

ÉTUDE DES VARIATIONS DU VOLUME SPÉCIFIQUE APPARENT DANS LES SOLS HYDROMORPHES AU TCHAD

Allure des phénomènes

J. F. VIZIER *

Collaboration technique R. SAYOL

RÉSUMÉ

Après avoir rapidement donné quelques caractéristiques des sols hydromorphes sur lesquels sont suivies les variations du volume spécifique apparent, l'auteur dans une première partie expose les résultats relatifs à une expérimentation de laboratoire qui consiste à étudier le gonflement de motte consécutif à une augmentation de l'humidité de la terre. La deuxième partie correspond à l'étude, au cours d'une saison des pluies, des variations du volume spécifique apparent in situ. Après une phase de gonflement dont l'allure est analogue à celle constatée dans l'expérimentation, l'auteur observe un tassement qui est lié à la disparition de la structure. Cette étude met en évidence l'influence de la teneur en argile sur l'importance du gonflement et l'existence de contraintes dans les sols en place, dont les effets augmentent avec la profondeur et qui tendent à diminuer la porosité, ce qui se traduit par une augmentation naturelle de la compacité, dans ces sols hydromorphes, de la surface vers la profondeur.

ABSTRACT

To begin with, a brief survey is given of some characteristics of hydromorphic soils in which, the variations in the apparent specific volumes are noted.

In the first part results are given relating to a laboratory experiment studying the swelling up of a sample of soil in relation to an increase in the humidity of the soil.

The second part of the work deals with a study, during the rainy season, of the « in situ » variations in the apparent specific volume. After a stage of swelling, similar to the rate observed in the experiment, a « setting down » is noticed which is linked the disappearance of the soil structure.

This study reveals the influence of the clay content on the degree of swelling, and the existence « in situ » of restraints which increase with depth and tend to reduce the porosity, augmenting the natural compactness of these hydromorphic soils from the surface on down.

* Centre O.R.S.T.O.M. de Fort-Lamy.

PLAN

INTRODUCTION

I. MATÉRIEL D'ÉTUDE

II. EXPÉRIMENTATION SUR MOTTES AU LABORATOIRE

1. Allure du phénomène et résultats
2. Interprétation des résultats

III. ÉTUDE RÉALISÉE IN SITU

1. Allure du phénomène de gonflement
2. Intensité du phénomène
3. Sens de variation successifs du volume spécifique apparent dans les sols en place au cours de la saison des pluies. Relation avec la structure.

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE

INTRODUCTION

Les sols hydromorphes différenciés sur des matériaux argileux présentent le plus souvent en saison sèche des fentes de retrait en surface et des structures grossières dans leur profil. Par contre, on n'observe plus de structure apparente dans ces mêmes sols, en saison des pluies ; les fentes se sont refermées et les vides existant entre les agrégats ont été comblés. Ce phénomène de prise en masse est généralement attribué au gonflement de la terre sous l'effet de l'augmentation de l'humidité du sol (HENIN et coll. 1960). L'allure et l'intensité de ce phénomène ont été étudiées sur des sols hydromorphes du Tchad, en *laboratoire sur des mottes de terre* prélevées dans différents horizons, puis *sur le terrain dans les sols en place*.

1. MATÉRIEL D'ÉTUDE

Les prélèvements de mottes et l'étude *in situ* ont été réalisés sur une séquence de sols sur laquelle on peut distinguer trois types de profils déjà observés et décrits dans cette région (VIZIER et FROMAGET, 1970, VIZIER et SAYOL, 1970), présentant les successions d'horizons suivantes :

— dans la partie haute de la séquence, toujours exondée, *sol à hydromorphie temporaire de profondeur*,

0- 15 cm horizon humifère lessivé,

15- 65 cm horizon lessivé,

65- 90 cm horizon poreux à pseudogley (g_1)¹,

90-110 cm horizon non poreux à pseudogley (g_2) passant progressivement à un gley de profondeur².

— dans la partie médiane de la séquence, qui est inondée après de fortes pluies, *sol à hydromorphie temporaire d'ensemble à pseudogley de surface et gley de profondeur*.

0-10 cm horizon humifère à pseudogley,

10-20 (30) cm horizon lessivé peu taché,

20 (30)-60 cm horizon poreux à pseudogley (g_1),

60-80 cm horizon non poreux à pseudogley (g_2) passant à un gley en profondeur.

— enfin dans la partie basse de la séquence inondée pendant la saison des pluies durant 2 à 5 mois suivant les années, *sol à hydromorphie temporaire d'ensemble à gley de surface et de profondeur*.

0-10 cm horizon humifère à gley,

10-30 cm horizon poreux à pseudogley (g_1),

30-70 cm horizon non poreux à pseudogley (g_2) passant à un gley en profondeur.

Ces sols sont différenciés sur des alluvions anciennes de texture argilo-sableuse à argileuse, matériau dont *la nature et la composition de l'argile sont à peu près constantes sur l'ensemble de la séquence*. Les analyses de diffractométrie aux rayons X³ ont révélé un mélange de kaolinite et de montmorillonite avec des traces d'illite. La capacité d'échange de la fraction argileuse est comprise entre 35 et 40 me/100 g.

2. EXPÉRIMENTATION SUR MOTTES AU LABORATOIRE

L'étude a été faite sur des mottes (une partie ou la totalité d'un élément structural) de 30 à 50 cm³ environ, prélevées en saison sèche dans les différents horizons de chacun des types de sols de la séquence.

On a mesuré au laboratoire *le volume spécifique apparent* v des mottes à différentes humidités, suivant une méthode qui est décrite en annexe. Au total 144 déterminations ont été effectuées ; parmi celles-ci certaines mesures de volume spécifique apparent réalisées sur différentes mottes d'un même échantillon (prélevées dans le même horizon) à des humidités très proches les unes des autres, ont permis d'estimer la précision de cette méthode à 3 %. Cette précision est du même ordre de grandeur que celles qui sont indiquées par REMY (1964) et MAERTENS (1965) pour des déterminations analogues.

1. Pseudogley : horizon taché où les couleurs jaune, brune et rouge dominant sous forme de taches ferrugineuses plus ou moins diffuses. La distinction de g_1 pseudogley poreux (horizons perméables) et de g_2 (horizons imperméables) est inspirée de celle de E. MUCKENHAUSEN (1963).

2. Gley : horizon caractérisé par des teintes grises dominantes de chroma inférieur ou égal à 2 (Code Munsell).

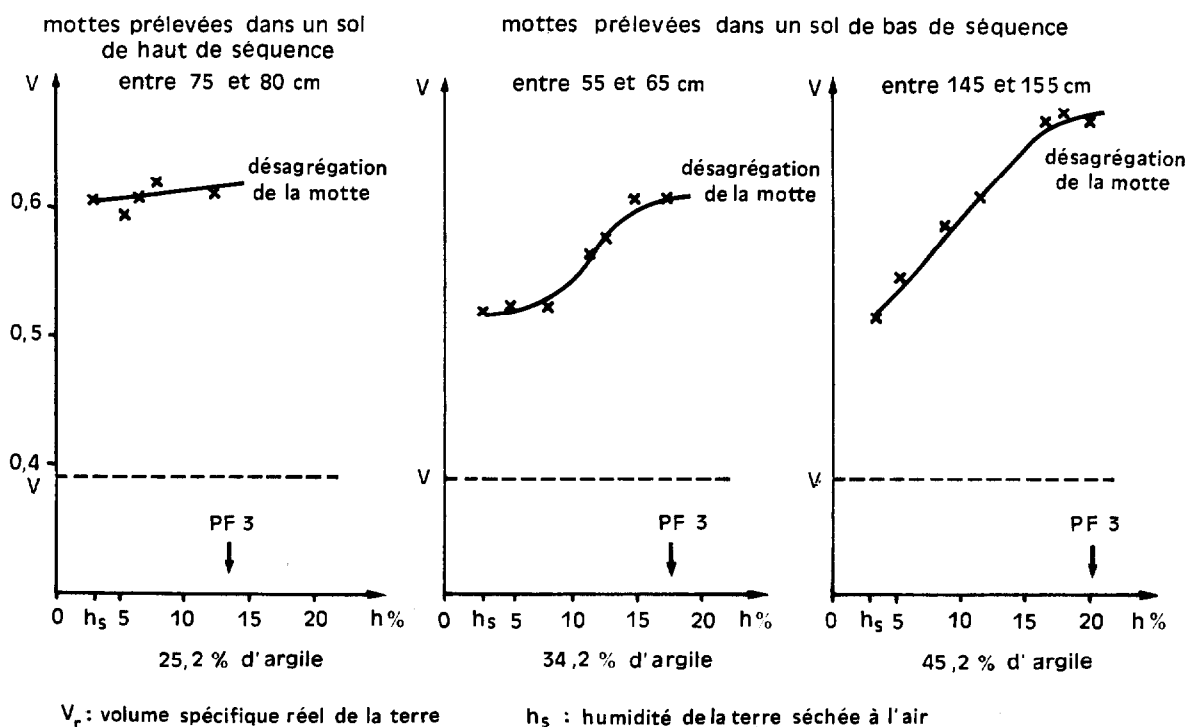
3. Laboratoire de Spectrographie de l'ORSTOM à Bondy, dirigé par M. PINTA.

2.1. ALLURE DU PHÉNOMÈNE ET RÉSULTATS

Ces expériences ont montré qu'une motte de terre sèche qui est humectée progressivement par addition d'eau, augmente parfois de volume. On a un *gonflement*. Ce gonflement est variable suivant les échantillons.

L'eau ajoutée à la motte sèche peut :

- remplir les pores,
- pénétrer dans le réseau des argiles et provoquer une expansion du volume de la terre :
 - vers l'extérieur, c'est le *gonflement mesuré*,
 - ou vers l'intérieur, entraînant une diminution de la porosité interne.



Chaque point correspond à la médiane des résultats des mesures réalisées sur trois mottes dont les humidités diffèrent de moins de 1 % en valeur absolue.

FIG. 1. — Variations du volume spécifique apparent d'une motte en fonction de l'humidité. Allure du phénomène.

Les déterminations du volume spécifique apparent v de mottes provenant d'un même échantillon, ayant des humidités différentes, permettent de tracer la courbe représentative des variations de v en fonction de l'humidité h (voir fig. 1).

Pour les échantillons les plus argileux (35 % d'argile et plus) v croît rapidement dès que l'humidité atteint les valeurs de l'ordre de 5 %. Pour les échantillons moins argileux (25 à 35 % d'argile), l'augmentation de v est moins rapide et n'est sensible que pour une humidité voisine de 10 %. Le phénomène de gonflement est négligeable pour les échantillons ayant moins de 25 % d'argile. Dans tous les cas étudiés l'augmentation du volume spécifique apparent devient très faible pour des valeurs de l'humidité supérieures

à celle correspondant au pF 3 ; la courbe représentant les variations de v en fonction de h tend alors vers une asymptote parallèle à l'axe des abscisses. Lorsque l'humidité continue de croître au-delà de h_{pF3} , la motte se désagrège.

On peut exprimer le gonflement d'un échantillon pour une humidité h , par la différence du volume spécifique apparent d'une motte à l'humidité h et de celui d'une motte sèche du même échantillon (humidité h_s), soit :

$$g(h) = v_h - v_{hs}$$

D'après l'allure du phénomène, on peut considérer que le gonflement maximum correspond approximativement à $g(h_{pF3})$. Les valeurs du gonflement maximum pour les échantillons provenant des différents horizons des profils de la séquence, sont données dans le tableau 1 :

TABLEAU 1
RÉSULTATS DES MESURES - GONFLEMENT MAXIMUM

	Profondeur moyenne de prélèvement des mottes (cm)	Teneur en argile (% de terre fine)	v_{hs} (cm ³ /g)	$v_{h_{pF3}}$ (cm ³ /g)	$g_{h_{pF3}}$ (cm ³ /g)
Sol de la partie haute de la séquence	5	6	0,72	—	—
	35	14	0,66	—	—
	80	25,2	0,60	0,62	0,02
	140	30,2	0,53	0,64	0,11
Sol de la partie médiane de la séquence	5	10	0,65	—	—
	45	29	0,64	0,66	0,02
	70	31,8	0,55	0,61	0,06
	130	31	0,52	0,62	0,10
Sols de la partie basse de la séquence	60	34,2	0,58	0,66	0,08
	90	32,2	0,53	0,64	0,11
de la séquence	5	32,5	0,58	0,62	0,04
	15	43,2	0,60	0,67	0,07
	60	44,7	0,52	0,66	0,14
	150	45,2	0,51	0,67	0,16

2.2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Si dans les résultats précédents on considère les valeurs du gonflement maximum obtenues pour des échantillons prélevés à une même profondeur (par exemple entre 60 et 80 cm, voir tableau 2), on constate que *le gonflement est d'autant plus important que l'échantillon est plus argileux*⁴.

4. La teneur en matière organique étant inférieure à 3 % dans les horizons superficiels et à 1 % dans les horizons profonds, on peut considérer que le rôle des colloïdes organiques est négligeable sur le phénomène mesuré et que le gonflement est dû uniquement à la fraction colloïdale minérale.

TABLEAU 2

VARIATION DU GONFLEMENT MAXIMUM EN FONCTION DE LA TENEUR EN ARGILE
POUR DES ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS ENTRE 60 ET 80 cm

Argile (%)	25,2	31,8	34,2	44,7
Gonflement (cm ³ /g)	0,02	0,06	0,08	0,14

Si on considère par ailleurs les résultats obtenus pour les sept échantillons dont la teneur en argile est comprise entre 30,2 et 34,2 % (pourcentage à peu près équivalent : voir tableau 3) et qui ont été prélevés dans divers horizons des différents sols de la séquence entre 5 et 145 cm de profondeur, on constate qu'il existe une *corrélation positive et significative entre le gonflement et la profondeur de prélèvement* (coefficient de corrélation égal à : +0,82).

TABLEAU 3

VARIATION DU GONFLEMENT EN FONCTION DE LA PROFONDEUR DE PRÉLÈVEMENT
POUR DES ÉCHANTILLONS AYANT ENTRE 30,2 ET 34,2 % D'ARGILE

Type d'horizon	Profondeur (cm)	v_{hs} (cm ³ /g)	v_{hpF3} (cm ³ /g)	Gonflement moyen (cm ³ /g)
Gley de surface	5	0,58 à 0,60	0,62 à 0,66	
<i>g</i> ₁	25	0,59	0,64	
Pseudogley non poreux	25	0,55 à 0,58	0,61 à 0,66	0,07
<i>g</i> ₂	75	médiane : 0,565	médiane : 0,635	
Gley de profondeur	75	0,52 à 0,53	0,62 à 0,64	0,10
	140	médiane : 0,53	médiane : 0,63	

Les volumes spécifiques apparents des mottes sèches sont d'autant plus faibles que l'échantillon est prélevé plus profondément, par contre ils ne sont pas significativement différents lorsque l'humidité correspond au pF 3 (volume spécifique apparent maximum). Le gonflement plus important des échantillons prélevés en profondeur (gley et pseudogley non poreux) semble indiquer que des mottes ayant une même teneur en argile ont un comportement qui est fonction de certaines contraintes qu'elles ont subies dans le sol, contraintes qui sont d'autant plus fortes que la profondeur est plus grande et qui réduiraient le volume spécifique apparent et la porosité interne des agrégats.

3. ÉTUDE RÉALISÉE IN SITU

Des mesures de volume spécifique apparent ont été effectuées dans les horizons des différents types de sols de la séquence entre les mois d'avril et d'octobre, soit pour la région considérée, qui est sous l'in-

fluence d'un climat sahelo soudanais (d'après AUBREVILLE)⁵, de la fin de la saison sèche à la fin saison des pluies.

Deux méthodes différentes ont été employées pour la détermination du volume spécifique apparent suivant l'état du sol : sec ou humide (voir en annexe). La précision de ces deux méthodes est de 3 %.

On peut considérer trois phases au cours de la saison des pluies :

— au cours de la *première phase*, l'humidité du sol augmente de façon plus ou moins irrégulière dans les horizons superficiels, plus progressivement dans les horizons profonds, pour atteindre le plus souvent des valeurs correspondant à la saturation,

— une *deuxième phase* au cours de laquelle l'humidité varie peu,

— enfin une *troisième phase* qui correspond au dessèchement du sol à la fin de la saison des pluies.

La situation et la durée de chacune de ces trois phases au cours de la saison des pluies dépendent pour un horizon d'un profil donné de sa profondeur et surtout de la localisation du profil sur la séquence. C'est ainsi que les horizons profonds des sols du haut de la séquence ne subissent leur humectation qu'à partir de la fin du mois d'août, tandis que les valeurs de l'humidité des sols situés en position basse atteignent leur maximum dès la mi-juillet.

Un exemple (tableau 6 page 142) permet de resituer ces différentes phases en tenant compte du facteur temps, très important à considérer pour l'évolution des conditions physicochimiques, par exemple, dont il sera fait abstraction pour l'ensemble des phénomènes physiques abordés dans cette étude.

3.1. ALLURE DU PHÉNOMÈNE DE GONFLEMENT

Les mesures effectuées au cours de la *phase d'humectation* du sol : détermination du volume spécifique apparent pour des valeurs croissantes de l'humidité, constituent une suite d'opérations *comparables* à celles réalisées sur les mottes.

Comme pour l'expérimentation de laboratoire, on constate parfois une augmentation du volume spécifique apparent quand l'humidité croît.

TABLEAU 4

Type de sol	Horizon	Profondeur (cm)	Argile (%)	Variation de l'humidité (%)	Gonflement v (cm ³ /g)
Partie médiane de la séquence	g_1	40 - 50	26,5	6 à 23 $hpF_3 = 11,5$	0,01
Partie basse de la séquence	g_2	40 - 50	39,5	8 à 24 $hpF_3 = 18$	0,06
Partie haute de la séquence	g_1	70 - 80	20,5	5 à 18 $hpF_3 = 10$	0,01
Partie médiane de la séquence	g_2	70 - 80	34,5	9 à 22 $hpF_3 = 16$	0,03

5. Pluviométrie annuelle de 900 millimètres environ, répartie sur 6 mois dont trois très pluvieux : juillet, août, septembre.

Le tableau 4, présente les résultats obtenus par exemple dans deux groupes de deux horizons, situés dans les trois types de sols, entre 40 et 50 cm pour le premier groupe et entre 70 et 80 cm pour le deuxième, mais ayant des teneurs en argile différentes.

On constate d'une manière générale que les variations du volume spécifique apparent sont d'autant plus fortes que l'horizon est plus argileux et qu'elles sont négligeables lorsque la teneur en argile est inférieure à 25 %. *L'allure du phénomène de gonflement dans le sol est la même que celle observée sur des mottes en laboratoire.*

3.2. INTENSITÉ DU PHÉNOMÈNE

Il est possible de comparer les variations maximales de volume spécifique apparent (gonflement maximum) obtenues dans les expériences de laboratoire et in situ, dans des horizons équivalents.

TABLEAU 5

Expérience de laboratoire sur mottes				Mesures réalisées in situ			
Horizon	Profondeur (cm)	Argile (%)	Gonflement (cm ³ /g)	Horizon	Profondeur (cm)	Argile (%)	Gonflement (cm ³ /g)
<i>g</i> ₁	45	29	0,02	<i>g</i> ₁	40 - 50	26,5	0,01
<i>g</i> ₁	25	32,2	0,06	<i>g</i> ₁	15 - 25	27,5	0,02
<i>g</i> ₂	60	34,2	0,08	<i>g</i> ₂	70 - 80	34,5	0,03
<i>g</i> ₂	60	43,2	0,14	<i>g</i> ₂	45 - 55	39,5	0,06

le terrain, elles tendent à démontrer que le gonflement est moins important dans les sols en place.

Deux raisons peuvent expliquer cette différence :

Si les *valeurs maximales* du volume spécifique apparent sont obtenues aussi bien dans les sols en place que sur les mottes au laboratoire pour des humidités supérieures à celle correspondant au pF 3 et *sont*, d'après l'allure du phénomène de gonflement, *comparables*, il n'en est pas de même pour les *valeurs minimales* qui se rapportent *in situ* à des humidités qui ne sont pas aussi faibles (5 à 9 % dans les horizons profonds au mois d'avril) que celles des mottes sèches (2 à 3 %) au laboratoire. Cependant l'étroitesse des variations du volume spécifique apparent des mottes pour les faibles humidités surtout pour les échantillons ayant moins de 35 % d'argile, permet d'estimer que les écarts des valeurs minimales d'humidité sur le terrain et au laboratoire n'ont qu'une faible influence sur les différences de gonflement.

La deuxième raison est que lorsque l'humidité croît les mottes augmentent de volume, dans les expériences de laboratoire, sans être soumises à des contraintes extérieures, tandis que les agrégats d'un

horizon en place gonflent tout en *subissant une pression* due au poids de la terre située entre la surface du sol et l'horizon. C'est vraisemblablement la raison essentielle de la différence constatée entre l'intensité de gonflement sur le terrain et en laboratoire.

A la phase d'humectation du *sol* correspond, dans les horizons assez argileux (plus de 25 % d'argile), une augmentation du volume spécifique apparent, c'est-à-dire un *gonflement* phénomène dont l'allure et l'intensité ont pu être comparées à celles étudiées au cours de l'expérimentation réalisée sur des *mottes* au laboratoire.

Les valeurs de l'humidité ayant alors atteint leur maximum qui correspond souvent à la saturation, on constate une *diminution du volume spécifique apparent*, c'est-à-dire un *tassement* et on observe alors *la disparition complète de toute structuration du sol*. On a une prise en masse. Ce tassement n'est pas un phénomène brutal, mais se poursuit pendant une période assez longue comme le montrent les résultats présentés dans le tableau 6, résultats qui concernent trois horizons : gley de surface, pseudogley poreux et pseudogley non poreux d'un sol de bas de séquence.

La figure 2 représente les variations au cours de la saison des pluies :

- de l'humidité,
- du volume spécifique apparent : les flèches verticales indiquent les extrêmes, la courbe tracée joint les points médians, leurs valeurs sont données dans le tableau 6 avec les observations sur les modifications de la structure.

Les mesures ayant été effectuées dans des parties d'horizons ne contenant aucune fente, on a tenu compte du volume occupé par les fentes de retrait (quand elles existent : sol sec) en mesurant leur largeur et leur espacement au niveau de chaque horizon sur les quatre faces d'une fosse pédologique (calcul de v' qui s'exprime en cm^3/g : pourcentage du volume correspondant aux fentes par rapport au volume total de sol, multiplié par le volume spécifique apparent).

Le tassement est d'autant plus net que le gonflement a été plus important, soit dans les sols de la séquence étudiée, dans les *horizons profonds* (pseudogley non poreux et gley) qui ont des *teneurs en argile plus élevées*.

La similitude de l'allure du phénomène de gonflement constatée en laboratoire et *in situ* au cours de la phase d'humectation du sol, permet de mettre en parallèle deux faits observés dans chaque cas pour des valeurs de l'humidité supérieures à celle correspondant au pF 3 :

- *la désagrégation de la motte*, qui provoque un effondrement de l'élément structural,
- et le *tassement des horizons en place*, ou prise en masse avec *disparition de la structure*.

Les valeurs données dans le tableau 6 montrent que la différence, entre le volume spécifique apparent mesuré dans le sol sec (saison sèche) et dans le sol saturé d'eau mais tassé (fin de saison des pluies), est négligeable si on tient compte du terme correctif v' (dans le sol sec structuré).

Après la saison des pluies, lors de la *phase de dessèchement*, on note parfois une légère *augmentation* des valeurs du volume spécifique apparent tandis que l'on observe un *début de structuration*, dans les horizons pour lesquels on a constaté un phénomène de prise en masse (par exemple dans les pseudogleys

TABLEAU 6

VARIATIONS DU VOLUME SPÉCIFIQUE APPARENT (extrêmes et médianes) AU COURS DE LA SAISON DES PLUIES

Date	avril à juin	16 juillet	22 juillet	7 août	14 septembre	14 octobre
Total des pluies au moment de la mesure (mm)	< 50	182	314	452	712	914
	première phase : humectation			deuxième et troisième phases		

GLEYS DE SURFACE : 0 - 8 cm, 24 % D'ARGILE

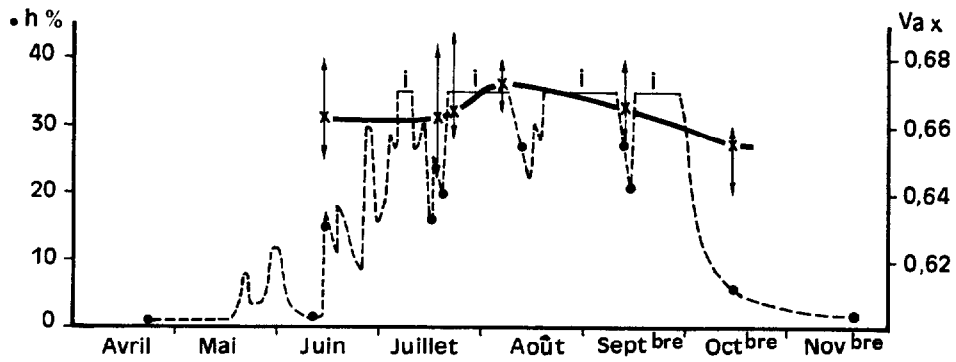
Humidité (%)	1 à 14	15	35 environ inondé	35 environ inondé	21	6
v (cm ³ /g)	0,660 0,650 à 0,680	0,660 0,645 à 0,685	0,665 0,655 à 0,690	0,670 0,665 à 0,680	0,660 0,655 à 0,680	0,655 0,640 à 0,660
Observations...	fentes de retrait très fines $v' \neq 0$	Structure massive				quelques fentes très fines $v' \neq 0$

PSEUDOGLEY POREUX : 8 - 30 cm (entre 15 et 25 cm), 27,5 % D'ARGILE

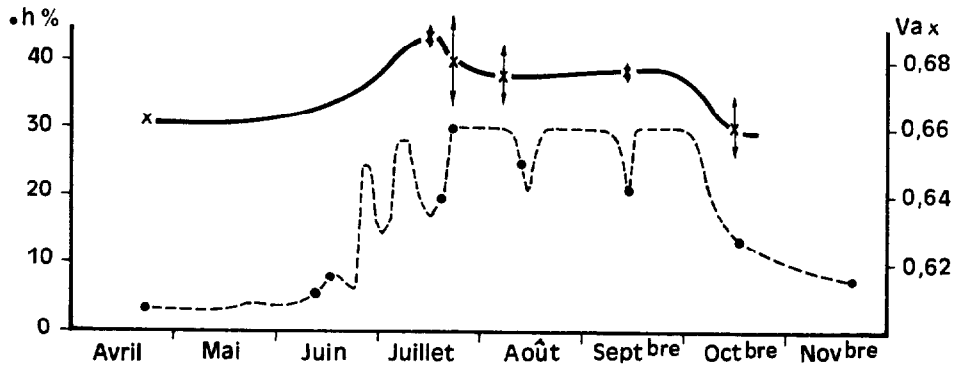
Humidité (%)	3	17	30	30	21	15
v (cm ³ /g)	0,660	0,690 0,685 à 0,690	0,680 0,665 à 0,695	0,675 0,665 à 0,695	0,675 0,670 à 0,680	0,660 0,655 à 0,670
Observations...	structure polyédrique à surstructure prismatique $v' = 0,004$	structure polyédrique très peu nette $v' = 0$		structure massive	structure polyédrique peu nette	structure polyédrique

PSEUDOGLEY NON POREUX : 30 - 70 cm (entre 45 et 55 cm), 39,5 % D'ARGILE

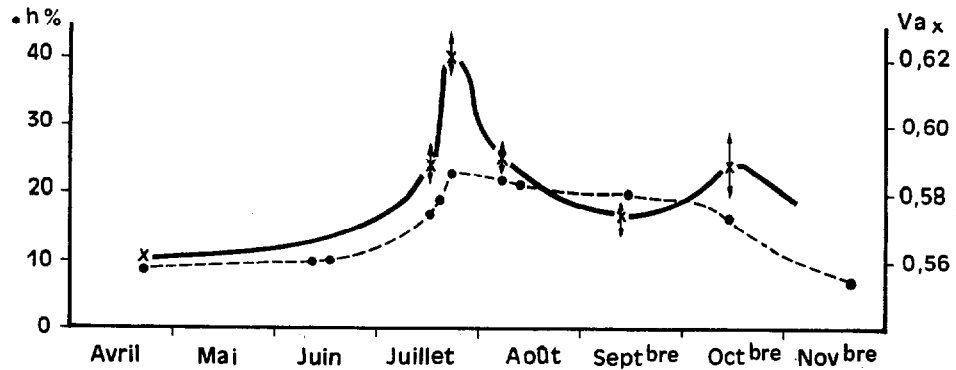
Humidité (%)	8	17	24	23	20	17
v (cm ³ /g)	0,560	0,590 0,585 à 0,595	0,620 0,615 à 0,630	0,590 0,585 à 0,595	0,575 0,570 à 0,580	0,590 0,580 à 0,600
Observations...	structure prismatique grossière $v' = 0,013$	structure prismatique très peu nette $v' = 0$		structure massive $v' = 0$		structure polyédrique peu nette



horizon de surface 0 - 80 cm (gley)
argile 24 %



horizon 80 - 30 cm (15 - 25) pseudogley poreux
argile 27,5 %



horizon 30 - 70 cm (45 - 55) pseudogley non poreux
argile 39,5 %

— volume spécifique apparent - - - - humidité | i | période d'inondation

FIG. 2. — Variations du volume spécifique apparent et de l'humidité du sol au cours de la saison des pluies.

non poreux des sols des parties basse et médiane de la séquence). Cette augmentation semble être une reprise du gonflement dans des horizons encore très humides qui ne subissent plus une pression aussi forte que lorsque tout le profil était saturé, du fait de la diminution du poids de la terre, qui se dessèche, située entre la surface du sol et l'horizon, mais surtout vraisemblablement par suite d'une répartition préférentielle des tensions dans le sol, liée au dessèchement des horizons et au développement d'une nouvelle structuration, qui modifie la transmission des contraintes.

Quand les horizons sont secs, les fentes de retrait réapparaissent redonnant au profil l'aspect structuré observé avant les premières pluies, les valeurs du volume spécifique apparent sont alors très voisines de celles mesurées au mois d'avril.

CONCLUSION

L'expérimentation réalisée en laboratoire a permis de constater que des mottes prélevées en *saison sèche* dans différents horizons de sols hydromorphes d'une séquence, peuvent augmenter de volume quand elles sont humectées. Cet accroissement de volume ou *gonflement* dépend de l'*humidité* et est d'autant plus fort que la motte provient d'un horizon *plus argileux* et plus *profond*.

Dans les sols en place un tel phénomène de gonflement peut être également observé pendant la phase d'humectation de la terre. Mais à ce phénomène succède un *tassement* lié à la disparition de toute *structure*. Cette prise en masse des horizons semble caractéristique des horizons profonds suffisamment argileux pour avoir gonflé et subissant un excès d'eau pendant une période assez longue (le tassement se produit lentement), donc dans les sols étudiés, dans des horizons marqués par l'hydromorphie. Ce tassement se traduit par une *augmentation naturelle de la compacité* de la surface des profils vers la profondeur, *en fin de saison des pluies*, compacité qui se maintient en saison sèche ; cette dernière période est celle à laquelle ont été prélevées les mottes pour l'expérimentation de laboratoire, d'où les valeurs plus faibles de volume spécifique apparent mesurées sur les mottes sèches (voir tableau 1 : v_{hs}).

L'augmentation naturelle de la compacité est importante à considérer car elle influence le régime d'aération et oriente les processus physico chimiques et microbiologiques dans les sols.

BIBLIOGRAPHIE

- BLUME (H.P.), 1968. — Die natürliche Entstehung von Bodenverdichtungen. (Formation naturelle de la compaction des sols). *Landwirtsch. Forsch. Sonderh. Dsch.*, n° 22, pp. 44-49 (*résumé anglais dans Soils and Fertilizers*, vol. 31, 6, 4083).
- DUCHAUFOR (Ph.), 1960. — Précis de Pédologie, Masson et Cie, Paris, 438 p.
- HENIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1960. — Le profil cultural. Principes de physique du sol. *Soc. d'Ed. des Ing. agric.*, Paris, 320 p.
- HENIN (S.), HUTTER (W.), 1964. — Essai sur le gonflement comme mécanisme de la stabilité structurale des sols. *Science du Sol*, n° 2, pp. 77-93.
- MC INTYRE (S.D.), LOVEDAY (J.), 1968. — Problems of determination of soil density and moisture properties from natural clods. *Soil Sci.*, vol. 105, pp. 232-235.
- MAERTENS (C.), 1965. — Deux méthodes de déterminations de la densité du sol en place. Leurs possibilités d'utilisation. *Bull. Ass. Fr. Et. du Sol*, n° 8, pp. 283-292.
- MUCKENHAUSEN (E.), 1963. — Le Pseudogley. *Science du Sol*, n° 1, pp. 21-29.
- REMY (J.C.), 1964. — Détermination de la densité apparente des mottes de terre. *Bull. Ass. Fr. Et. du Sol*, n° 7-8, pp. 278-281.

- VIZIER (J.F.), FROMAGET (M.), 1970. — Notice explicative de la carte pédologique de reconnaissance à 1/200 000 de la République du Tchad. Feuilles de Fianga et Laï. *ORSTOM, Paris*, 88 p, 2 cart. h.t.
- VIZIER (J.F.), SAYOL (R.), 1970. — notice explicative de la carte pédologique de reconnaissance à 1/200 000 de la République du Tchad. Feuille de Bongor. *ORSTOM, Paris*, 62 p, carte h.t.

ANNEXE

1. Détermination du volume spécifique apparent de mottes à différentes humidités au laboratoire

La motte séchée à l'étuve est pesée dans une capsule (p_1). On ajoute une certaine quantité d'eau suivant l'humidité que l'on veut obtenir. L'eau est ajoutée en plusieurs fois au fond de la capsule de façon à ce que la motte s'humecte progressivement (Mc INTYRE - LOVEDAY, 1968). On la met (toujours dans la capsule) sous une cloche de verre dans laquelle l'atmosphère est saturée d'eau (la cloche est reliée à un ballon d'eau chauffée). Le dessèchement de la motte est limité et on constate au bout de 5 heures que toute l'eau ajoutée dans la capsule et qui ne s'est pas évaporée, s'est répartie régulièrement dans la motte (on a mesuré sur plusieurs essais l'humidité de 5 fractions d'une même motte). La motte humide dans la capsule est pesée (p_2). La motte ou une partie de la motte, ne contenant aucune fente pouvant être due aux fortes valeurs de l'humidité à un début de désagrégation, est plongée dans la paraffine liquide. La mesure de volume se fait sur un agrégat homogène dont le volume est supérieur à 20 centimètres cubes. Le résidu de terre humide restant dans la capsule est pesé immédiatement (p_3) puis après séchage à l'étuve (p_4). Le poids de la motte enrobée de paraffine (pesée avec une balance à fléau) est p_5 ; quand la motte est immergée dans de l'eau ce poids est égal à p_6 .

Le poids de la motte sèche dont on mesure le volume à l'humidité h est : $p_1 - p_4$.

Le volume de la motte enrobée de paraffine est $p_5 - p_6$.

Le volume de la paraffine est : $(p_5 - p_2 + p_3) \cdot 1,11$ (1,11 étant le volume spécifique de la paraffine).

Le volume de la motte à l'humidité h est :

$$p_5 - p_6 - (p_5 - p_2 + p_3) \cdot 1,11$$

et le volume spécifique apparent est :

$$v = \frac{p_5 - p_6 - (p_5 - p_2 + p_3) \cdot 1,11}{p_1 - p_4}$$

$$L'humidité h = \frac{(p_2 - p_3) - (p_1 - p_4)}{p_1 - p_4}$$

2. Détermination du volume spécifique apparent dans le sol en place

Le volume spécifique apparent à l'humidité h est le rapport du volume d'un échantillon de terre humide au poids de cet échantillon séché à l'étuve.

a. Sur sol sec

Après avoir établi une surface plane au niveau de l'horizon dans lequel on effectue la détermination, on creuse une cavité et on recueille la terre. Le volume de la cavité est déterminé en la remplissant de façon régulière et minutieuse avec du sable fin (fraction sableuse de 0,197 mm à 0,310 mm). On mesure le volume de sable versé.

b. Sur sol humide

La méthode est inspirée de celle de BURGER (1922) décrite par DUCHAUFOR (1960). Elle consiste à enfoncer verticalement et en évitant tout tassement un cylindre métallique dont les dimensions sont : 7 cm de diamètre, 4 cm de hauteur.

On recueille donc dans le cylindre un volume de terre humide connu. La terre séchée à l'étuve est pesée. On effectue trois mesures par horizon.

La précision des deux méthodes de terrain est de 3 %.