

**INSTITUT DE RECHERCHES
AGRONOMIQUES DU LIBAN
(I. R. A. L.)**

**OFFICE DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES OUTRE-MER
(A. R. S. T. O. M.)**

**Influence de divers modes de remaniements
sur les relations pF/humidité dans un sol
vertique**

P. WILLAIME

Pédologue ORSTOM

Collaboration technique

M. MOUSSAOUI

INTRODUCTION.

Il est à présent bien connu que le mode de préparation des échantillons en laboratoire modifie, parfois dans une large mesure, les relations pF/humidité établies sur échantillons non perturbés. Salter et Williams (1965) ont ainsi souligné l'importance des écarts que l'on obtenait aux basses tensions pour la détermination de la limite supérieure du domaine d'eau utile. Young et Dixon (1966) ont pu également préciser sur un grand nombre d'échantillons couvrant une gamme texturale assez étalée que l'humidité obtenue sous une pression de 0,33bar sur des échantillons tamisés renfermant plus de 50% d'argile était dans tous les cas supérieure au taux d'humidité de mottes saturées. Par ailleurs, d'autres auteurs ont cherché à voir quel pouvait être l'effet sur le potentiel matriciel des variations de compaction en utilisant un appareillage de laboratoire résistant à de très fortes pressions. Campbell et Gardner (1968) ont confirmé les résultats qu'avaient obtenus Dox et Taylor en 1962 : sur des échantillons maintenus à un taux d'humidité, à une température et sous une pression d'air constants, un accroissement de compaction se traduit par une diminution en valeur absolue du potentiel matriciel, Chang (1968) qui a opéré sur des agrégats compactés de sols argileux, a montré que si le phénomène précédent se vérifiait sur des micro-agrégats ($\leq 250 \mu$), il n'en était plus de même sur les gros agrégats (entre 1 et 4,5mm) ; l'extrapolation de ces derniers résultats au sol en place laisserait à penser que dans les sols où l'agencement des micro particules est uniforme un accroissement de compaction s'accompagne d'une diminution de la rétention et que dans les sols où la porosité inter agrégat est très variable, la compaction peut favoriser la rétention.

De notre côté nous avons cherché à voir quelle pouvait être l'influence sur le potentiel matriciel de divers degrés de compaction résultant de phénomènes naturels et à comparer les effets d'un labour et d'un tamisage à sec sur l'allure des courbes de désorption pF/humidité.

1- MATERIEL ET METHODES.

1.1 Matériel

L'expérimentation a été menée sur des échantillons provenant d'un sol bien représentatif de la station de Terbol (Bekaa). Le profil développé dans un matériau argileux homogène de couleur brune (7.5 YR 4/4 à l'état sec) non calcaire comporte de haut en bas sur 1m d'épaisseur un horizon Ap de 25cm environ à structure mottée et un horizon BC où les éléments structuraux à faces brillantes s'organisent sous forme de slickensides plus ou moins nets à partir de 60cm. La pierrosité est quasi nulle. L'exploration racinaire assez bonne dans l'horizon Ap est très réduite au delà de 30cm.

./...

Les caractéristiques physico-chimiques essentielles du profil sont rassemblées dans le tableau ci-dessous. Elles soulignent la bonne homogénéité du matériau tant du point de vue textural que minéralogique (rapports T/a voisins de 60%).

Prof. :Hor:	granulométrie					N.organ	CO ₃	Bases échangeables							
	a	lf	lg	sf	sg			C	N	tot.	Ca	Mg	K	Na	S
0-15	Ap	43.0	13.0	9.0	19.0	13.9	7.5	0.11	tr.	23.6	1.6	0.15	0.44	25.8	28.0
30-40	BC	46.5	14.0	10.8	17.5	12.0	4.7	0.07	tr.	24.8	2.0	0.36	0.44	27.6	28.8
60-70		48.5	12.5	9.6	17.1	11.5	4.7	0.07	tr.	24.4	2.0	0.36	0.48	27.2	29.0

1.2 Méthodes

a) sur le terrain

Les prélèvements d'échantillons non perturbés et la détermination de la densité apparente in situ ont été effectués à 3 niveaux, de 0 à 10cm, de 35 à 45cm et de 70 à 80cm. Les cylindres de prélèvements (hauteur 5cm, volume 85cc) ont été fichés en terre à raison de 2 ou 3 par niveau à l'aide d'un petit appareil pouvant s'adapter sur la plaque basale du densitomètre à membrane. L'introduction des cylindres biseautés s'est réalisée de façon très progressive sous la pression d'un piston lui-même repoussé par une vis de fort diamètre, chargée de convertir en mouvement linéaire le mouvement rotatif entretenu par un manche métallique amovible. De cette façon l'agencement des éléments structuraux n'a subi qu'un minimum de transformation.

Sitôt prélevés, les cylindres de terre ont été placés dans des sacs en plastique de manière à conserver le taux d'humidité du sol en place.

b) au laboratoire

Les échantillons ont été pesés humides. Puis après avoir placé à la base des cylindres un tissu nylon à mailles fines pour maintenir la terre, nous les avons saturés per ascensum durant 8 jours et de nouveau pesés après un ressuyage de 30 minutes.

Enfin ils ont été introduits dans la presse à plaque de porcelaine poreuse sous des pressions correspondant à pF 1.8, 2.5 et 3.0. Afin d'assurer un parfait contact entre la plaque poreuse et la terre des cylindres, nous avons fait reposer ceux-ci sur des échantillons tamisés préalablement saturés provenant des mêmes horizons. Des échantillons "témoins" non surmontés d'un cylindre ont complété le dispositif.

Les durées de ressuyage pour pF 1.8, 2.5 et 3.0 ont été respectivement égales à 8 jours, 4 jours et 4 jours.

./...

2- Résultats et Discussion.

- 3 -

Une des premières difficultés à laquelle on se heurte dans ce genre d'étude provient du fait que l'on isole un volume de sol de son environnement naturel sans pouvoir ultérieurement l'y replacer, même artificiellement. La terre emprisonnée dans un cylindre métallique est soumise uniquement à des contraintes latérales; le foisonnement peut se réaliser librement dans le sens vertical. Aussi nous a-t'il semblé nécessaire dans un premier temps de circonscrire l'importance des amplitudes de variations des volumes apparents.

2.1 Le gonflement

2.1.1 Compacité initiale: Dans le tableau ci-dessous ont été rassemblées les valeurs de la densité apparente obtenue à chaque niveau à l'aide d'un densitomètre à membrane et de cylindres calibrés ainsi que les taux d'humidité correspondants.

Niveau	Cylindres				Moyennes		Dens. memb.	
	H%	da	H%	da	H%	da	H%	da
Ap 5 cm	24.2	1.32	23.2	1.27	26.5	0.94		
	22.2	1.22						
BC 30/40	22.6	1.56	21.8	1.63	16.4	1.71		
	21.0	1.73						
	21.8	1.62						
BC 60/70	22.0	1.68	21.9	1.70	20.4	1.80		
	21.8	1.71						

Bien qu'il soit difficile de comparer deux séries de résultats ne comportant pas le même nombre de répétitions, l'enregistrement de tels écarts peut être partiellement expliqué en tenant compte des conditions dans lesquelles les prélèvements ont été réalisés.

Dans les horizons profonds le manque de dégagement latéral sur les "marches d'escalier" du profil nous a contraints à opérer à des niveaux légèrement différents; la prise de terre a toujours été plus superficielle avec le densitomètre. C'est ce qui expliquerait les valeurs plus faibles des taux d'humidité.

Dans l'horizon de surface très meuble par endroit nous n'avons pas pu éviter un certain tassement de la terre lors de l'enfoncement des cylindres et par conséquent un accroissement sensible de la densité apparente. Dans les horizons profonds par contre la compacité originelle est telle qu'elle interdit l'amorce d'un processus analogue: les valeurs de la densité apparente obtenue à l'aide du densitomètre sont d'ailleurs au moins égales aux valeurs "cylindre".

Si l'on suppose la densité réelle égale à 2,65, on constate que l'horizon BC semble être saturé, totalement à partir de 60cm et partiellement dès 30cm.

2.1.2 Densité apparente après saturation en laboratoire

Nous l'avons déterminée indirectement en tenant compte du taux d'humidité de l'échantillon après ressuyage et toujours en supposant la densité réelle égale à 2,65. Les résultats sont rassemblés ci-après.

./...

<u>Horizons</u>	<u>Ap(0-10)</u>	<u>BC(30-40)</u>	<u>BC(60-70)</u>
H% à saturation	39.4: 44.1	28.2: 24.3: 26.8	25.0: 24.7
Da calculée	1.30: 1.22	1.51: 1.60: 1.54	1.58: 1.59
Da initiale	1.32: 1.22	1.56: 1.73: 1.62	1.68: 1.71

Comme nous l'avions décelé "de visu", une modification sensible du volume apparent s'est donc manifestée, sauf dans les échantillons provenant de l'horizon Ap.

2.1.3 Influence de la compacité initiale sur le gonflement
 Exprimé en % du volume initial V_0 , le gonflement est

égal à :

$$g = (V_1 - V_0) \times 100 / V_0 \quad V_1 \text{ désignant le volume final}$$

or $V_0 = P/d_0$ et $V_1 = P/d_1$ d'où $g = (d_0/d_1 - 1) \times 100$

Les résultats par horizon sont les suivants

	<u>Ap(0-10)</u>	<u>BC(BC(30-40)</u>	<u>BC(60-70)</u>
Da initiale	1.32	1.22; 1.56	1.73:1.62
Gonflement	1.5	0	3.3
	:	:	8.1
	:	:	5.1
	:	:	6.3
	:	:	7.5
	:	:	:

Le graphique 1 nous montre que le gonflement est une fonction croissante du degré de compaction. L'allure hyperbolique de la courbe de régression serait l'indice d'un accroissement de gonflement d'autant plus marqué que la compacité initiale est élevée, tout au moins dans les conditions de contrainte de notre expérimentation.

Pour des porosités totales voisines de 55% et a fortiori supérieure, la capacité de stockage du sol pour l'eau l'emporte sur son pouvoir d'adsorption (gonflement nul).

Nous remarquerons enfin que le gonflement dans les horizons BC s'avère très sensible pour des variations relativement faibles du taux d'humidité; ceci laisserait donc supposer l'existence dans ces horizons profonds d'éléments structuraux bien imbriqués, favorisant la propagation du foisonnement (R.B. Grosman 1968).

2.2 Relations pF/humidités

2.2.1 Sur échantillons tamisés: Sur les échantillons qui ont été comprimés sous le poids des cylindres remplis de terre, l'influence de la compaction ne se révèle qu'à pF bas; les échantillons tassés retiennent des quantités d'eau légèrement supérieures, à pF 1.8 seulement (cf. tableau cidessous). Cette influence semble en outre plus nette sur les échantillons provenant des horizons les moins compacts. L'amplitude des écarts reste toutefois assez faible en valeur relative (7,6 et 3%). Aux pF 2,5 et 3,0 aucune différence systématique entre traitements ou entre horizons n'apparaît.

Horizons	Ap		BC(30-40)		BC(60-70)	
	Tassé	nontassé	T	n.t.	t	n.t.
pF 1,8	47.0	43.7	44.0:41.5	43.8	42.5:	
2,5	29.0	28.8	28.3:29.0	29.2	29.1:	
3.0	22.5	22.6	23.3:22.6	23.7	23.4:	

./...

Ces résultats confirment encore la bonne homogénéité du matériau et rendent significatives les valeurs moyennes que nous serons appelés à utiliser ultérieurement dans l'étude comparative. Ces valeurs, calculées pour pF 1,8 en ne tenant compte que des échantillons non tassés, seront les suivantes:

42,5 pour pF 1.8 (n = 3); 28,9 pour 2,5 (n = 6);
23,0 pour pF 3.0 (n = 6).

A pF 4,2 le taux d'humidité a été trouvé égal, dans l'horizon Ap, à 15,9, dans l'horizon BC à 17,4 de 30 à 40cm et à 17,0 de 60 à 70cm. Comme nous n'attachons pas d'intérêt particulier à cette borne d'humidité nous adopterons dans nos calculs ultérieurs la valeur moyenne égale à 16,7.

Enfin l'humidité équivalente est respectivement égale à 27.8, 28.8 et 26.8 (moyenne 27.8).

2.2.2 Sur échantillons non tamisés:

Les résultats sont les suivants

Echantillons		Humidités aux différents pF					Moyennes			
		0	1.8	2.5	3.0		0	1.8	2.5	3.0
Ap	1	: 39.4	: 30.0	: 26.2	: 23.0	: 41.7	: 30.3	: 26.1	: 22.9	
	2	: 44.1	: 30.6	: 26.0	: 22.8	:	(n:=2)	:	:	
BC (30-40)	1	: 28.2	: 25.1	: 23.5	: 21.5	:	:	:	:	
	2	: 24.3	: 23.0	: 21.8	: 20.2	:	:	:	:	
	3	: 26.8	: 24.2	: 22.3	: 20.3	:	:	:	:	
BC (60-70)	1	: 25.0	: 23.4	: 22.4	: 20.8	: 25.8	: 23.8	: 22.4	: 20.6	
	2	: 24.7	: 23.3	: 22.2	: 20.4	:	(n:=5)	:	:	
		:	:	:	:	:	:	:	:	

La transcription graphique de ces résultats (graphique 2) souligne la disparité de comportement de l'horizon anthropique Ap et des horizons non perturbés BC; l'eau utile pondérale, conventionnellement égale à la différence des humidités aux pF 2.5 et 4.2 est environ deux fois plus élevée dans l'horizon travaillé. Il est à noter également que les quantités d'eau facilement utilisables sont, relativement à l'eau utile globale, plus importantes dans l'horizon Ap; les courbes de désorption des horizons BC accusent en effet une concavité tournée vers l'origine en deçà de pF 3.0.

Sur le graphique 3 ont été reportées les relations existant entre taux d'humidité et compacité pour diverses valeurs du pF. La densité apparente figurant en ordonnée est celle de l'échantillon saturé en laboratoire. Elle a été supposée constante alors qu'en réalité elle augmente à mesure que le ressuyage se poursuit, principalement dans les échantillons de forte densité; les courbes "vraies" devraient donc être légèrement plus redressées.

./...

L'allure du faisceau de courbes, qui ne serait qu'assez peu modifié si l'on tenait compte de ce correctif, permet de voir que l'influence de la compaction sur la teneur en eau est d'autant plus marquée que le pF diminue, ou encore que, pour un taux d'humidité donné, la compaction fait baisser le potentiel matriciel. On retrouve donc les résultats obtenus en laboratoire par Campbell (1968) et par Box (1962).

Autrement dit, contrairement aux conclusions qui se dégagent d'une interprétation trop rigoureuse des courbes de désorption pF/humidité obtenues à partir d'échantillons tamisés, l'eau présente dans les horizons compacts n'est pas toujours énergiquement retenue; c'est en particulier le cas de l'eau saturante qui correspond souvent sur ces courbes à des pF proches de 3.0 et qui en réalité voit son potentiel osciller entre 0 et 5 centibars (résultats obtenus à l'aide de tensiomètres dans des sols lourds par Vinck et al-1970).

2.2.3 Etude comparative

L'examen du graphique 4 sur lequel n'ont été reportées que les valeurs moyennes permet de mesurer l'importance des erreurs que l'on commet en substituant aux valeurs relevées sur échantillons non tamisés, donc assez proches des valeurs réelles, celles que l'on obtient en laboratoire selon les méthodes classiques. Si l'on adopte comme limite supérieure du domaine d'eau utile l'humidité à pF 2.5, les écarts sur l'eau utile pondérale seront de 2.8 points d'humidité pour l'horizon Ap et de 7.8 pour l'horizon DC, ce qui correspond à une surévaluation de la capacité de rétention respectivement égale à 30 et 150%. De la même façon si l'on extrapole les valeurs trouvées en surface à l'ensemble du profil, on surestime l'eau utile des horizons DC de près de 100%.

Certes ces pourcentages doivent être regardés comme des maxima dans ce sol vertique d'une part parce que les eaux de drainage qui s'écoulent lentement dans les horizons DC peuvent participer à l'alimentation hydrique des végétaux et d'autre part parce que dans toutes nos études antérieures concernant le Liban nous avons adopté comme borne supérieure du domaine d'eau utile l'humidité équivalente, toujours inférieure à l'humidité à pF 2.5 dans ce type de sol. Toutefois ces correctifs ne sont jamais suffisants pour réduire à des niveaux négligeables l'amplitude des erreurs commises.

3- Conclusions:

Les résultats de cette expérimentation ne font donc que confirmer ceux que d'autres auteurs ont obtenus dans des conditions légèrement différentes. On a effectivement pu montrer d'une part que dans un sol argileux compact les remaniements que subissent les échantillons en laboratoire et à un moindre degré le travail du sol modifient dans un sens favorable les relations pF/humidité et d'autre part qu'un accroissement de compaction s'accompagnait d'une diminution du potentiel à teneur en eau constante. Ces deux résultats essentiels, transposés dans le domaine pratique, appellent les remarques suivantes:

./...

Tout d'abord il convient d'utiliser avec beaucoup de prudence les résultats fournis par le laboratoire pour la détermination du domaine d'eau utile. L'examen de profils culturaux et la mesure in situ de la densité apparente s'avèrent absolument indispensables si l'on veut cerner de plus près les vraies valeurs de la réserve utile actuelle. Une trop grande surestimation de celle-ci risque en effet d'avoir de fâcheuses conséquences sur le bilan d'eau à l'échelon de la parcelle de culture.

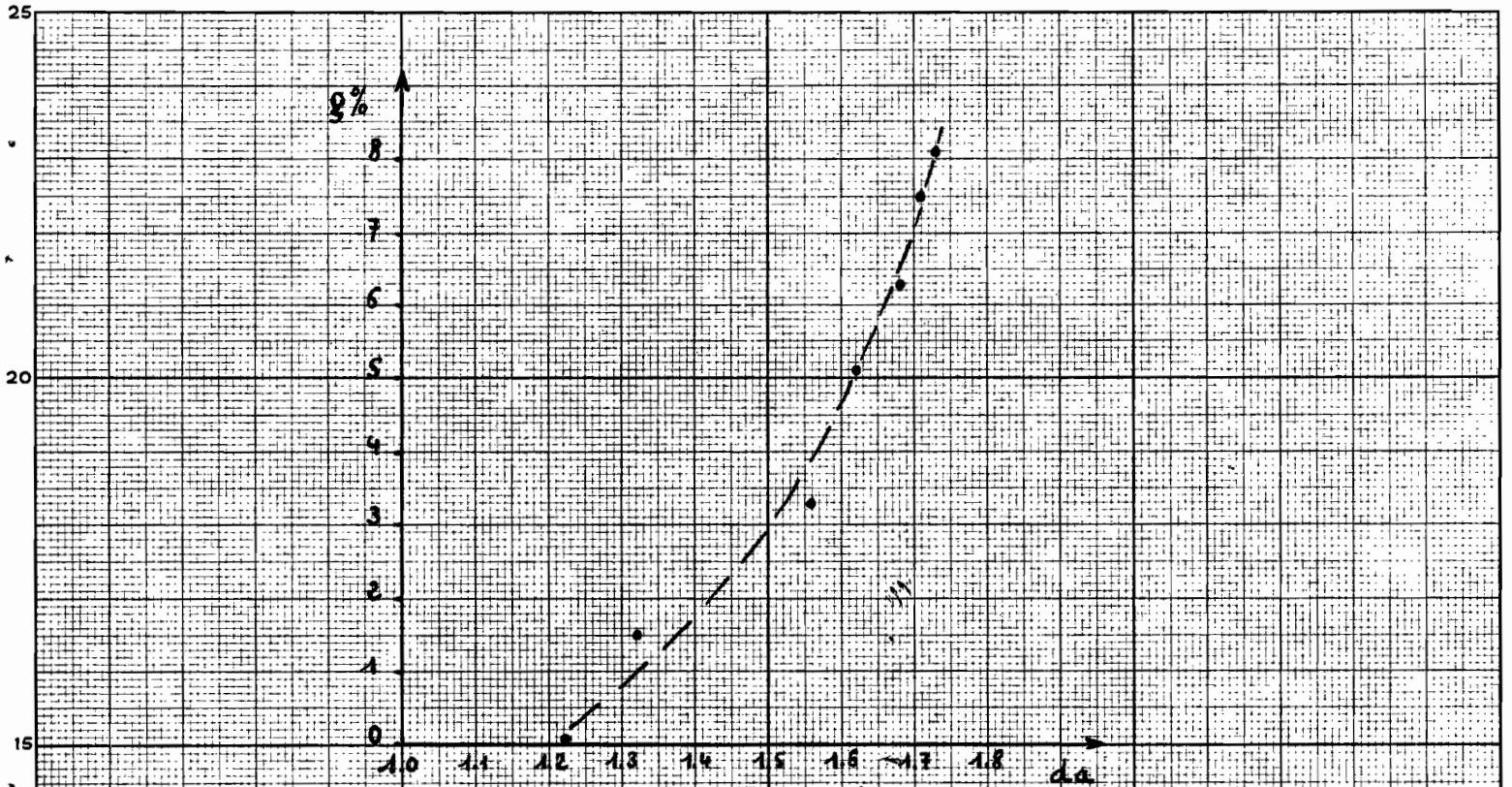
Ensuite le travail profond de ce type de sol constitue sur le plan technique une opération toujours bénéfique puisqu'elle permet d'accroître dans de larges proportions la réserve utile et parallèlement la profondeur d'enracinement.

Enfin il semble utile de savoir que la faible participation des horizons compacts dans l'alimentation hydrique des plantes n'est pas due au fait que toute l'eau présente est énergiquement retenue mais plus simplement au fait que se conjuguent une capacité de stockage très limitée et une exploration racinaire réduite.

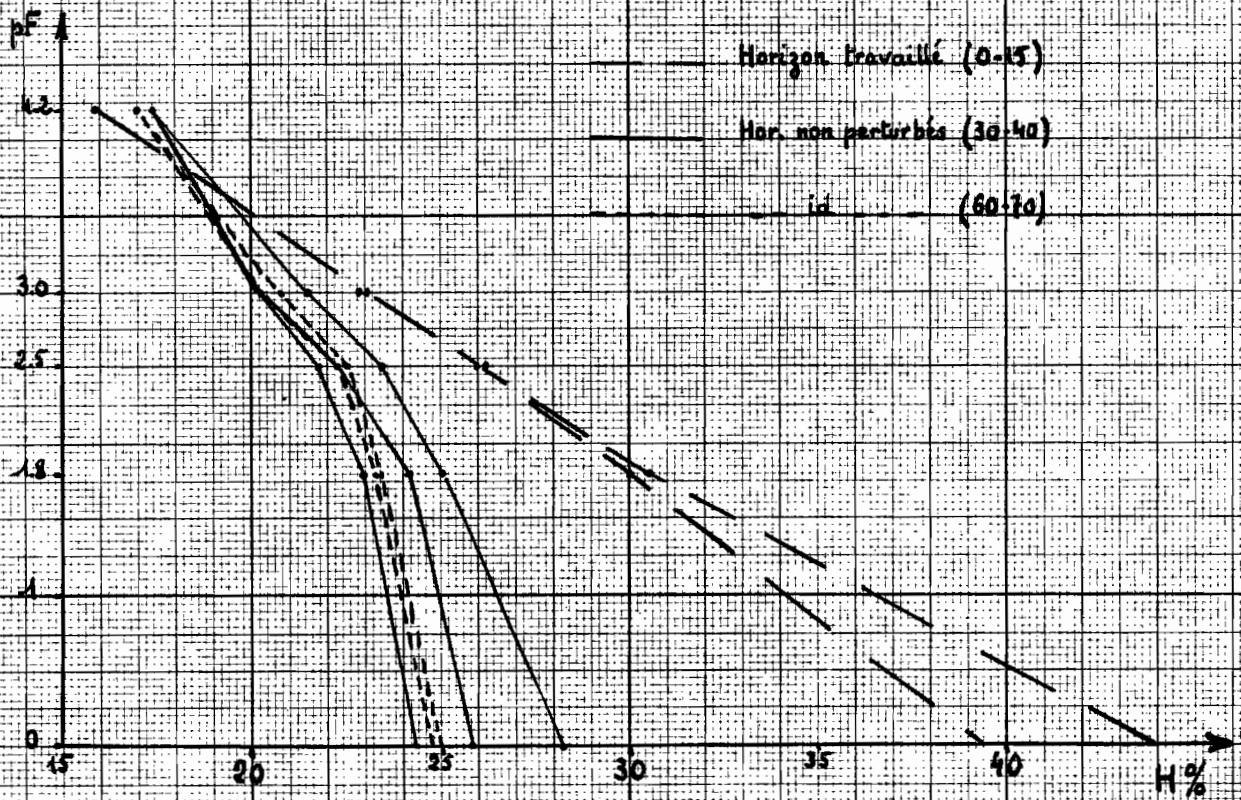
Une appréhension plus complète des problèmes que posent les relations sol/eau dans les sols vertiques exigerait que l'on reprenne ce type d'expérimentation en partant d'échantillons saturés "in situ" de façon à éliminer les effets incontrôlables d'un gonflement réalisé en laboratoire; Il serait nécessaire également que l'on procède sur parcelles expérimentales à des mesures combinées de la succion matricielle de l'humidité volumique et de la densité apparente en respectant l'environnement, de façon à intégrer le maximum de variables édaphiques souvent responsables du manque de représentativité d'un échantillonnage ponctuel. C'est dans cette voie que nous pensons orienter nos prochains travaux dans la mesure bien sûr où nous pourrions disposer de l'appareillage nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

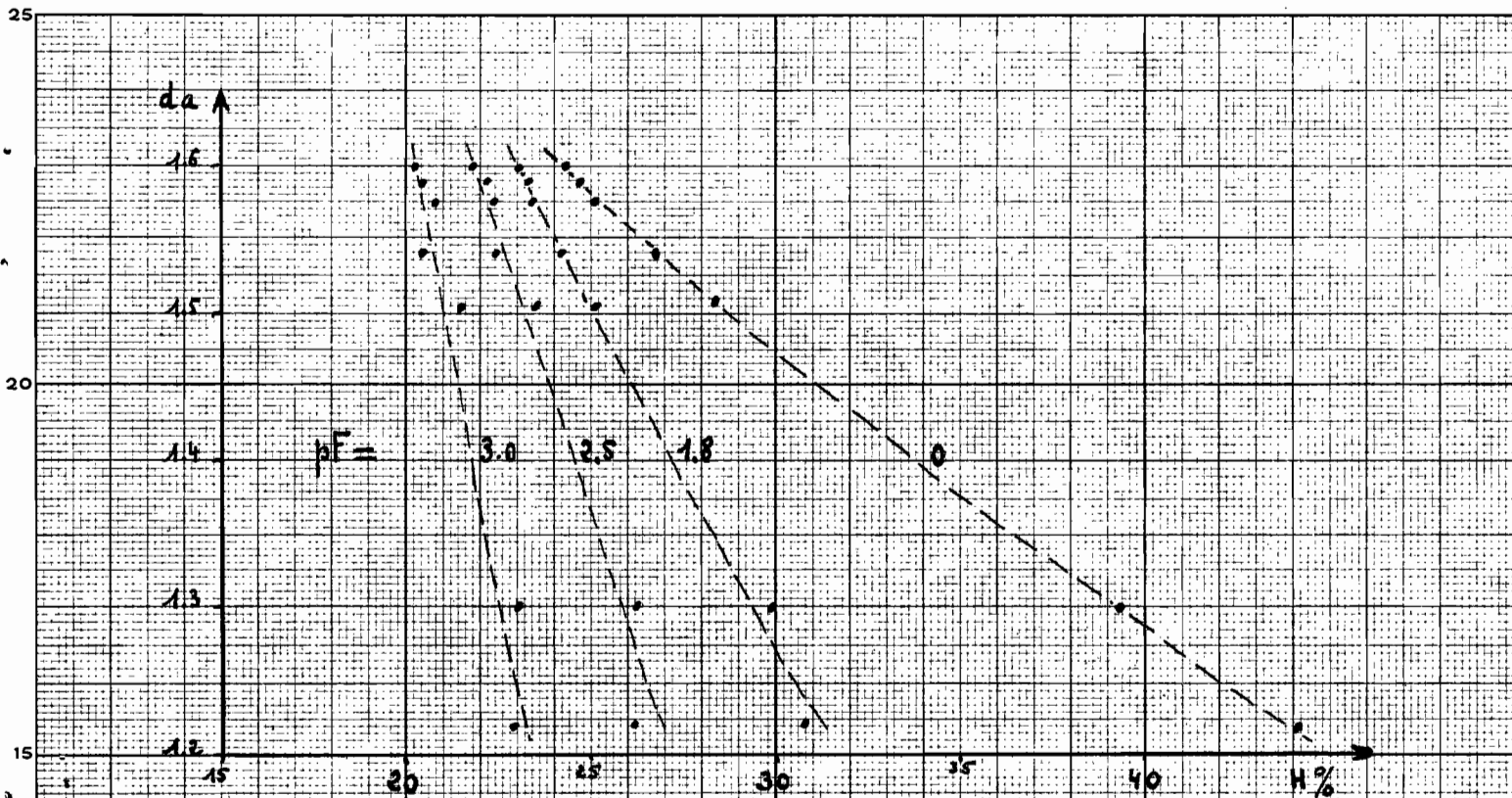
- 1965 P.J. SALTER and J.D. WILLIAMS
The influence of texture on the moisture characteristics of soils I. A critical comparison of techniques for determining the A W C and moisture characteristic curve of a soil.
- 1966 K. YOUNG and J.D. DIXON
Overestimation of water content at Field Capacity from sieved sample data.
Soil Science Vol. 101 No 2.
- 1968 G.S. CAMPBELL and WALTER H. GARDNER.
Psychrometric Measurement of Soil Water Potential: Temperature and Bulk Density effects.
S. Sc. Soc. Amer. Proc. 35 : 8-12.
- 1962 Box and TAYLOR
Influence of Soil bulk density on matric Potential
S. Sc. Soc. Amer. Proc. 26: 119 - 122.
- 1968 R. K. CHANG
Component Potentials and Hysteresis in Water retention by compacted clay soil aggregates.
Soil Science Vol. 105 No 3.
- 1968 R.D. GROSSMAN, B.R. BRASHER
Linear Extensibility as calculated from natural clod bulk density measurements.
Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 32
- 1970 N. VINK, A. ABOUKHALED et S. SARRAF.
Measured and Estimated Water use by a citrus and an apple Orchard.
Magasin Série Tech. No 11.
-



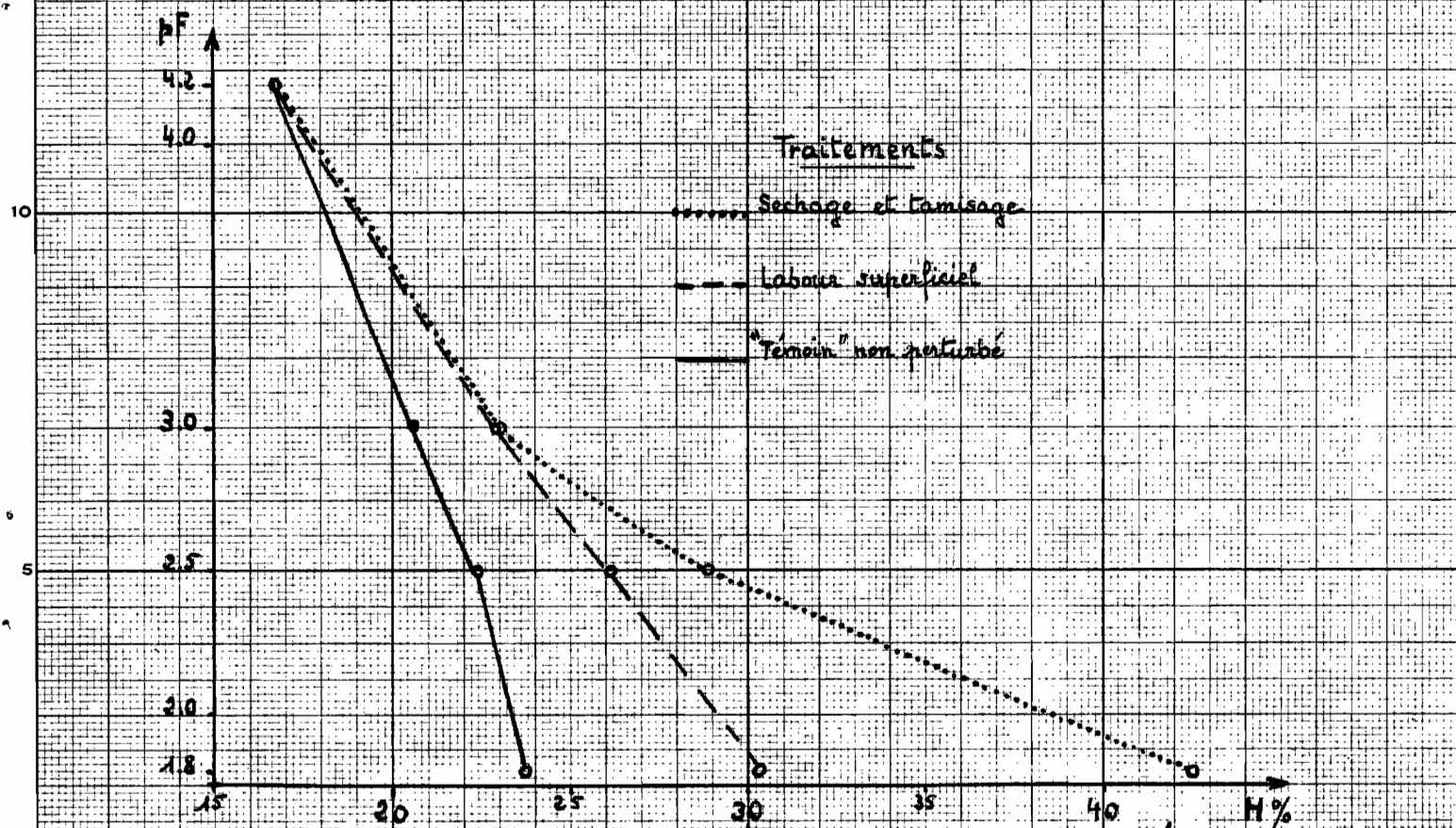
Gr. 1. Relations gonflement / densité apparente initiale



Gr. 2. Relations pF / Humidité sur échantillons non tamisés



Gr. 3 - Relations da/H pour diverses valeurs de pF



Gr. 4 - Influence de divers traitements sur les relations pF/H .