

EVOLUTION DU TAUX DES REDUCTEURS DU FER EN FONCTION DE L'HUMIDITE DU SOL

Irène BRYSSINE et M. VANHAMME

I. Introduction

Depuis près de trois années, l'étude du régime hydrique et de l'activité microbiologique des sols du Centre de Travaux d'Oulmes, formant une toposéquence, est poursuivie.

Dès le début de l'année 1971, l'analyse microbiologique a porté également sur l'évolution des organismes réducteurs du fer. Les résultats acquis intéressant cette dynamique, en relation avec le régime hydrique des sols au cours de la même année, font l'objet des pages suivantes.

II. Conditions du milieu

Le Centre de Travaux d'Oulmes est situé dans le Massif Central marocain, sur un plateau largement découpé, à près de 1 220 mètres d'altitude et distant d'environ 200 kilomètres de la mer.

A. Configuration générale

Le Massif d'Oulmes est fortement entaillé par des vallées pro-

fondes à pente parfois très raide. Sur le plateau, assez uniformément ondoyant, s'érige des massifs quartziteux, réservoirs d'eau alimentant les nombreuses sources de la région qui donnent naissance à de petites rivières de faible importance mais cependant pratiquement jamais à sec. Par endroit, des sources holocrènes créent une zone, réduite, plus ou moins marécageuse, avant de permettre à l'eau de s'écouler en un fin filet permanent. Nombre de sources rhéocrènes sont captées par les habitants pour les besoins de leur alimentation.

En hiver, des eaux de ruissellement rendent le terrain parfois fortement humide et entraînent une érosion souvent intense sur les pentes.

B. Climat normal

La température moyenne de cette Station, calculée sur 21 ans est de $15^{\circ}4$ tandis qu'en juillet elle oscille autour $33^{\circ}8$ et en janvier $2^{\circ}6$. Les températures nocturnes hivernales baissent vers $-9^{\circ}C$ en février mais en juillet, le jour, elles peuvent monter à $45^{\circ}C$ (TABLEAU 1).

Suivant la classification d'EMBERGER ce climat se range donc dans l'étage sub-humide à hiver frais et serait semi-continentale pour DEBRACH (8,11).

Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 773 millimètres. Elles se concentrent normalement d'octobre à mai ($P > 2T$). Le nombre de jours de pluie au cours de l'année est relativement faible (66) et les mois les plus pluvieux ne présentent que huit jours de pluie.

Il en résulte que les possibilités de lessivage du sol, traduites par l'indice de LANG sont relativement élevées (P/T annuel = 50,2) et que l'énergie climatique de G. BRYSSINE, conditionnant le potentiel de transformation des roches, l'est également ($P \times T$ annuel = $1,2 \times 10^4$).

a. Durant la saison pluvieuse

La saison réellement pluvieuse s'étend normalement sur huit mois et présente deux importantes périodes de précipitation novembre-décembre d'une part, et février-mars d'autre part. Ces quatre mois concentrent respectivement 30 % et 25 % des pluies totales.

Durant cette saison, les températures sont relativement basses comme l'indique le tableau I. Les amplitudes journalières sont également assez faibles.

TABLEAU I

	P	T	M	m	M	m	A	P/T	P.T.	REE	Mois
Annuel	773	15°,4	45°,0	-9°,0	21°,4	9°,4	12°,0	50,2	1.210 ⁴	—	—
Saison humide (P=2T)	721	11°,5	34°,5	-9°,0	16°,7	6°,2	10°,5	62,7	8.310 ²	8	X-V
Saison sèche (P=2T)	52	23°,2	45°,0	5°,0	30°,8	15°,7	15°,1	2,2	1.210 ³	4	VI-IX
Annuel	930	15°,8	38°,0	-2°,0	20°,4	11°,1	9°,1	58,8	1.510 ⁴	—	—
Saison humide	857	10°,2	22°,0	-2°,0	14°,1	6°,5	7°,6	94,0	8.7.10 ³	6	XII-V
Saison sèche	73	21°,4	38°,0	5°,0	26°,7	16°,2	10°,5	3,4	1.6.10 ³	6	VI-XI

P = précipitation en mn; T = Température moyenne journalière en °C; M = maximum absolu; m = minimum absolu; M = maximum moyen journalier; m = minimum moyen journalier; A = amplitude journalière (M - m); P/T = indice de LANG; P.T. = indice de BRYSSINE.

L'indice de LANG élevé durant cette période atteint son maximum en décembre-janvier. L'indice de G. BRYSSINE, par contre, est plus élevé en début de saison pluvieuse que durant la deuxième saison de grosses pluies, en raison des températures plus importantes en automne qu'en fin d'hiver.

b. Durant la saison sèche

Les rares précipitations estivales de ces quatre mois de saison sèche ne représentent que 6,6 % du total annuel. Les températures deviennent importantes, de même que les amplitudes journalières.

Durant ces mois, les possibilités de lessivage sont pratiquement inexistantes, mais celles de transformation des matériaux pédologiques restent encore élevées.

C. Végétation

Actuellement, la région d'Oulmes est couverte de quelques massifs forestiers tant naturels qu'artificiels, de mattoral et de prairies. Des cultures arbustives se développent d'années en années. La présence des massifs forestiers naturels, de chêne vert principalement, se rencontrant encore sur les promontoires schisto-quartziteux, permet de supposer que la majorité des sols de la région se sont développés sous une végétation arbustive ou, au moins, buissonneuse.

D. Sols

Les sols du Plateau d'Oulmes sont considérés par WATTEUW (16) comme appartenant à la série des sols bruns tempérés caillouteux, probablement forestiers, se développant sur substratum schisto-quartziteux primaire du Gothlandien. Il est évident qu'ils se différencient suivant les conditions écologiques particulières à leur situation.

III. Profils étudiés

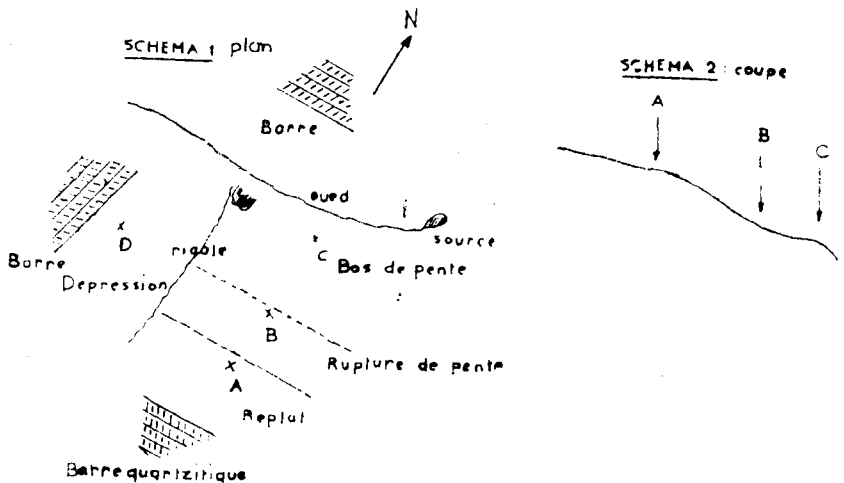
Les quatre profils étudiés dans le périmètre du Centre de Travaux peuvent être considérés comme étant des sols bruns rubéfié pour le profil A, hydromorphe pour le profil B, lutésifié pour le C et aérohydrique à nappe peu profonde pour la coupe D.

Leurs principales caractéristiques sont les suivantes.

A. Situation

La station d'étude est située sur la pente orientée vers le N-E du Plateau d'Oulmes. Les profils se développent sur les produits d'altération ou de transport des schistes primaires du Gothlandien formant le solum du plateau. Des affleurements de quartzite créent des barres rocheuses situées de part et d'autre du versant qui nous intéresse.

La localisation des profils étudiés est représentée par les schémas 1 et 2 ci-joints.



B. Description

De manière à pouvoir souligner les différences existant entre les quatre profils étudiés, nous signalerons rapidement leurs caractères morphologiques d'une part, et leur aspect physico-chimique d'autre part.

1. Caractères morphologiques

a. Profil A

Les horizons supérieurs de ce profil de haut de pente sont brun-rougeâtre à l'état sec et plus foncés à l'état humide. Vers 50 centimètres de profondeur ils deviennent rouge-jaunâtre à l'état sec et brun-rougeâtre à l'état humide. A la base de la coupe, la couleur évolue nettement vers le rouge. Quelques fentes présentent un enduit brun-foncé presque noir.

La structure de surface, fondue amorphe et de cohésion moyenne, est formée d'éléments nuciformes de tendance anguleuse. Les niveaux sous-jacents se résolvent en fragments polyédriques légèrement cubiques auxquels succèdent une structure polyédrique relativement régulière à tendance prismatique et à mottes plus lourdes. En profondeur, elle est plus massive, de forte cohésion donnant sous la pression des éclats mottés sub-angulaires presque prismatiques. Vers la base du profil où la cohésion est très forte les éclats légers deviennent polyédrico-cubiques. Les mottes sont poreuses.

Les racines ne sont pratiquement présentes que dans les horizons supérieurs tandis que des morceaux de quartzite se remarquent dans toute la coupe.

b. Profil B

Ce profil est le plus différencié des quatre coupes considérées. L'horizon superficiel est de couleur brun-grisâtre à l'état sec, plus foncé à l'état humide. Il devient grisâtre vers la base. Les niveaux moyens deviennent franchement gris tandis qu'en profondeur apparaissent d'importantes bigarrures : au fond gris clair se mêlent des plages brun-jaunâtre fortement brunâtres à l'état humide. Quelques bigarrures apparaissent cependant déjà depuis les horizons superficiels. A environ 45 centimètres, à l'état humide, des taches tendant vers le noir forment des bandes. Les traces radiculaires sont colorées de brun jaune en surface et de brun franc en profondeur.

La structure est meuble, motteuse, à tendance cubique en surface. Elle devient rapidement massive, se dissociant en blocs donnant des fragments polyédriques, anguleux, irréguliers, assez légers et poreux, localement spongieuse. Vers 60 centimètres, elle devient colonnaire, massive lourde et compacte, et il s'en détache des prismes pointus. Au-dessus de ce niveau peut se développer un horizon à structure assez spongieuse et légère. Les horizons bigarrés sont massifs, lourds et compacts, à structure prismatique moyenne donnant, à l'état humide, une structure cubique.

L'ensemble du profil présente des pores tubulaires très abondants vers la surface, plus fins et moins nombreux à partir des horizons moyens. Les racines sont abondantes en surface, plus rares en profondeur. Des morceaux de quartzite se rencontrent dans toute la coupe.

c. Profil C

Profil de couleur générale brun-jaunâtre à l'état sec, plus brun à l'état humide, devenant bigarré jaune-rougeâtre avec des plages noirâtres en profondeur. La différenciation des horizons est relativement peu nette jusqu'à environ 70 centimètres en profondeur.

La structure est fondue massive, de faible cohésion, se dissociant en éléments cubiques vers la surface et en colonnes prismatiques puis polyédriques à faces plates en profondeur. Les agrégats présentent des pores tubulaires.

L'ensemble de la coupe comporte des débris de quartzite. Les radicelles sont relativement peu abondantes en surface et presque absentes vers le bas.

Le haut du profil présente quelques taches brunâtres plus abondantes et plus foncées en profondeur où des concrétions ferrugineuses (à partir de 70 cm) sont observées.

d. Profil D

Profil de couleur générale brun à l'état sec, devenant plus grisâtre à tendance rougeâtre à l'état humide. En profondeur apparaissent des bigarrures brun foncé et des plages noirâtres.

La structure est motteuse dans l'horizon superficiel, de cohésion moyenne, donnant des fragments polyédriques irréguliers, subanguleux, légers, compacts avec des pores tubulaires. Elle devient fondue massive à tendance prismatique, lourde dans les horizons sous-jacents.

Les pores sont nombreux. A plus de 95 centimètres, localement,

se développe une structure spongieuse ; les débris de quartz sont plus abondants que dans les horizons supérieurs et des amas ferrugineux s'y remarquent.

2. Caractères physico-chimiques

La composition moyenne des quatre profils est donnée dans le tableau ci-joint.

La première coupe (A) peut être considérée comme un sol lessivé non calcaire et bien drainé. En effet, son profil granulométrique souligne sa différenciation très nette, le taux d'argile passant de 11 % vers le haut à 34 % vers 80 centimètres de profondeur.

Ce sol est bien humifère, avec un taux d'humus qui dépasse 4 % dans l'horizon superficiel. Il descend en dessous de 1 % à partir de 60 centimètres de profondeur (profil humique forestier).

L'oxyde de fer libre, de couleur orangée, qui représente plus de 35 % du fer total, semble suivre l'argile dans sa répartition dans le profil.

La réaction du sol est nettement acide.

Comme nous l'avons déjà signalé, la structure est bien poreuse dans la partie supérieure du profil mais plus compacte vers sa base. Le nombre de fissures augmente avec la profondeur (structure plus fine) mais leur largeur diminue.

TABLEAU II

Composition physico-chimique moyenne par profil

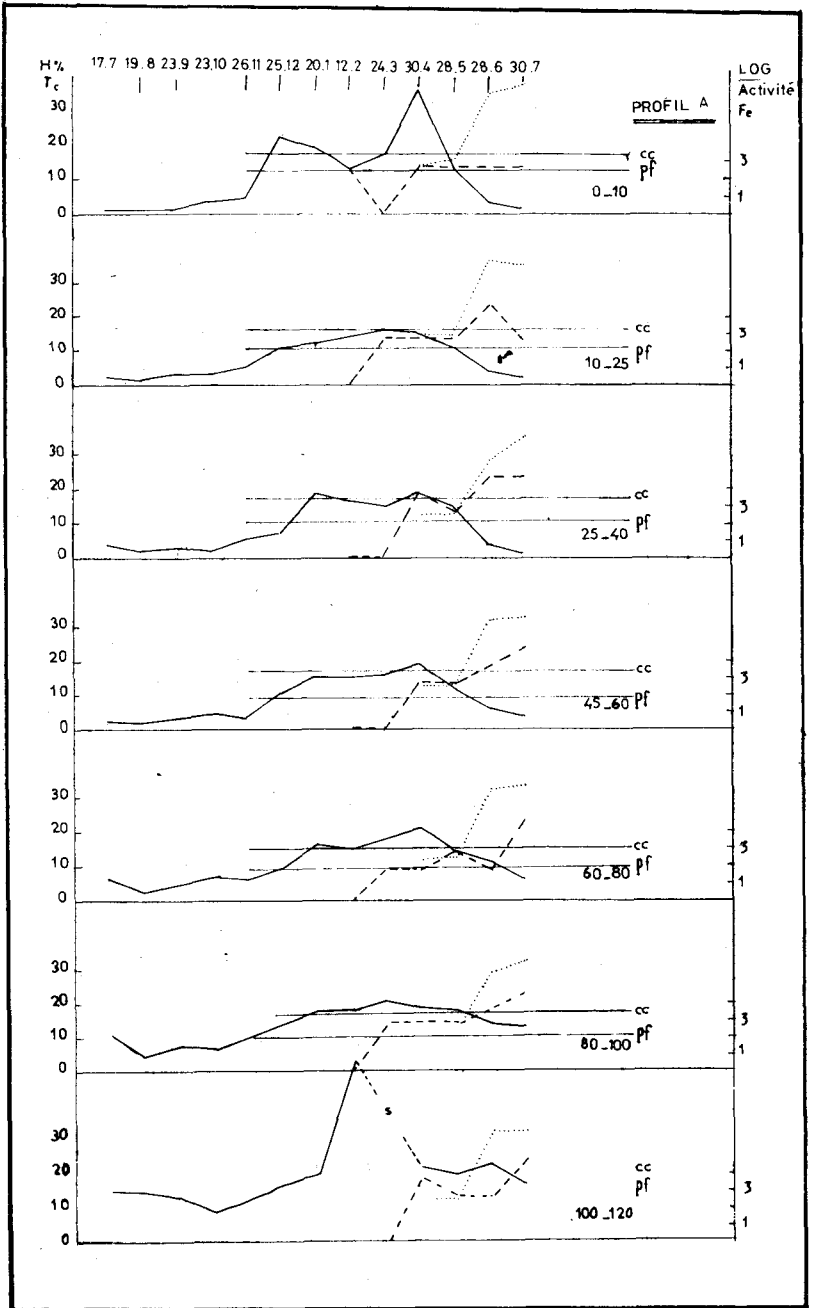
Profils	CS	M.O.	Fe	$\frac{\text{Fe}_l}{\text{Fe}_t}$	$\frac{\text{Fe}_L}{A}$	Pt	C	Nf	Lf	HE=mp	CR	CF	pH	
A	0,120	4	1,65	4,69	52	0,95	34,4	51,6	36	0,09	14,5	15,2	10,9	4,3
B	0,115	4	5,11	4,17	34	0,27	36,3	—	—	—	29,5	25,1	11,5	4,3
C	0,115	3	1,16	4,06	32	0,53	38,8	66,4	12	0,13	19,8	17,8	12,7	5,1
D	0,115)	1,85	3,97	38	0,53	37,6	69,6	31	0,06	18,7	19,9	10,0	4,9

CS : Coefficient de surface
 MO : Matière organique
 Fet : Fer total
 Fel : Fer libre
 A : Argile
 Pt : Porosité totale

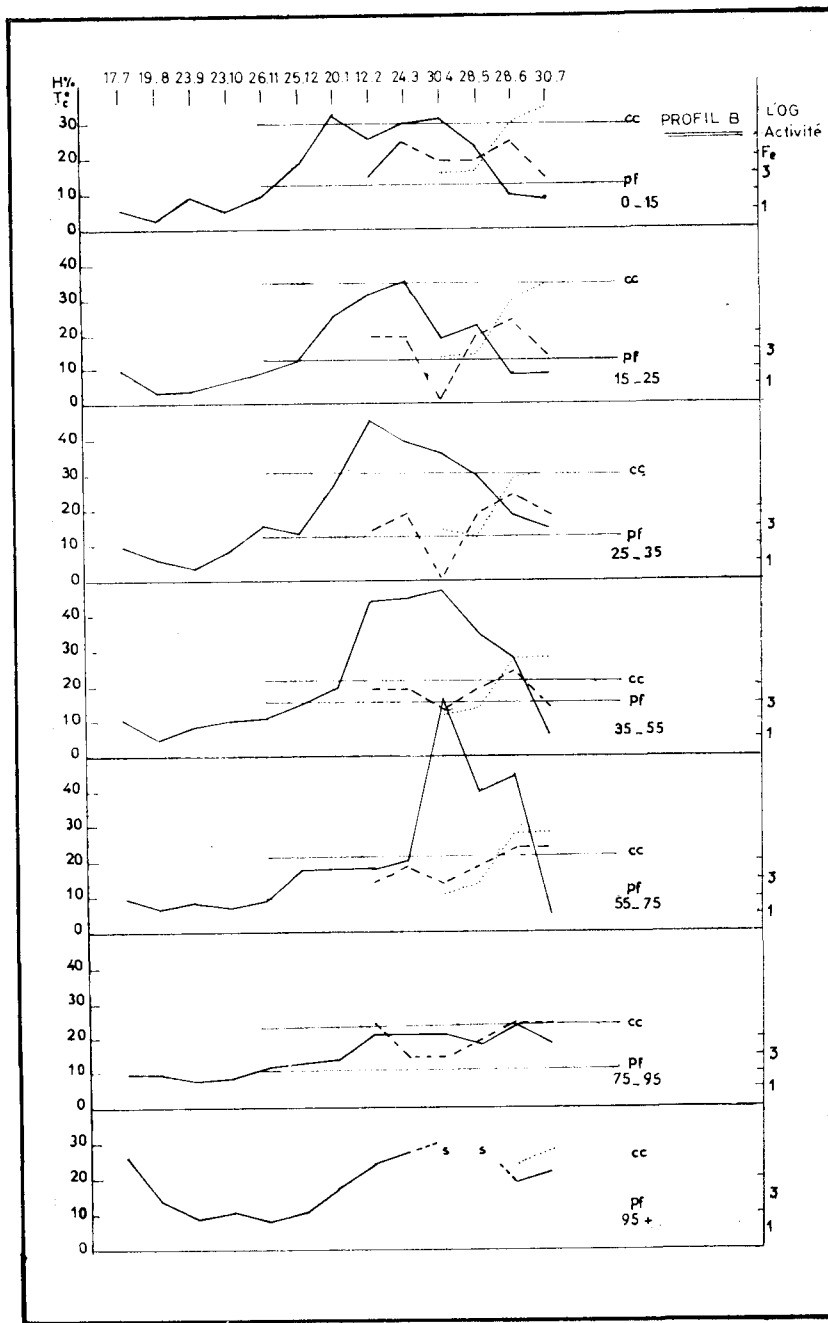
C : Compacité
 Nf : Nombre de fentes
 Lf : Largeur des fentes
 HE=mp : Humidité équivalente
 correspondant à la microporosité
 CR : Capacité au champ
 CF : Point de flétrissement.

GRAPHIQUE I

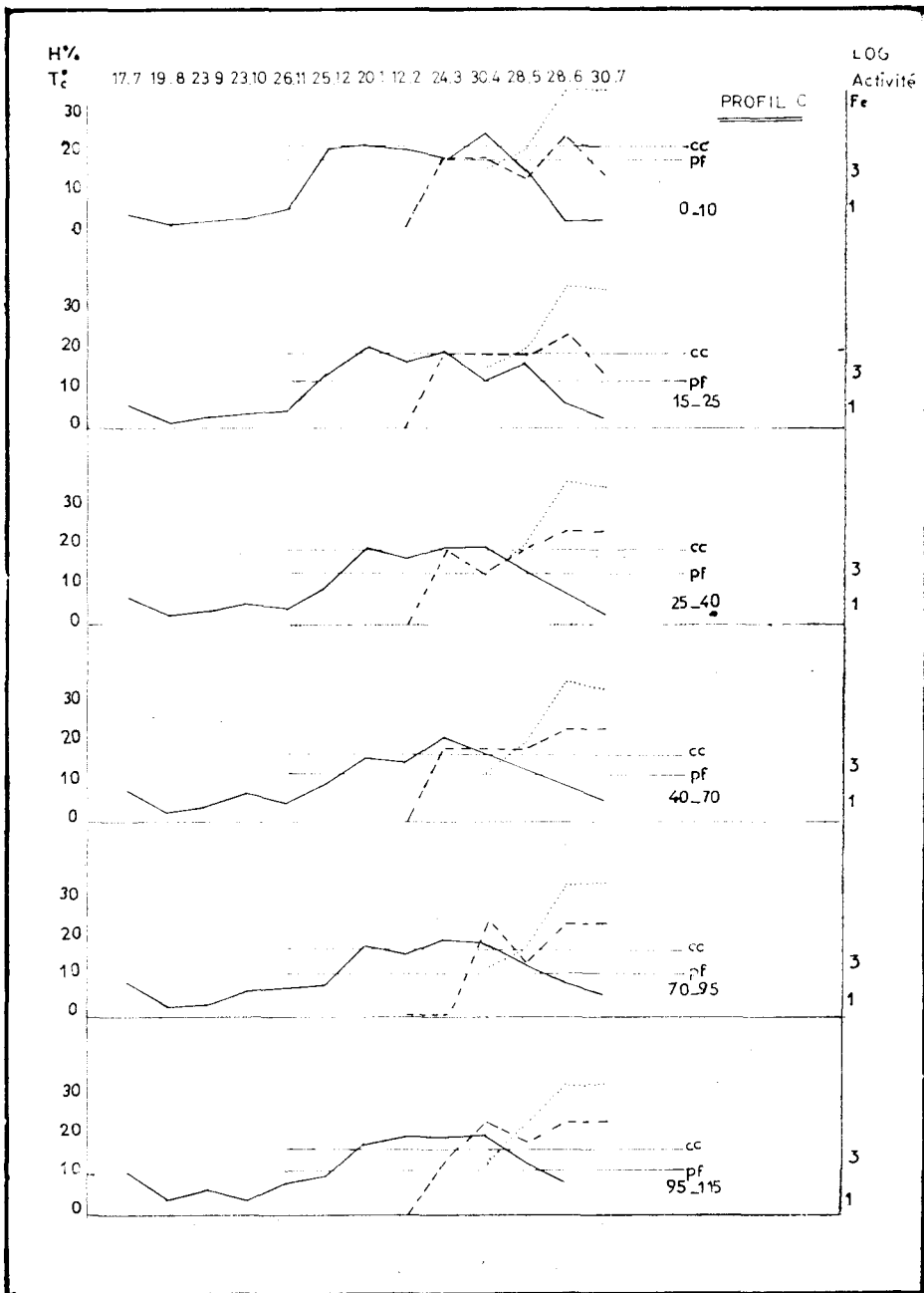
Evolution de l'humidité du sol et des germes ferroréducteurs



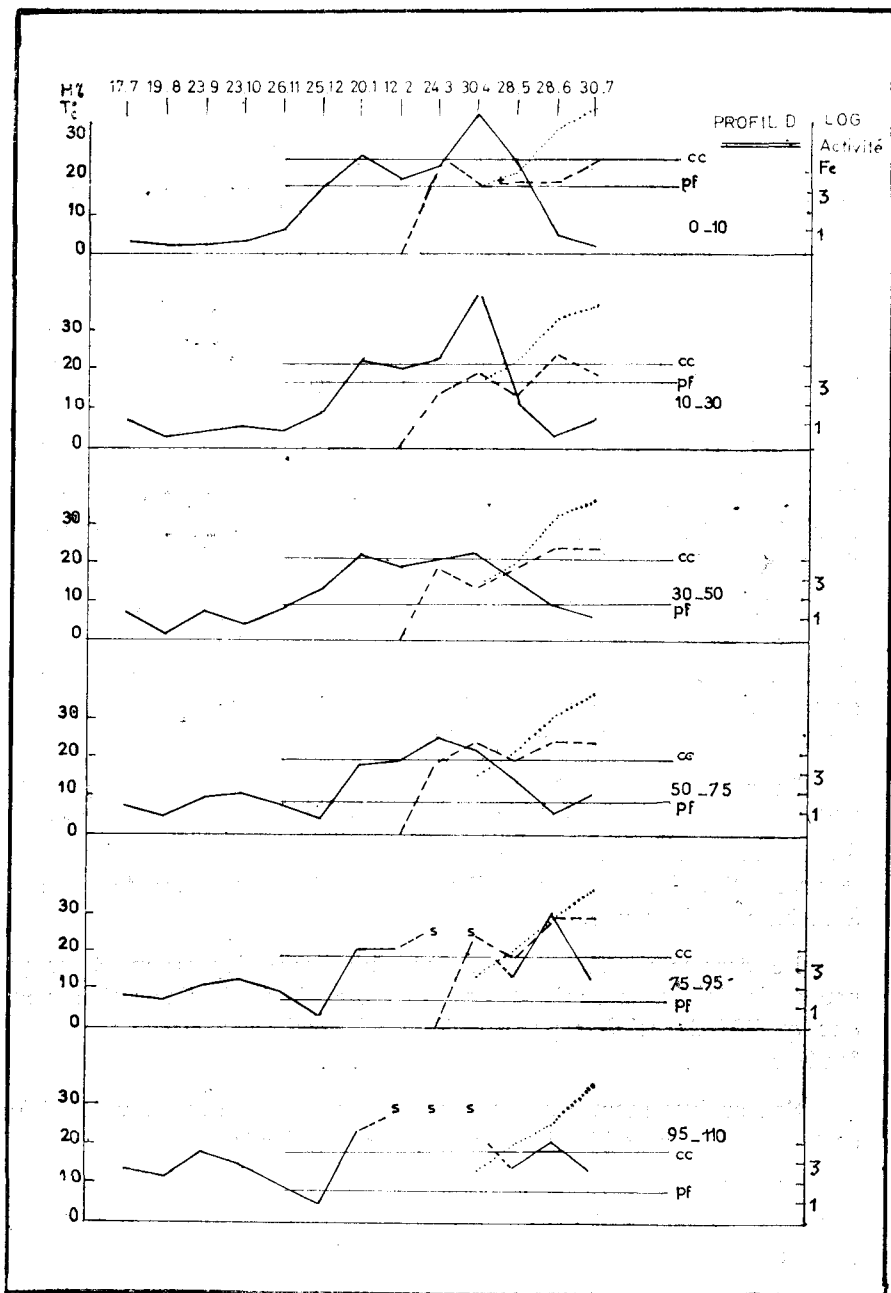
GRAPHIQUE I (suite)



GRAPHIQUE I (suite)



GRAPHIQUE I (suite)



(Trait gras continu : évolution de l'humidité; — Trait gras discontinu : évolution des germes ferroséducteurs; — Trait pointillé : évolution de la température du sol; — cc = capacité du champ; — pf = point de flétrissement).

Le deuxième profil B, situé à la rupture de pente, peut être assimilé à un sol hydromorphe à profil granulométrique non différencié. La base de la coupe est nettement « noyée » en hiver par un écoulement provenant de la partie supérieure de la pente. De ce fait, les horizons supérieurs s'enrichissent en humus dont le taux atteint 10 % vers 35-55 centimètres. Cet horizon « tourbeux » paraît être peu poreux avec une structure prismatique grossière bien développée.

Le taux d'oxyde de fer libre baisse par rapport au profil précédent (30 % du fer total). L'analyse montre une déferritisation nette entre 55 et 75 centimètres de profondeur, avec une apparition de taches et de bigarrures à partir de 75 centimètres.

Le troisième profil (C), situé en bas de pente, sur une petite terrasse, serait un sol à profil granulométrique peu ou pas différencié. L'allure générale du profil humique est également celle des sols forestiers. Cependant, sa teneur en matière organique est la moins élevée des quatre sols étudiés.

Le taux d'oxyde de fer libre qui, par rapport au fer total, se rapproche de 40 %, montre une certaine zone d'enrichissement vers 60 centimètres de profondeur, tant en valeur absolue que par rapport au taux d'argile. Cet oxyde de fer est nettement de nuance jaune. La réaction du sol est également acide.

La porosité totale de ce sol se rapproche de celle du profil A. Malgré une compacité plus élevée que ce dernier et un nombre de fissures restreint, la largeur des fentes reste assez élevée dans tout le profil. Signalons également l'apparition d'une structure foisonnante à la base de la coupe.

Le dernier profil, D, situé dans une large dépression, à nappe peu profonde (vers un mètre), permanente et de faible fluctuation, peut être qualifié de sol à nappe proche de la surface et gleyeux en profondeur.

Son analyse montre un certain enrichissement en argile vers 40-50 centimètres et en sable dans les horizons profonds.

L'oxyde de fer libre, dont le taux par rapport au fer total oscille aux environs de 33 % présente une légère baisse dans le niveau fortement argileux. Il est de nuance orangée dans les horizons supérieurs et de nuance jaune au contact de la nappe.

Le profil humique, d'allure forestière, se rapproche de celui du profil A.

Les valeurs de la porosité totale sont semblables à celles des autres coupes. La compacité, forte en surface, diminue avec la profondeur mais la largeur des fentes reste relativement faible en raison de la structure fine.

IV. Résultats acquis au cours de l'année 1970-71

A. Climat

Au cours de cette année *, les températures diurnes et nocturnes furent plus élevées en automne et au début de l'hiver que durant la période normale. Par contre, elles furent plus basses au printemps et en été.

Les précipitations totales furent nettement plus importantes que celles auxquelles on aurait pu s'attendre puisqu'elles ont atteint 930 millimètres. Elles se sont concentrées de décembre à mai avec une accalmie en février. Le nombre de jours de pluie fut également élevé (80), les mois les plus pluvieux totalisant respectivement 13 jours (janvier) et 16 jours (avril) de pluie.

La saison réellement pluvieuse s'est étendue sur six mois et a présentée deux importantes périodes de précipitations : décembre-janvier d'une part et mars-avril d'autre part. Ces quatre mois ont concentré 41 % et 40 % des précipitations totales. Il y a donc un mois de décalage par rapport à l'année normale, les pluies ayant été plus tardives, empiétant sur le début de la saison sèche.

Les températures ont été plus basses, sauf celles de la nuit (TAB. I). Les amplitudes journalières furent également moindres.

L'indice de LANG a été plus élevé que pour la période normale, alors que l'indice de G. BRYSSINE n'a que peu varié.

Malgré leur abondance, les pluies printanières ont présenté une intensité moindre qu'en hiver (proche de la normale).

Durant la saison sèche, les températures, bien qu'importantes, furent moins élevées que pendant la période normale.

Les possibilités de lessivage furent pratiquement inexistantes durant cette époque tandis que celles de transformation des roches ont été élevées.

* Que Monsieur P. CARDOT, Secrétaire général de la Compagnie Fermière des Sources Minérales d'Oulmes, trouve ici tous nos remerciements pour les renseignements climatiques qu'il a eu l'amabilité de nous communiquer.

B. Régime hydrique des profils

Les profils étudiés* ne subissent aucune irrigation. Leur régime hydrique est donc uniquement sous la dépendance des précipitations.

Le calendrier des pluies, où les dates de l'échantillonnage sont mentionnées, est représenté ci-dessous.

Comme nous l'avons déjà signalé, cette année 1970-71 a été caractérisée par des précipitations printanières plus abondantes que celles qui auraient pu être normalement attendues.

L'humidité des prélèvements réguliers qui ont été effectués fut déterminée par la méthode classique du dessèchement à l'étuve à 105°C de petits échantillons d'une vingtaine de grammes. Les résultats obtenus sont présentés sous forme graphique (GRAPH. I, A.B.C.D.).

Evolution de l'humidité au cours de l'année

D'une manière générale, le sol s'assèche fortement depuis la fin du printemps jusqu'au début de l'hiver. Son taux d'humidité reste proche de l'hygroscopicité maximum jusqu'aux premières pluies importantes. Les légères précipitations automnales ne relèvent que faiblement l'humidité de la terre. Celle-ci ne s'accroît qu'au cours de l'hiver, époque où elle peut dépasser la capacité au champ. Les averses printanières n'empêchent pas le dessèchement du sol qui s'accroît durant la période chaude.

Ce type de régime hydrique, habituel dans les conditions du Maroc, a déjà été signalé par divers auteurs (4, 5, 10, 12, 13).

Dès les premières pluies importantes, l'horizon superficiel des profils A et C s'humidifie rapidement. Cependant, l'accumulation hivernale d'eau s'effectue sur une tranche plus importante de sol dans le second profil que dans le premier. L'eau descend progressivement, avec un retard d'environ un mois à travers toute la coupe qui se maintient ainsi à un taux d'humidité proche de la capacité au champ durant tout l'hiver. Dans le profil A, cependant, l'eau de gravité qui s'écoule submerge rapidement la base de la coupe. Celle-ci présente des filets d'eau traduisant cet écoulement.

Le profil C, par contre, qui se draine parfaitement, ne se submerge pas. Les importantes averses printanières augmentent l'accu-

* L'étude approfondie de ces profils, basée sur des mesures effectuées depuis plusieurs années, est actuellement en cours de réalisation à la Station de Base de Pédologie de la Recherche Agronomique de Rabat.

mulation d'eau en surface, principalement dans le profil A de haut de pente.

Le dessèchement des horizons dès la fin du printemps est rapide, bien que les niveaux profonds du profil A restent plus frais que ceux du bas de pente (C).

La coupe D présente un régime hydrique relativement semblable à ces deux profils, du moins dans les horizons supérieurs. Aucun retard dans l'humectation des couches sous-jacentes ne se remarque cependant. Le niveau profond de 30-50 cm reste à une humidité presque constante tout l'hiver alors que les horizons profonds deviennent très mouillés et que des suintements apparaissent dans les fentes et les fissures.

A la fin du printemps, alors que les horizons supérieurs s'assèchent, le bas du profil reste encore frais, même au début de l'été, en raison des remontées capillaires à partir du plan d'eau. En automne ces niveaux profonds continuent à s'assécher encore alors que les horizons superficiels sont déjà humectés par les premières pluies. En effet, l'eau doit circuler en direction de la nappe basse. Ce ne sont que les écoulements et le relèvement de la nappe à cette époque qui submergeront le profil.

Le profil B, montre une humectation rapide et importante sur environ 55 cm dès les premières pluies. Il y a cependant un décalage d'un mois entre l'évolution de l'humidité de surface et celle des horizons sous-jacents successifs. L'incidence des précipitations printanières est moins marquée que pour les autres profils. Entre 55 et 75 cm, alors que l'humidité est restée relativement faible et constante au cours de l'hiver, il s'établit au printemps une nette circulation d'eau libre. L'horizon sous-jacent reste à une humidité relativement faible et constante durant toute la période pluvieuse. A la base de la coupe, le profil se submerge à la fin de l'hiver en raison des écoulements qui se produisent. L'assèchement des horizons au début de l'été est progressif, mais les horizons profonds restent cependant frais relativement tard dans la saison.

C. Régime thermique des profils

Lors des prélèvements pédologiques et microbiologiques nous avons mesuré la température des divers horizons de ces profils. Les valeurs notées sont donc ponctuelles et correspondent à la température des divers niveaux aux environs de midi. Elles sont représentées par les graphiques II (A.B.C.D.).

Evolution des températures

Il ressort de ces mesures que les températures du sol évoluent plus régulièrement au cours des mois dans les coupes C et D que dans les profils A et B.

Ainsi, au début du printemps, les températures des quatre profils se maintiennent aux environs de 14°C. Elles sont relativement basses et semblables dans les coupes A et B (13°C) et plus élevées (15°C), avec un écart entre les divers horizons plus important dans le C et D. L'ensemble des profils est plus chaud en surface qu'en profondeur.

Au cours du printemps, les températures augmentent progressivement dans la tranchée D et plus brutalement dans les profils A, B et C. Toutefois, le sol de bas-fond (D) reste plus longtemps frais en profondeur en raison de l'écoulement d'eau qui s'y observe encore à cette époque.

Durant la saison estivale, les températures sont élevées, principalement dans la coupe D (36°) tandis que le sol de rupture de pente (B) reste plus frais. Dans les profils A et C, la décroissance avec la profondeur est régulière tandis que la coupe B est homotherme en profondeur et D en équilibre sur presque toute son épaisseur. Cette différence est probablement également due à la persistance de l'humidité dans ces terres.

D. Evolution de l'activité microbiologique

Dans le tableau III, nous avons résumé l'activité microbiologique observé dans la couche de terre d'un mètre d'épaisseur au cours de l'hiver et de l'été 1971.

D'après ces chiffres, on peut se rendre compte que le taux d'*Azotobacter* reste faible dans ces sols. Seul le profil A présente une certaine activité de ces germes au cours de l'hiver. Le taux de *Clostridium* par contre est plus élevé. Ces germes se manifestent principalement dans les profils B et D, d'aspect hydromorphe. Leur développement est moyen en hiver, mais augmente considérablement au début de l'été (juin).

La quantité de germes nitrificateurs reste relativement basse. Les germes nitriques sont moins abondants que les germes nitreux qui subsistent au début de l'été alors que les premiers ont disparu. Ceux-ci se rencontrent principalement dans le profil B.

La dénitrification modérée en hiver, semble être très active au mois de juin.

GRAPHIQUE II

Température du sol

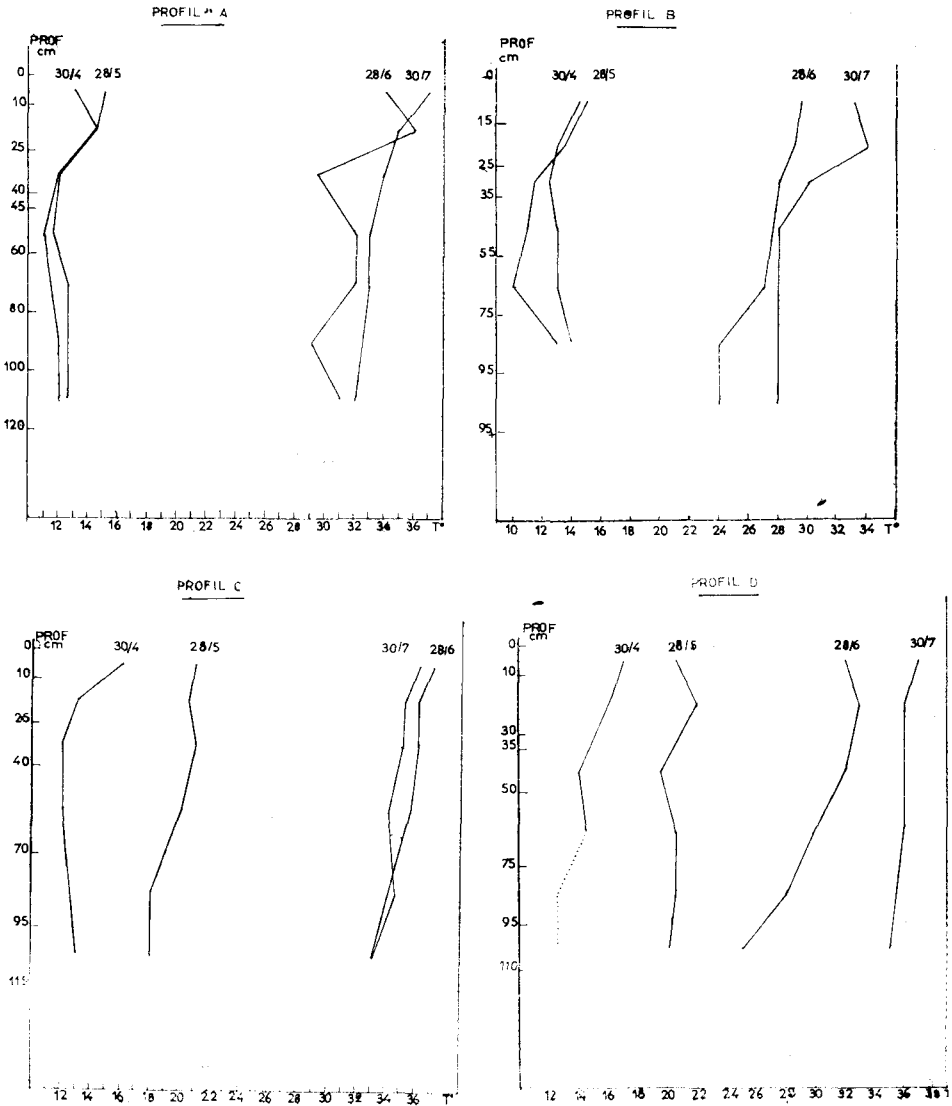


TABLEAU III
 Activité microbiologique moyenne

Profon- deurs	Azotobacter			Clostridium			Nitriques		
				Mois					
	II	III	VI	II	III	VI	II	III	VI
A	1 550	500	0	2 325	1 625	16 600	875	325	0
B	5	5	0	4 100	50 000	40 100	500	10	5
C	0	500	0	2 525	1 175	7 700	500	425	0
D	250	5	0	1 150	5 000	1 400	500	500	0

Profon- deurs	Nitreux			Dénitrificateurs			Cellulolytiques		
				Mois					
	II	III	VI	II	III	VI	II	III	VI
A	950	500	500	5 000	5 000	50 000	41 000	4 100	5 075
B	3 875	5 000	25	2 450	4 325	50 000	17 700	12 750	43 250
C	950	1 625	5	2 975	1 625	50 000	50 000	50 000	5
D	500	950	1 300	3 200	5 000	50 000	50 000	41 000	260

Enfin les cellulolytiques sont très nombreux dans ces sols au cours de l'hiver. Leur taux diminue sensiblement au début de l'été dans les profils A et B. Ils disparaissent presque totalement dans les coupes C et D.

Evolution des germes ferroséducteurs

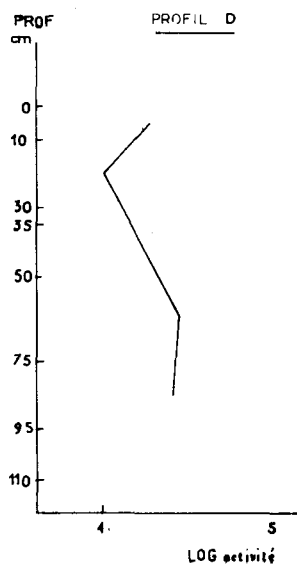
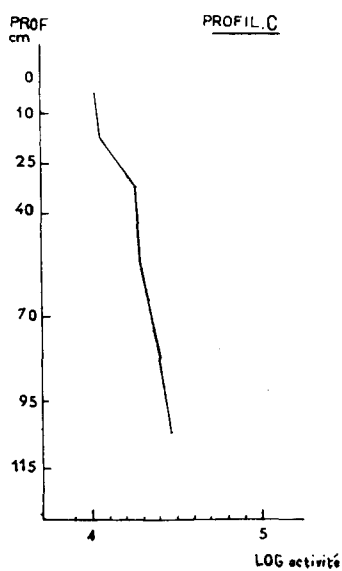
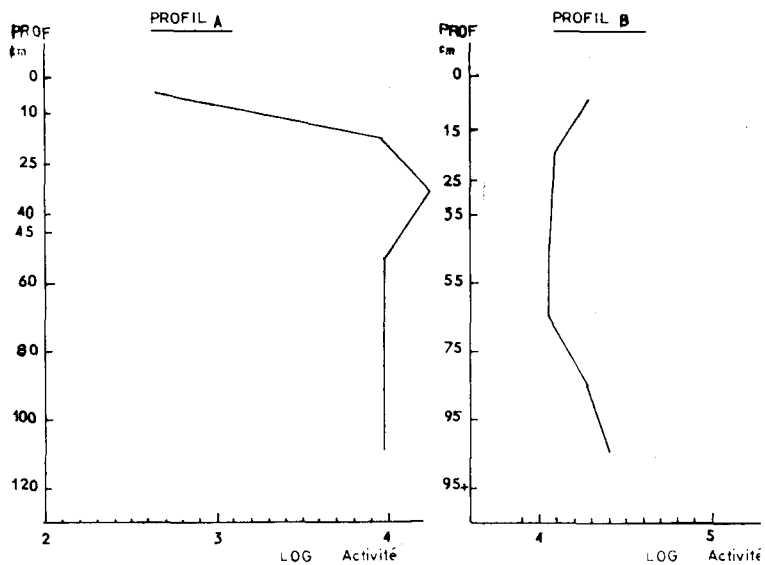
La détermination régulière de ces microorganismes (suivant la méthode de BROMFIELD) n'a débuté qu'au mois de février 1971 et a été poursuivie durant le printemps et le début de l'été. Elle a été reprise au mois d'octobre de cette même année.

Les résultats, exprimés en logarithmes, sont présentés sous forme graphique (GRAPH. I, A.B.C.D., III et IV). Il s'en dégage une similitude des courbes évolutives pour chaque profil, mais avec une variation due soit à l'hétérogénéité du sol soit aux erreurs d'analyses. Nous avons donc été amenés à calculer les variations moyennes des germes pour chaque coupe.

D'une manière générale, le taux d'organismes ferroséducteurs di-

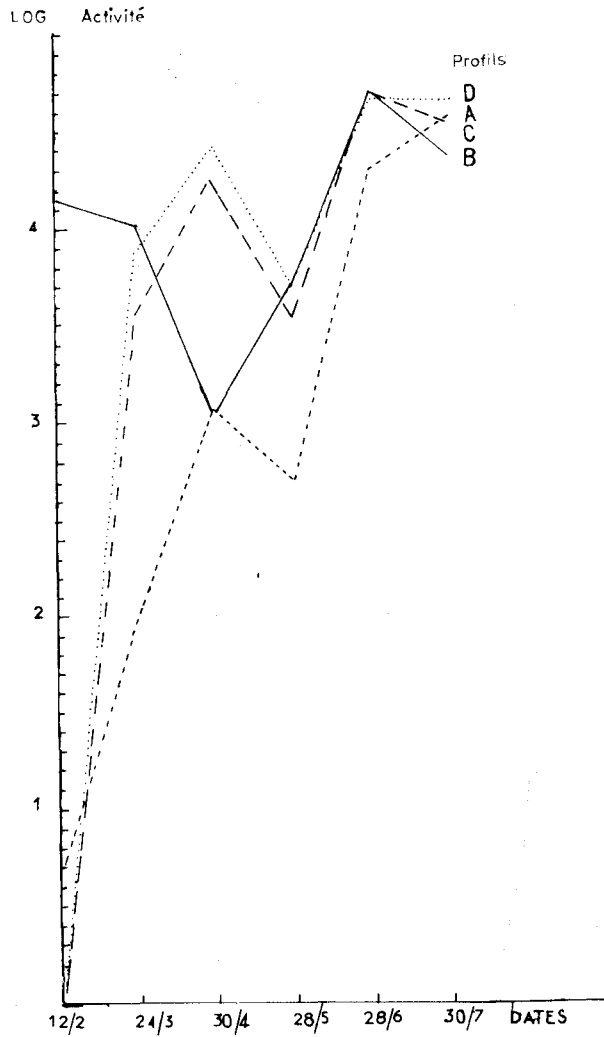
GRAPHIQUE III

Activité moyenne des germes ferroréducteurs



GRAPHIQUE IV

Activité moyenne des germes ferroréducteurs



minue depuis la surface jusqu'à 55 centimètres de profondeur dans le profil B et sur 30 centimètres dans le D. Sur une même épaisseur, il reste relativement constant dans la coupe C tandis qu'il augmente très fortement dans les quarante premiers centimètres du sol de haut de pente (A). Ce dernier est d'ailleurs, globalement, le moins riche en germes.

Dans la tranchée D et C, la quantité de réducteurs de fer croît ensuite avec la profondeur. Par contre les horizons moyens dans le sol de rupture de pente (B) présentent un taux d'organismes relativement uniforme, une augmentation importante ne se remarquant que vers sa base. Dans le profil A, la quantité de microorganismes reste constante jusqu'au fond de la coupe après l'augmentation déjà signalée.

La variation de l'activité des ferroréducteurs au cours de l'année (GRAPH. IV) est relativement semblable à leurs niveaux respectifs dans les profils A, C et D mais différente dans le profil hydromorphe B.

Dans les trois premières coupes les ferroréducteurs sont absents au cœur de l'hiver lorsque l'humidité du sol atteint ou dépasse légèrement la capacité au champ. Les microorganismes apparaissent à partir du mois de mars dans le profil C et D. A ce moment, le profil A ne montre que très peu de germes. Ils sont présents dans ces trois profils, à partir du mois d'avril, mais moins abondamment dans la coupe A que dans les deux autres. Leur prolifération maximale est atteinte en juin alors que le profil se dessèche et que son humidité descend en dessous du point de flétrissement.

A partir du mois de juin la quantité d'organismes diminue en surface dans les trois profils, mais moins dans le D que dans les autres, bien qu'une certaine dépression se remarque en profondeur dans le A. En octobre les ferroréducteurs sont absents des trois coupes (A, C et D).

Il est à signaler que des sulfures se remarquent dans les cultures du profil de bas fond D (mars-avril) et de haut de pente (A). Le profil C est resté sain durant tout le printemps.

Dans le sol de rupture de pente (B) les organismes ferroréducteurs étaient déjà présents lorsque les premiers prélèvements ont été effectués (au mois de février), bien qu'en faible quantité, sauf à la base de la coupe. Ils se sont manifestés tout au long de la période d'observation. Le développement n'a atteint la limite de dilution dans toute la coupe qu'au mois de juin. A partir du mois de juillet leur nombre a diminué sauf en profondeur. Ils ont persisté au mois d'octobre,

principalement abondants dans l'horizon 25-55 cm, bien que l'humidité du sol soit très basse. Signalons également la présence des sulfures dans tout le profil depuis le mois d'avril jusqu'en octobre.

Discussion

Il se dégage des considérations précédentes que l'évolution saisonnières du taux de germes réducteurs du fer reflète plutôt les variations de l'énergie pédoclimatique au sein des agrégats du sol, en relation avec la situation topographique du profil, que le régime hydrique de la masse du sol.

En effet, en hiver, les profils C et D ne présentent pas d'activité ferroréductrice tandis qu'elle est peu abondante dans le profil de haut de pente (A). Le sol hydromorphe, par contre, possède, à cette époque déjà, une certaine quantité de ces germes. Dans l'ensemble des coupes, ils vont proliférer au cours des mois de printemps et d'été alors que la terre s'échauffe et s'assèche. Ils disparaîtront sauf dans la coupe B, à la fin de l'été alors que le sol est extrêmement sec et compact (en octobre leur activité est devenue nulle).

Il en résulte que la limitation de la prolifération de ces microorganismes peut être en partie imputée à une température trop basse ou à une oxygénation trop intense du sol. En effet, l'étude morphologique des profils A, C, D et celle de leur évolution hydrique souligne qu'ils ne s'engorgent pas mais qu'il existe une circulation d'eau de gravité à travers les pores grossiers et les fentes, les pores fins des mottes étant en partie saturés. De ce fait nous pouvons émettre l'hypothèse que la circulation gravitaire d'eau de pluie et la température à laquelle se trouve le sol en hiver ou au printemps (entre 11° et 16°) n'est pas favorable au développement des organismes en raison d'une bonne aération de la masse du sol par l'oxygène dissout dans l'eau qui percole. Au sein des mottes, par contre, où la porosité fine est prépondérante, il se crée une stagnation d'eau et une microanaérobie permettant l'évolution des ferroréducteurs.

Le régime microbien du profil de rupture de pente (B) tend à confirmer cette hypothèse. En effet, ce sol, très compact et à microporosité très développée alors que les macropores sont peu abondants, montre une circulation d'eau à travers les fentes du sol. Les organismes réducteurs du fer y sont constamment présents et le profil est gleyfié car ces derniers n'ont la possibilité de se développer qu'au sein de la motte riche en composants énergétiques et de microclimat adéquat.

La prolifération au début de l'été, alors que le sol est déjà sec, s'expliquerait de ce fait par l'humidité régnant encore au sein de l'agrégat (humidité existante, mais qu'il nous est difficile de chiffrer) et par l'augmentation importante de la température du substrat. Ces deux facteurs créent donc un climat particulier de la pédosphère optimale pour le développement des organismes.

En outre l'apparition des sulfures qui a été observée, principalement dans le profil B, plus légèrement dans les coupes A et D, tranchées où l'écoulement d'eau est remarquable, posséderait une même origine. En effet, les microorganismes ont tiré leur énergie de développement de la réduction des complexes ferriques qui se seraient épuisés. Les germes seraient obligés de dégrader des complexes moins facilement réductibles qui se transformeraient de ce fait en sulfures noirs, insolubles dans les conditions acides du milieu. Ces hypothèses tendraient à confirmer les observations de divers auteurs (1, 6, 7, 14).

Conclusion

Des quatre profils étudiés, assimilables à des sols bruns ayant évolués différemment suivant leur situation topographique un seul (le profil de rupture de pente (B) temporairement hydromorphe, a présenté des organismes réducteurs de fer tout au long de l'année d'étude. Le profil rubéfié, de haut de pente (A) a montré un développement microbien plus lent que celui, lutéfié, de bas de pente (C) ou de bas-fond (D). La réelle prolifération des germes réducteurs ne s'est manifestée qu'en début d'été alors que le sol s'échauffait et s'asséchait. Il en résulterait que les facteurs limitant l'évolution des microorganismes seraient tant l'humidité que la température du sol et non la matière organique.

La nature de la porosité de ces sols (compacité des mottes), l'évolution de leur régime hydrique et leur température nous fait émettre l'hypothèse que ces coupes sont aérées en raison de la circulation d'eau de gravité, chargée d'oxygène dissout qui s'y observe et qui ne permet pas le développement des germes durant l'hiver. Au début de l'été, la masse terreuse s'étant asséchée, les agrégats conservent une humidité telle que la température s'élevant, le milieu devient propice à la prolifération des germes. Celle-ci s'interrompt dès que le sol devient très chaud et très sec.

مـلـخـص

بعد أن استرعدوا الانتباه على الشروط البيئية للمحطة الدراسية الواقعة بمركز الاعمال بولماس (المغرب). استعرض المؤلفون النتائج المحصل عليها خلال سنة 1970-1971 من ناحية النظام المائي ، والسخني والحركة المكروبية من خلال أربعة أنواع خاصة لتربة غابوية سمراء التي تطورت بالتنقيب حسب الموقع الطبوغرافي .

هذه التربة التي لا تغص بالماء والتي يمكن أن يلاحظ سريان المياه فيها في الشتاء ، تقدم نشاط الجراثيم المقللة من النسبة الحديدية المختلفة حسب النوع الماخود بعين الاعتبار .

وأن المقاطيع العمودية لسفل وأعلى الحدودرة لاتبين أي نشاط مقال من النسبة الحديدية في الشتاء . ويلاحظ في الصنفين الاوليين بداية نمو في الربيع مع أن التطور المكروبي أكثر تنافسا من المقطع الثالث . أما التربة الاخيرة المنكسرة الحدودرة ، تسجل نشاطا مكروبيا متواصلا خلال السنة الكاملة .

مع هذا كله فان هذه الجراثيم لاتتكاثر حقا الا في بداية الصيف مع بيوسة الارض وارتفاع حرارتها .

من أجل هذا افترض المؤلفون أن التراب مهوي جدا خلال الشتاء نتيجة سريان مهم للماء المغص بالاكسيجين على الارض وتنفج المظاهر هذه داخل الكتل الكتيفة خاصة في بداية الفصل الحار حيث تشمل هذه الاخيرة على رطوبة كافية وحرارة من شأنها أن توفر شروطا قياسية لنمو في المهام الخفيفة لهذه المظاهر .

وجود السولفور ، الملاحظ في الاصناف الثلاثة ، نتيجة نشاط الجراثيم التي تنقص على السولفات .

RÉSUMÉ

Les auteurs, après avoir souligné les conditions du milieu de la station d'étude, située au Centre de Travaux d'Oulmes (Maroc), exposent les résultats acquis au cours de l'année 1970-71 du point de vue régime hydrique, régime thermique et dynamique microbienne dans quatre profils particuliers d'un sol brun forestier ayant évolué suivant une toposéquence.

Ces sols, qui ne paraissent pas s'engorger mais où une circulation

d'eau peut être observée en hiver, présentent une activité des germes ferroréducteurs variable suivant le profil considéré.

Les coupes de bas de pente, de bas-fond et de haut de pente ne montrent aucune activité ferroréductrice en hiver. Un début de croissance se remarque dans ces deux premiers profils durant le printemps, alors que l'évolution microbienne est plus tardive dans la troisième coupe. Le dernier sol, en rupture de pente souligne une activité microbienne continue tout le long de l'année.

Cependant ces germes ne prolifèrent véritablement qu'au début de l'été, alors que la terre devient sèche et que sa température s'élève.

Les auteurs sont donc amenés à émettre l'hypothèse que le sol est fortement aéré, durant l'hiver, en raison d'une circulation importante d'eau bien oxygénée dans la masse du sol. Les phénomènes de réduction s'effectueraient donc au sein des agrégats compacts principalement au début de la saison chaude, alors que ces derniers possèdent encore une humidité suffisante et une température telle qu'il se crée dans les pores fins de ceux-ci des conditions optimales au développement des ferroréducteurs.

La présence des sulfures, observée dans les trois profils, est due à l'activité des germes qui attaquent des sulfates.

RESUMEN

Los autores después de haber subrayado las condiciones del medio de una estación de estudio, situada en el centro de trabajos de Oulmes (Marruecos), expone los resultados adquiridos durante el año 1970-1971 desde el punto de vista de régimen hídrico, régimen térmico y dinámico microbiano en cuatro perfiles) particulares de un suelo oscuro forestal que ha evolucionado según una topoconsecuencia.

Estos suelos, que no parecen encharcarse pero donde puede observarse una circulación de agua durante el invierno, presentan una actividad de gérmenes ferroreductores variable según el perfil considerado.

Los cortes de baja pendiente, de bajo-fondo y de alta pendiente no muestran ninguna actividad ferrodutora en el invierno. Un principio de desarrollo se nota en estos dos primeros perfiles durante la primavera, mientras que la evolución microbiana aparece más tarde en el tercer corte. El último suelo, en ruptura de la pendiente, muestra una actividad microbiana continua durante todo el año.

Sin embargo estos gérmenes no proliferan verdaderamente hasta los comienzos del verano, cuando la tierra se seca y se eleva su temperatura.

Los autores, entonces, son inducidos a emitir la hipótesis de que el suelo está fuertemente aireado durante el invierno, a causa de una circulación importante de agua bien oxigenada en la masa de suelo. Los fenómenos de reducción se efectuarían entonces en el seno de los agregados compactos, al comienzo de la estación caliente mientras que estos últimos poseen aún una humedad suficiente y una temperatura tal que se crea, en los poros finos de aquellos, unas condiciones óptimas para el desarrollo de los gérmenes ferroreductores.

La presencia de los sulfuros que se observa en los tres perfiles es debida a la actividad de los gérmenes que atacan los sulfatos.

SUMMARY

After they have outlined the ecological medium of the experimental station ; situated at the Oulmes Work Center (Morocco) the authors exposed the results obtained on the hydric regime, thermic regime and the microbiological activities in the four particular profiles of a brown forest soil that has evaluated following a toposquence.

These soils, which do not appear to clog, as indeed a normal water circulation can be observed in winter, present a variable activity of iron-reducing germs following the studied soil profile.

Soil cuts along the slope; down, middle and in the high slope do not show any iron-reducing activity in winter. Thus, during spring a starting growth is observed in the first two profiles, while in the third one the microbial development is much late. The last soil in the breaking of the slope shows a continual microbial activity all the year round.

Meanwhile, it appears that this germs are only proliferous during summer season when the earth becomes dry and its temperature rises up.

Finally, the authors have concluded the hypothesis that the soil is well aerated during winter as a result of an important water circulation that is quite rich with oxygen.

The reduction phenomena appears to take place in the compacted aggregats, principally at the beginning of the hot season while they

still have sufficient moisture and temperature that creates in their fine pores the ideal optimal conditions for the development of the iron-reducing germs.

The presence of sulfur observed in the three profiles is mainly due to the germs activity that attack sulfates.

BIBLIOGRAPHIE

1. BETREMIEUX, R. — 1951. Etude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. — Ann. Agron., série A, pp. 193-295.
2. BROMFIELD, S.M. — 1954. The reduction of iron oxide by bacteria. — Journ. of Soil Sc., 5 (1), pp. 129-139.
3. BRYSSINE, G. — 1949. Les facteurs climatiques de la pédogénèse au Maroc. — Cahiers de la Recherche Agronomique, Rabat, 2, pp. 43-70.
4. — 1967. Contribution à l'étude du régime hydrique des sols du Nord du Maroc. — Colloque agropédologique, Sardaigne ronéo, pp. 1-9.
5. BRYSSINE, I. — 1966. Etudes sur la dynamique de la microflore de trois types de sols marocains. — Cahiers de la Recherche Agronomique, Rabat, 23, 189 pages, (thèse).
6. DARAGAN, A.Y. — 1967. Sur la microbiologie de la gleyification. — Potchvovedenie, 10, pp. 56-61.
7. — 1971. Décomposition des minéraux ferriques par les microorganismes du sol. — Potchvovedenie, 9, pp. 35-40.
8. DEBRACH, S. — 1953, in SAUVAGE, Ch. 1963. Etages bioclimatiques. — Notice explicative, Atlas du Maroc. Comm. Nat. Géogr. Maroc, sec. II, 23 pages.
9. DEBRACH, S., J. OUSSET et M. MICHEL — 1958. Données nouvelles sur la température de l'air au Maroc. — Ann. Serv. Phys. du Globe et Météo, pp. 67-117.
10. DECROUX, J. — 1966. Bilan hydrique dans trois types de sols marocains. — Cahiers de la Recherche Agronomique, Rabat, 22, 81 pages.

11. EMBERGER, L. — 1955, in SAUVAGE, Ch. 1963. Etages bioclimatiques. — Notice explicative, Atlas du Maroc. Comm. Nat. Géogr. Maroc, sec. II, 23 pages.
12. GRILLOT, G. et G. BRYSSINE — 1949. Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. — Cahiers de la Recherche Agronomique, Rabat 2, pp. 71-92.
13. MIÈGE, E. — 1938. La pénétration des eaux dans quelques sols types du Maroc. — Soc. Historique, Alger, pp. 1-23.
14. NEPOMILOUEV, V.F. et M.A. KOZYREV — 1970. Le processus de la gleyification dans la formation du sol et la participation des microorganismes. — Potchvovedenie, 10, pp. 56-61.
15. POCHON, J. et P. TARDIEUX — 1960. Techniques d'analyse en microbiologie du sol. — Edition de la Tourelle, Paris.
16. WATTEUW, R. — 1962. Carte de reconnaissance des sols du Plateau Central au 1/200 000. — Manuscrit.

Achévé d'imprimer sur les presses des
EDITIONS MAROCAINES ET INTERNATIONALES
11, Avenue de Rabat
TANGER

فهرس

- 1 مصطفى برادة : دراسة تركيب زيت أركان
- ج. فوجلي و أ. بنيس : الاصل في نشراكليا كونياطا فييب
- 15 و هيتروبترا بانناتوميدا بالمغرب
- أ. صالح بناني : أهم اصطدامات ومدمري قصب السكر والوسائل
- 35 الكفيلة لمحاربته
- أ. صالح بناني : بحث عن استعمال الكوكسيسيد في محاربة اوندلا
- 47 اورانتي ماسك
- ج. توتان : انتشار البايوض في منبته النخل الواقعة على الاتربة
- 65 الملحة
- م.د. فنام : مساهمة في دراسة المميزات المائية لتربة المغرب حول
- 75 السعة المفيدة
- ج. بريسين : مساهمة في دراسة المميزات المائية لتربة المغرب ..
- أ. بريسين وفنام : تطور الراجيات (مكروبات) المقللة من النسبة
- 105 الحديدية مع تبال التربة

المملكة المغربية

42



العواصم

مجلة مغربية للبحث الزراعي



ادارة البحث الزراعي

- الرباط -

يناير 1972