

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES PROPRIETES HYDRIQUES DES SOLS DU MAROC

II. A PROPOS DE LA CAPACITE UTILE (*)

M.-D. VANHAMME

La Station de Base de Pédologie a repris depuis 1967-69 l'étude du régime hydrique des sols du Maroc. L'interprétation des résultats obtenus nécessite la connaissance des propriétés hydriques des sols. Il nous a donc paru opportun de faire paraître, à titre d'introduction, les problèmes soulevés par la détermination des « constantes » hydriques.

Un premier article concernant la capacité de rétention (G. BRYSSINE) a déjà été publié dans *Al Awamia*, 27.

Le deuxième, à publier, de M. VANHAMME, est consacré à la définition de la capacité utile.

Enfin, le troisième article (G. BRYSSINE) fait le point des connaissances acquises dans le domaine du régime hydrique des sols marocains, nombre de travaux traitant de ce problème étant épuisés.

Ces articles sont donc des mises au point introduisant des études hydriques en cours d'interprétation que nous nous proposons de faire paraître ultérieurement.

G. BRYSSINE

(*) Note, revue et complétée, présentée au IV^e Colloque de la Commission Agrotechnique du C.I.A.M. à Palerme en 1967.

Al-Awamia, 42, pp. 75-90, janvier 1972.

I. Introduction

Dans une note précédente, G. BRYSSISSINE (4) a souligné le problème de l'estimation des « constantes » hydriques des sols. Nous croyons intéressant de compléter certaines de ces observations soulignant les caractéristiques de ces paramètres dont l'importance n'est plus à signaler à l'heure actuelle. Ces remarques sont d'autant plus nécessaires que nous avons entrepris l'étude du régime hydrique de différents types de sols du Maroc.

La capacité utile correspond, rappelons-le, à la quantité d'eau disponible pour les plantes. Elle est évaluée par la différence entre la capacité de rétention du sol (quantité d'eau retenue dans la masse terreuse après sa saturation et son ressuyage) et le point de flétrissement (quantité d'eau à partir de laquelle la plante flétrit).

Cette valeur est donc sous la dépendance de ces deux éléments, dénomés, improprement semble-t-il, « constantes » hydriques, qui doivent être évalués avec précision. Or, leur détermination pose certains problèmes comme nous le verrons plus loin.

II. Capacité de rétention

A. Méthodes de mesure

Avant de discuter de la « validité » des résultats obtenus par les différentes méthodes, il nous a paru opportun de rappeler rapidement les principes de détermination de cette constante. Ils sont basés sur l'élimination de l'eau libre.

La mesure de ce paramètre peut s'effectuer soit par des méthodes purement physiques, soit par une méthode que nous pouvons qualifier de « naturelle », car elle emploie les forces développées par la terre elle-même, et enfin par la méthode au champ.

1. Méthodes physiques

Ces techniques de laboratoire sont basées sur l'élimination de l'eau de gravité par une force extérieure, celle-ci peut être appliquée par :

- succion à une atmosphère (méthode BOUYOUCOS) ;
- pression à $1/3$ d'atmosphère (méthode RICHARDS) ;
- centrifugation à 1 000 g (méthode BRIGGS).

Les valeurs obtenues par ces méthodes sont désignées comme *humidité équivalente*. On la considère généralement comme correspondant à la capacité de rétention des sols.

2. Méthode « naturelle » (DOLGOV-FEODOROFF)

Cette dernière est basée sur la force de succion de la terre elle-même : élimination de l'eau de gravité d'un échantillon de la terre humectée à l'excès par la même terre sèche.

3. Capacité au champ (Field Capacity)

La détermination de ce paramètre consiste à mesurer l'humidité d'un échantillon de sol, ressuyé et protégé de l'évaporation, deux ou trois jours après les pluies ou les irrigations.

B. Correspondance humidité équivalente-capacité de rétention et capacité de rétention-limite d'adhésivité

1. Humidité équivalente et capacité de rétention.

Des mesures d'humidité effectuées directement sur le terrain, après irrigation, ou en cases lysimétriques, montrent que les valeurs de l'humidité équivalente ne correspondent généralement pas à celles de la capacité au champ.

TABLEAU I

Série	Profondeur cm Date prélèvement	0 - 40		40 - 60	
		a	b	a	b
A	20.6	24,5	25,7	23,4	24,4
	10.7	24,9	27,6	23,0	26,3
	20.7	25,6	29,9	23,0	25,0
	30.7	—	23,6	—	22,0
B	20.6	20,4	24,7	20,5	22,6
	10.7	20,6	25,9	20,8	24,9
	30.7	—	19,1	—	19,9
C	10.7	19,1	25,0	20,2	22,1

A = irrigations espacées de 10 jours ; B = irrigations espacées de 20 jours ;

C = une seule irrigation le 10/7 ;

a = humidité % avant irrigation ; b = humidité % après irrigation.

GRILLOT et BRYSSINE (7,8) avaient déjà signalé une divergence entre les valeurs observées de la capacité de rétention (25 %) et celle de l'humidité équivalente des tirs (31-33 %).

Ces observations sont confirmées par les dosages directs de l'humidité des tirs de la Station Expérimentale de Sidi Slimane avant et après les irrigations effectuées durant l'année 1955 (16,4). Elles sont synthétisées dans le tableau I ci-joint.

Comme on peut s'en rendre compte à la lecture de ce tableau, la valeur de l'humidité équivalente, qui est égale à 35-37 % dans ce type de sol, n'a jamais été atteinte au cours de ces essais.

Des études en cases lysimétriques, poursuivies durant les années 1960-63 (5), présentent les mêmes divergences dans le cas des sols argileux (tirs) et argilo-limoneux.

TABLEAU II

Prof. cm	Tirs		Sol brun steppique			R'mel	
	0-90	80-100	0-30	30-60 (encroûté)	60-110	0-60 (sableux)	80-110 (argileux)
H.E.	36-38	34-35	24-25	27	21-22	6	27-28
H	20-25	—	20-25	15-20	—	7-8	25-30

H.E. = humidité équivalente déterminée par la méthode Bouyoucos ;

H = humidité après des pluies importantes ou des irrigations.

Par contre, dans l'horizon sableux du R'mel, l'humidité équivalente paraît supérieure à l'humidité sur place.

Des dosages périodiques d'humidité (*), effectués durant la saison pluvieuse 1969-70, soulignent encore les différences remarquées dans l'estimation de cette constante. Dans le tableau III, nous avons représenté l'humidité moyenne hivernale des divers types de sols ainsi que leur humidité équivalente déterminée au laboratoire par la méthode RICHARDS.

(*) Une analyse complète des caractéristiques et du régime hydrique de différents types de sols est en cours de préparation à la Station de Base de Pédologie de la Recherche Agronomique de Rabat.

TABLEAU III

R'mel de Larache			Sol brun tempéré d'Olumès			Tirs gris de Sidi Allal Tazi		
Prof. cm	H.	H.E.*	Prof.	H.	H.E.**	Prof.	H.	H.E.*
0-20	10,4	8,4	0-30	22,1	22,1	0-25	27,9	36,8
20-60	6,7	4,8	35-75	20,6	20,9	30-75	24,3	35,5
60-100	7,1	5,8	75-115	18,2	17,7	75-120	25,3	38,2
100-120	11,7	8,6	—	—	—	120-160	29,6	40,0
120-160	15,6	16,1	—	—	—	—	—	—

Il en résulte que dans les sols sableux (environ 5 % d'argile) les valeurs de l'humidité équivalente paraissent légèrement inférieures à celles de l'humidité observée sur le terrain après les pluies. Dans les horizons profonds, plus argileux (25 %), cette différence tend à s'estomper.

Dans le sol brun de type tempéré, possédant environ 25-30 % d'argile, la correspondance entre la capacité au champ et l'humidité équivalente paraît meilleure.

Le sol très lourd (60 % d'argile) de Sidi Allal Tazi est caractéristique du phénomène. Au cours de l'hiver 1969-70, l'humidité du sol n'a pas dépassé, en surface, 33-34 % et 31 % en profondeur. L'humidité moyenne des divers niveaux durant cette période est restée fortement en dessous de l'humidité équivalente.

Donc, dans les sols riches en éléments fins, les taux d'humidité mesurés après des pluies importantes ou des irrigations présentent des valeurs inférieures à l'humidité équivalente. Par contre, dans les horizons sableux des sols du type R'mel, le taux d'humidité des sols dépasse celui de l'humidité équivalente.

Les valeurs obtenues par les méthodes physiques et celle au champ diffèrent donc principalement dans les sols « légers » et les sols lourds ». Outre les causes d'erreurs dues au pouvoir évaporant du climat et de la durée de ressuyage du sol, fonction de celui-ci, une source de variation provient de la méthode elle-même : le stock d'eau

* Moyenne de deux déterminations.

** Moyenne de quatre déterminations

subsistant dans le sol après un ressuyage naturel ou après l'application d'une force physique ne paraît pas identique. Il en serait de même en ce qui concerne la nature des liaisons entre les particules du sol et les molécules d'eau (3), surtout si le niveau étudié se trouve dans la zone de la frange capillaire (cas du R'mel par exemple).

2. Capacité de rétention et limite d'adhésivité.

Les graphiques établis par G. BRYSSINE pour les profils hydriques des tirs humides (3,4), montrent par contre une concordance entre la capacité de rétention et la limite d'adhésivité.

A cette limite correspond la disparition de l'eau libre, laissant le sol à un niveau d'humidité équivalent à celui de l'eau capillaire.

3. Capacité de rétention et méthode « naturelle »

La méthode de DOLGOV-FEODOROFF présente le grand avantage de ne pas perturber la structure intime du sol ni de mettre en cause des phénomènes de pression ou de succion puisque les terres employées sont les mêmes et, de ce fait, possèdent les mêmes propriétés physiques.

Cette méthode de détermination ne demandant que peu de matériel, est actuellement en voie d'étude pour différents types de sols marocains. Elle est cependant rendue complexe pour les sols lourds à fraction fine importante car celle-ci entraîne un plan de discontinuité au contact des deux surfaces de terre.

III. Point de flétrissement

La deuxième constante hydrique, intervenant dans la détermination de la capacité utile, correspond à la quantité d'eau du sol inutilisable par la plante.

A. Méthodes de mesure

Diverses méthodes ont été proposées pour remplacer la méthode biologique, longue et délicate. Elles sont basées soit sur une élimination physique de l'eau du sol, soit sur des relations empiriques s'appuyant sur des études statistiques.

1. Méthode biologique

Cette méthode est celle de référence pour la détermination de ce paramètre.

Elle consiste à mesurer la teneur en eau du sol au moment du flétrissement permanent d'une plante témoin placée en atmosphère saturée.

2. Méthodes physiques

- mesure de la quantité d'eau retenue dans le sol après l'application d'une pression de 15 atmosphères, à $pF = 4,2$ (méthode RICHARDS) ;
- détermination du taux d'eau non congelée à $-1,25^{\circ}C$.

Dans les deux cas, l'humidité résiduelle correspond à l'eau non utilisable par les plantes.

3. Méthodes empiriques

Statistiquement, on a établi les relations suivantes :

- P.F. = hygroscopicité maximum $\times 1,5$ ou hygroscopicité maximum : 0,68 ;
- P.F. = humidité équivalente divisée par 1,84 ;
- P.F. = $0,01 \times Sf + 0,21 \times L + 0,57 \times A$ où Sf = sable fin, L = limon et A = argile.

B. Correspondance entre les diverses méthodes et la méthode biologique

Les valeurs du point de flétrissement obtenues par les deux derniers types de méthodes (physiques ou calculs) diffèrent sensiblement de celles fournies par la méthode biologique directe.

Ainsi, G. BRYSSINE a obtenu les chiffres suivants (2,16) :

TABLEAU IV

Origine des terres	Flétrissement biologique	Méthode RICHARDS	H.E./1,84
Ouled Aneur (tirs gris)	14 - 16	22	19
Fès (sol rouge argileux)	10 - 11	12	11
Afourer (sol châtain)	10 - 11	13	12
Fqih ben Sallah (sol brun)	9 - 11	13	12
Ahl Souss (sol brun calcaire)	8 - 10	13	13
Annoceur (sol rouge argileux)	8 - 10	13	11
Marrakech (sol peu évolué, gris)	6 - 7	8	8
Dar Bouazza (sol sableux)	6 - 7	7	7
Elouizzia (merzag)	4 - 5	5	5
Boulaouane (r'mel)	3 - 4	3	1

En valeur absolue, les différences sont plus élevées dans les sols lourds que dans les sols légers.

D'autre part, nous avons comparé les chiffres résultant de la relation $P.F. = 0,01 Sf + 0,21 L. + 0,57 A$ avec les données de la méthode RICHARDS pour deux sols argileux : tirs gris et terre de merja du Rharb. Dans ce cas les résultats diffèrent de beaucoup (voir TABLEAU IV).

Ces chiffres nous montrent que les résultats fournis par deux méthodes physiques sont assez voisins. Par contre, ils diffèrent sensiblement des valeurs fournies par la méthode biologique. Or, celle-ci est plus proche de la réalité, la plante indiquant le taux d'humidité compatible à son développement. Ainsi dans un essai d'irrigation du tabac, réalisé sur tirs à la Station Expérimentale de Sidi Slimane (3), le taux d'humidité entre deux arrosages descendait en dessous de 20 %, valeur voisine du point de flétrissement de ce sol sans que la culture ait présenté des signes de difficulté d'alimentation en eau.

Il est possible également que les plantes peuvent employer l'eau du sol à des pF plus élevés que la valeur généralement admise de 4,2 dans les pays tempérés ou encore, qu'à même pF, l'eau se trouve retenue entre les agrégats du sol tandis que celle qui existe dans les pores n'est pas mobilisable.

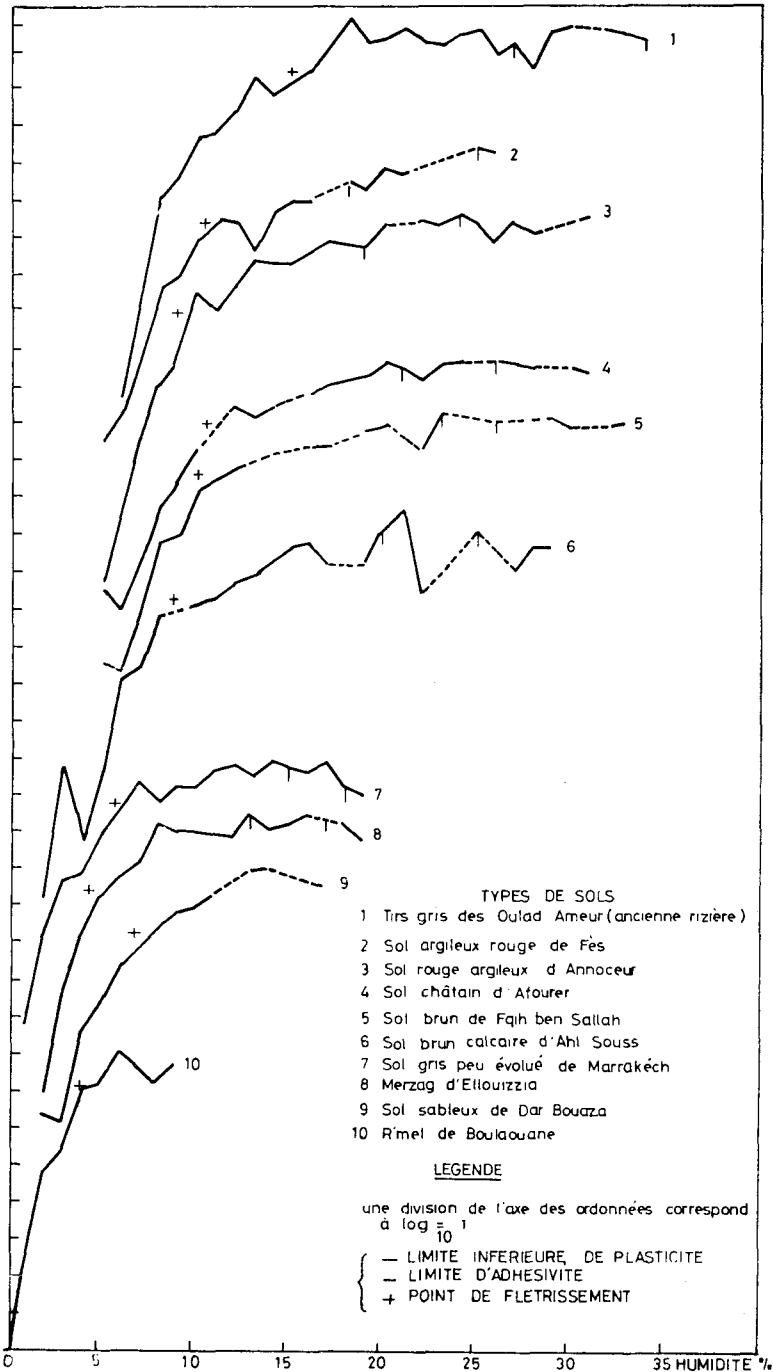
C. Méthode graphique

Les méthodes physiques donnant des résultats peu sûrs, quelle méthode doit être choisie pour déterminer le point de flétrissement ?

TABLEAU V

Type de sol	Horizons	$P.F. = 0,01Sf + 0,21L + 0,57A$	RICHARDS
Tirs gris	0 - 20	40	26
	40 - 60	41	25
	90 - 100	44	29
	140 - 160	40	32
Terre de merja	0 - 20	42	29
	30 - 40	40	30
	50 - 60	43	31
	90 - 100 +	41	32

GRAPHIQUE I



En l'occurrence, la méthode biologique, mais elle est longue et délicate à exécuter.

Des essais réalisés au laboratoire de Pédologie, et dont l'étude est encore en cours, souligneraient la possibilité de fixer le point de flétrissement en suivant graphiquement les diverses phases de dessèchement d'un échantillon de sol sans faire intervenir directement la méthode biologique de référence (16).

Les résultats du dosage périodique de l'humidité sont présentés sous forme de courbes. On porte sur l'axe des abscisses l'humidité et sur l'axe des ordonnées le logarithme de la variation de l'humidité en fonction du temps.

Pour certains sols, la vitesse d'assèchement est régulière et la courbe est continue sans point d'inflexion (courbes 1 et 9 par exemple). Pour d'autres, on peut distinguer trois parties. La première, à pente moyenne sensiblement parallèle à l'axe des abscisses, correspond à un dessèchement rapide depuis les valeurs élevées de l'humidité. La seconde indique la diminution progressive de la vitesse d'évaporation, vitesse qui, s'atténuant, oscille aux valeurs basses de l'humidité (troisième partie). Le point de flétrissement correspondrait au passage rapide de la première à la deuxième branche de la courbe (la constante de référence était déterminée par la méthode biologique).

A titre d'exemple, nous présentons quelques courbes dans le graphique I ci-joint.

IV. Capacité utile

La capacité utile est la quantité d'eau disponible pour les plantes. Elle doit donc être reconstituée par l'irrigation dans les zones où cet appoint est nécessaire.

Au cours des pages précédentes, nous avons signalé les difficultés rencontrées dans la détermination des deux paramètres hydriques intervenant dans cette estimation.

Dans le tableau VI ci-après, nous avons donc présenté un aspect des répercussions sur les valeurs de la capacité utile qu'entraîne la non concordance des méthodes employées.

Nous n'avons malheureusement pu comparer ces valeurs à celles qui auraient été obtenues si le point de flétrissement, déterminé par la méthode biologique, avait été employé, ces données n'étant pas encore déterminées à l'heure actuelle pour ces trois types de sols provenant de nos stations d'étude.

TABLEAU VI

R'mel de Larache				Sol brun tempéré d'Oulmès				Tirs gris de Sidi Allal Tazi						
Prof. cm	Capacité utile m ³ /ha			Prof. cm	Capacité utile m ³ /ha			Prof. cm	Capacité utile m ³ /ha					
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D		
0 - 20	123	71	189	136	0 - 30	427	228	427	228	0 - 25	702	669	330	297
20 - 60	150	82	280	212	35 - 75	626	828	606	908	35 - 75	1 057	1 017	375	334
60 - 100	—	—	—	—	75 - 95	287	383	301	397	75 - 120	1 477	1 545	382	450
100 - 120	141	115	253	227	95 - 115	282	358	304	390	120 - 160	1 242	1 249	536	543
120 - 160	545	331	508	294	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

A = capacité utile déterminée par rapport à l'humidité équivalente et au point de flétrissement correspondant à HE/1,84;

B = capacité utile déterminée par rapport à l'humidité équivalente et au point de flétrissement correspondant à la méthode RICHARDS;

C = capacité utile déterminée par rapport à la capacité au champ et au point de flétrissement correspondant à F.C./1,84;

D = capacité utile déterminée par rapport à la capacité au champ et au point de flétrissement correspondant à la méthode RICHARDS.

Il ressort de ce tableau que l'estimation de la capacité utile varie fortement suivant les méthodes employées. Les différences sont plus importantes dans les sols légers et les sols lourds que dans ceux de composition moyenne.

Dans les sols sableux, exception faite de l'horizon profond argileux, la quantité d'eau utile calculée par rapport aux mesures effectuées sur le terrain est plus élevée que celle qui a été déterminée en ayant pour base les analyses de laboratoire.

Pour les sols lourds, par contre, les estimations basées sur les mesures effectuées sur le terrain sont inférieures à celles basées sur les principes physiques.

Dans les sols bruns tempérés, la concordance paraît meilleure.

V. Conclusion

Afin de pouvoir déterminer avec une bonne approximation la capacité utile des sols, il convient de pouvoir mesurer sans trop de sources d'erreurs les valeurs des « constantes » hydriques qu'implique cette estimation.

Des premières observations, il se dégage que les facteurs suivants doivent être précisés :

- a. dans les sols lourds, la capacité de rétention présente des valeurs inférieures à l'humidité équivalente. Toutefois, la limite d'adhésivité paraît être proche de ce paramètre hydrique ;
- b. dans les sols sableux, à horizon argileux profond, l'humidité équivalente est inférieure à la capacité de rétention.

De plus, les méthodes suivantes devraient être approfondies :

- a. la méthode DOLGOV-FEODOROFF permettrait une bonne représentation de la valeur de la capacité de rétention. Cette méthode, en cours d'étude, nécessite une mise au point dans le cas des sols marocains ;
- b. l'étude des courbes d'assèchement des sols pourrait permettre dans certains cas la détermination graphique du point de flétrissement si l'on considère que l'humidité correspondant à la partie supérieure de la courbe traduisant la diminution progressive de l'évaporation indique la valeur de cette « constante » hydrique.

ملخص

بعد وصف المؤلف باختصار مختلف الاساليب لتحديد الثبوتيات المائية،
السترعي الانتباه الى عدم مطابقة النتائج المحصل عليها ومفعولها على تقويم
السعة المفيدة .

ان الدالة المناسبة للتربة الغليظة أوفر من مقدورة الاحتباس مع أن العكس
يلاحظ في التربة الرملية - وأن مطابقة النتائج أحسن بالنسبة للتربة
المتوسطة من النوع الاسمر الرطيب .

وكذا الشأن لتحديد نقطة الذبول ، الذي يمكن بدوره أن يقوم بالتحديدات
الفيزيائية .

ويمكن أن تحدد تحديدا دقيقا مقدورة الاحتباس اذا اتخذ القدر أدنى
الالتصاقية مع أن نقطة الذبول يمكن أن تقدر بأسلوب صوري مركز على
مختلف أطوار تبخر ماء التربة .

RÉSUMÉ

L'auteur, après avoir rapidement décrit les diverses méthodes de détermination des « constantes » hydriques, souligne la non concordance des résultats obtenus et sa répercussion sur l'estimation de la capacité utile.

Dans les sols lourds, l'humidité équivalente est supérieure à la capacité de rétention tandis que dans les sols sableux l'inverse se remarque. La concordance des résultats est meilleure dans le cas des sols « moyens » du type brun tempéré.

De même pour la détermination du point de flétrissement. Ce dernier serait surestimé par les déterminations physiques.

La capacité de rétention pourrait être fixée avec une bonne approximation en prenant comme valeur la limite d'adhésivité tandis que le point de flétrissement pourrait l'être par une méthode graphique basée sur les phases d'évaporation de l'eau du sol.

RESUMEN

El autor después de haber descrito rápidamente los diversos métodos de la determinación de las constantes hídricas, subraya la no con-

cordancia de los resultados obtenidos y su repercusión sobre la estimación de la capacidad útil.

En los suelos pesados, la humedad equivalente es superior a la capacidad de retención, mientras que en los suelos arenosos se observa lo contrario. La concordancia de los resultados es mejor en el caso de los suelos medios, de tipo oscuro templado.

Pasa lo mismo con la determinación del punto de marchitamiento. Este último sería sobre estimado por las determinaciones físicas.

La capacidad de retención podría ser fijada con una buena aproximación tomando como valor el límite de la adhesividad, mientras que el punto de marchitamiento podría serlo por un método gráfico basado en fases de la evaporación del agua del suelo.

SUMMARY

Having briefly described the various methods of determining soil moisture constant, the author stressed on the difference between the results obtained and its repercussion effect on field capacity estimation.

In heavy soils, the moisture equivalent is superior to the retention capacity, whereas in sandy soils it is the contrary. However, the results concordance is best in the case of loamy mid-soil type brown temperate.

As for the wilting point determination, it could be over-estimated by soil physical means.

The retention capacity could be fixed with a good approximation by taking the adhesiveness limit value; whereas the wilting point could be evaluated by graphical means which is based on the evaporation phases of soil water.

BIBLIOGRAPHIE

1. BRYSSINE, G. — 1953. Notions de pédologie appliquée — IV. Méthodes d'analyses. — Serv. de la Rech. Agro. et de l'Exper. Agric., Rabat.
2. — 1964. A propos des constantes hydriques et en particulier celles des tirs. — Document manuscrit, laboratoire Pédologie, Inst. Nat. Rech. Agro., Rabat.

3. — 1965. Les tirs du Gharb. — Cah. Rech. Agro., **20**, I.N.R.A., Rabat.
4. — 1968. Contribution à l'étude des propriétés hydriques des sols du Maroc — I. - A propos de la capacité de rétention des sols et, en particulier, celle des tirs. — *Al Awamia*, **27**, pp. 89-112, Rabat.
5. BRYSSINE, I. — 1966. Etudes sur la dynamique de la microflore de trois types de sols marocains. — Cah. Rech. Agro., **23**, (thèse), I.N.R.A., Rabat.
6. DE BEAUCORPS, G. — 1955-56. Contrôle électrique de l'humidité des sols — Premier aperçu sur les rapports entre l'eau et la forêt. — Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc, Trav. Sec. Péd., T. **10-11**, Rabat.
7. GRILLOT, G. & G. BRYSSINE — 1949. Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. — Cah. Rech. Agro., **2**, I.N.R.A., Rabat.
8. — 1951. Nouvelle contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. — Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc, Trav. Sec. Péd., T. **2 et 3**, Rabat.
9. FEODOROFF, A. — 1962. Ressuyage du sol et capacité de rétention pour l'eau. — Ann. Agro., **13**, n° **6**, I.N.R.A., France.
10. FEODOROFF, A. & RAFI — 1963. Evaporation de l'eau à partir d'un sol nu — Rôle de l'état structural — Ann. Agro., **14**, n° **4**, I.N.R.A., France.
11. FEODOROFF, A., & BETREMIEUX — 1965. Une méthode de laboratoire pour la détermination de la capacité au champ. — Sc. du Sol, 2° sem.
12. HALAIRE & BALDY — 1964. Potentiel matriciel de l'eau dans le sol. — L'eau et la production végétale, pp. 15-25, I.N.R.A., France.
13. I.N.R.A., 1966 — Livret-Guide-Les profils des sols — T. II, Congrès de Pédologie Méditerranéenne — Excursion au Maroc du 3 au 9 septembre 1966. — Min. Agric. et de la Réforme Agraire, Rabat.

14. VANHAMME, M.-D. — 1967. A propos de la capacité utile. — IV^e colloque, Commission Agrotechnique du C.I.A.M., Palerme, 8 p. ronéo.
15. VEIHMAYER, F.Y. & HENDRICKSON — 1949. Methods of measuring field capacity and wilting percentage of soil. — Soil Sc., vol. 68, n° 1, juillet.
16. X. Archives de la Station de Base de Pédologie, I.N.R.A., Rabat.