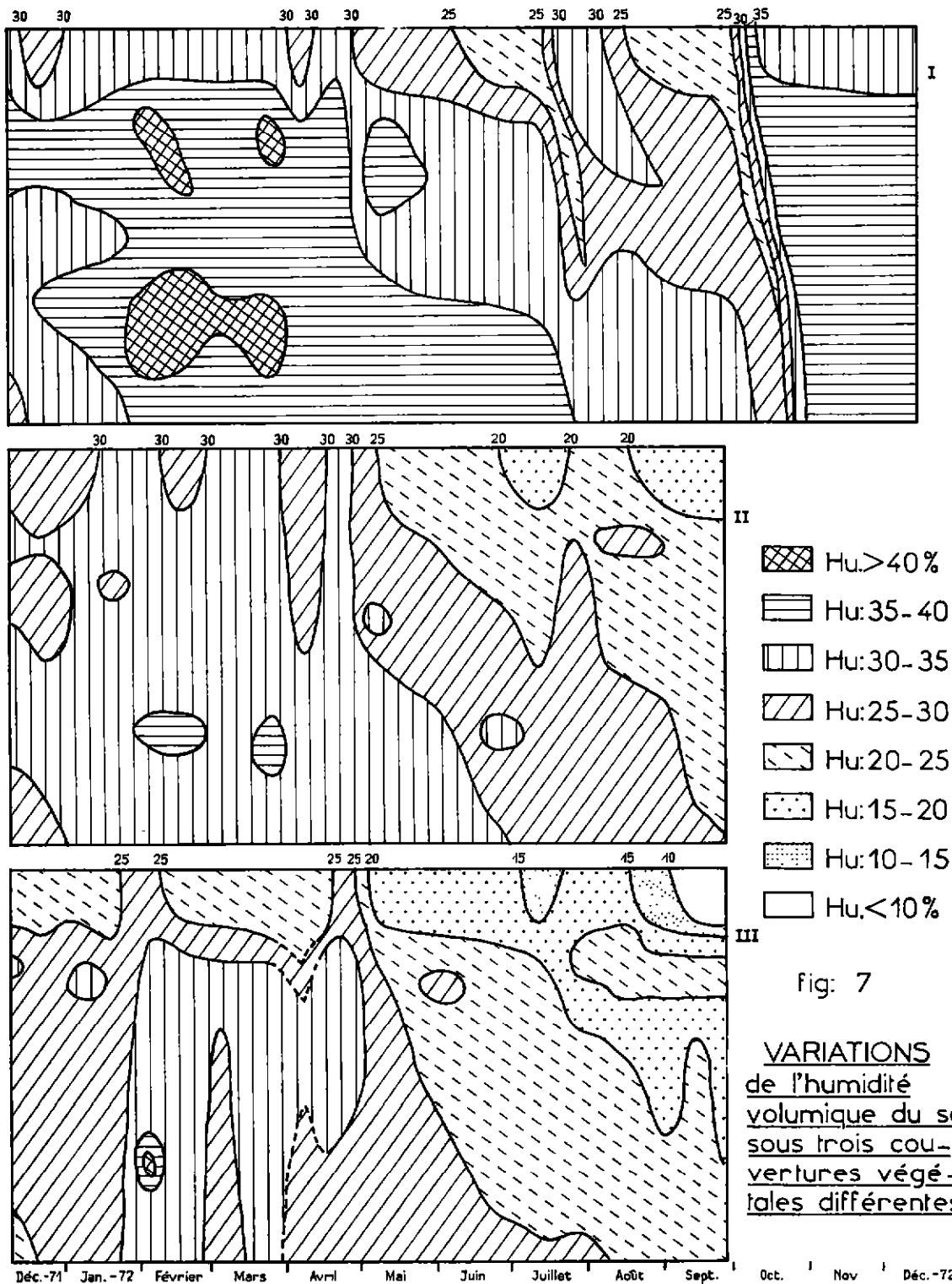


TABLEAU N° V.-Evapotranspiration réelle durant la période sèche

Parcelle	Période	Nombre de jours	DR (mm)	Pluie (mm)	Perte totale (mm)	Consommation journalière (mm)
I	26-05-72 23-06-72	28	15,95	20,5	36,45	1,30
	23-06-72 12-07-72	19	22,23	0	22,23	1,17
	9-08-72 30-08-72	21	11,18	6,0	17,18	0,82
	30-08-72 13-09-72	14	21,25	0	21,25	1,52
	13-09-72 27-09-72	14	2,87	0	2,87	0,21
		96			99,98	ETR Moyen = 1,04
II	26-05-72 23-06-72	28	20,40	20,5	40,90	1,46
	23-06-72 12-07-72	19	32,40	0	32,40	1,70
	9-08-72 30-08-72	21	15,90	6,0	21,90	1,04
	30-08-72 13-09-72	14	26,26	0	26,26	1,87
	13-09-72 27-09-72	14	2,63	0	2,63	0,19
		96			124,09	ETR Moyen = 1,29
III	26-05-72 23-06-72	28	26,87	20,50	47,37	1,69
	23-06-72 12-07-72	19	27,15	0	27,15	1,43
	9-08-72 30-08-72	21	30,28	6,0	36,29	1,73
	30-08-72 13-09-72	14	8,69	0	8,69	0,62
	13-09-72 27-09-72	14	16,32	0	16,32	1,17
		96			135,82	ETR Moyen = 1,41

ETR = évapotranspiration réelle. DR = diminution de la réserve en eau du sol pendant la période considérée.

fication des caractéristiques physiques et hydriques du sol, de ces observations ressortent deux conclusions intéressantes :

— D'une part les savanes dégradées et brûlées de cette zone, qui se trouvent sur des sols semblant peu convenir aux ligneux, sont, lorsqu'elles sont mises en défens, capables d'évoluer floristiquement, ce qui entraîne une modification du sol sous-jacent, qui devient favorable à la forestation. En effet, l'enrichissement du sol en matière organique, la ten-

dance à l'homogénéisation du profil en profondeur, avec disparition de l'horizon compact, et l'augmentation de la porosité en font un sol favorable à l'installation des ligneux.

— D'autre part l'introduction du *Stylosanthes gracilis* sur les sols de cette zone présente, outre les avantages fourragers de cette plante, celui de provoquer une amélioration rapide du sol, le rendant ainsi plus apte à la culture.

Ces observations devraient être corroborées par les résultats des essais agronomiques.

SUMMARY

**Evolution study of some water characteristics of the soils
in relation to modified grass cover in mean altitude West savannah
in Madagascar**

Within the framework of studies carried out on natural and cultivated grasslands at the Kianjasoa Station in the Middle West of Madagascar, soil evolution was investigated under grassland burnt each year, protected from grazing for 8 years and oversown with *Stylosanthes gracilis*.

Evolution was evaluated by studying the physical and hydric properties of the soils. For the latter, moisture, infiltration and decrease of moisture in the soil were measured by using a neutron probe.

Work showed that *Stylosanthes gracilis* improved the soil as a prolonged resting treatment, more particularly, by improving porosity, permeability and suppressing the indurated horizon.

Thus, a *Stylosanthes gracilis* fodder fallow can have the same improving effect on soils as a long fallow without fodder plants.

RESUMEN

**Estudio de la evolución de algunas características hídricas
de los suelos ligada con una modificación del cubierto vegetal
en sabana occidental de media altitud en Madagascar**

Dentro de los límites de los estudios de pastos naturales y artificiales realizados en la Estación de Kianjasoa, en el Medio Oeste malgacho, se examinó la evolución de los suelos con pasto quemado cada año, prohibido de pastoreo desde ocho años y cultivado con *Stylosanthes gracilis*.

Se valuó esta evolución por el estudio de las propiedades físicas e hídricas de los suelos. Se determinaron éstas por la medida de la humedad, de la infiltración y del resecamiento mediante un humedmetro con neutrones.

Estos trabajos mostraron que *Stylosanthes gracilis* mejoraba el suelo como un barbecho prolongado, particularmente al mejorar la porosidad, la permeabilidad y al hacer desaparecer el horizonte endurecido.

Resulta que un barbecho forrajero con *Stylosanthes gracilis* puede mejorar el suelo como un barbecho largo no forrajero.

BIBLIOGRAPHIE

1. BOURGEAT (F.). Sols sur socle ancien à Madagascar. *Mémoire ORSTOM*, 1972, n° 57, 335 p.
2. CORNET (A.). Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. 1972. Notice 31 p., annexes, carte (à paraître).
3. C.T.F.T.: Division Sol-Forêt. Résultats des parcelles élémentaires de la Station de Kianjasoa. Rapport dactylographié. Tananarive, juin 1972, 4 p., annexes.
4. FEODOROFF (A.). Infiltration et problèmes agronomiques. Quelques approches expérimentales. *Rev. Houille blanche*, 1969 (8): 869-883.
5. POURRUT (P.) et ZEBROWSKI (C.). Détermination de certaines caractéristiques hydrodynamiques des sols par utilisation des méthodes neutroniques. Rapport multigraphié. Tananarive, ORSTOM, section Hydrologie, 1970, 33 p., annexes.
6. TALINEAU (J.C.). Résultats préliminaires sur l'étude de l'évolution du sol sur quelques plantes fourragères et de couvertures en basse Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM sér. Biol.*, 1968 (5): 49-64.
7. TALINEAU (J.C.) et LESPINAT (P.A.). Evolution des profils hydriques relevés par la méthode neutronique sous quelques plantes fourragères en saison sèche. *Cah. ORSTOM sér. Biol.*, 1971 (15): 3-20.