

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

## III. — REGIME HYDRIQUE DES SOLS DU NORD DU PAYS

G. BRYSSINE \*

### SOMMAIRE

#### Introduction

- A. Evolution générale du régime hydrique et le rôle des facteurs qui le conditionnent
  - 1. Dynamique de l'humidité au cours de l'année
  - 2. Infiltration en profondeur
  - 3. Dessèchement des profils
- B. Caractères particuliers de divers types de sol
  - 1. R'mel — sol sableux lessivé à un horizon argileux
    - a. sol non irrigué
    - b. sol irrigué
  - 2. Tirs — sol argileux lourd (du type de vertisol)
    - a. sol non irrigué
    - b. sol irrigué
  - 3. Hamri — sol châtain sur tuf calcaire
    - a. sol non irrigué
  - 4. Sol brun calcaire
    - a. sol non irrigué
    - b. sol irrigué
- C. Conclusions

---

(\*) Direction de la Recherche Agronomique. Observations: note (revue et corrigée) présentée au IV<sup>e</sup> colloque de la Commission Agro-technique du C.I.A.M. à Palerme. 1967.

## Introduction

L'importance du problème de l'humidité des sols et de sa dynamique n'a pas échappé aux chercheurs du Maroc, qu'ils soient pédologues ou agronomes. Dès le début des années trente plusieurs études en cases lysimétriques, mises en service à la Recherche Agronomique, ont été poursuivies jusqu'à nos jours (voir annexe). Quelques essais ont été réalisés dans les stations expérimentales.

Les résultats obtenus au cours de ces études ont été partiellement interprétés par différents chercheurs, soit dans le cadre des investigations sur le régime hydrique des sols (MIÈGE, GRILLOT, BRYSSINE, DECROUX, CORNU, MICHEL et BARRADA), soit pour illustrer les conditions écologiques de certaines expériences (M<sup>me</sup> I. BRYSSINE). Il nous a paru alors utile de faire état de ces recherches, dont certaines sont déjà anciennes, pour caractériser le régime hydriques des sols de la partie humide du Maroc. Ces études ont été faites, en majeure partie, à Rabat, dont le climat est conditionné par une pluviométrie annuelle de 523 mm et une température annuelle de 17,7°C (données de 1959).

### A. Evolution générale du régime hydrique et le rôle des facteurs qui le conditionnent

Le régime hydrique des sols marocains suit l'évolution des conditions climatiques au cours de l'année : les sols s'humidifient pendant la saison pluvieuse hivernale et se dessèchent pendant la saison chaude estivale.

#### 1. *Dynamique de l'humidité au cours de l'année*

L'humidification des profils, qui débute en automne avec les premières précipitations importantes, est toujours rapide, même dans les sols argileux. Ces pluies d'automne suffisent à saturer le sol d'eau quelle que soit l'humidité estivale maintenue dans le sol au début de la saison pluvieuse.

Au cours des mois d'hiver, l'humidité du sol reste toujours élevée et constante, au voisinage de la capacité de rétention avec des valeurs propres à chaque type de sol, même lorsque les précipitations sont faibles. Seuls les horizons superficiels accusent une certaine variation du taux d'humidité, dont l'intensité est en relation avec le type de profil. Le stock d'eau dans le sol, en hiver et sous le climat de Rabat, est indépendant de la nature de la culture annuelle pratiquée

(céréales et jachère travaillée, nue ou avec enfouissement des engrais verts), mais dépend uniquement de la nature du sol (MIÈGE, GRILLOT et BRYSSINE).

Au printemps, avec l'atténuation de l'intensité des pluies et l'élévation des températures, le degré de l'humidité des sols diminue et le rôle de la couverture végétale apparaît pleinement. Son taux descend avant la fin des pluies au-dessous de la capacité de rétention pour se rapprocher des valeurs du point de flétrissement, ceci plus rapidement dans les terres emblavées que dans les terres en jachère travaillée, nue ou avec l'enfouissement d'engrais verts. Le même phénomène a été observé à la Station expérimentale de Fès, dans des sols en place (\*).

La vitesse de l'assèchement paraît varier avec la nature des sols ; plus rapide dans les sols légers, elle est plus atténuée dans les sols lourds. Il en est de même, en ce qui concerne la profondeur de l'assèchement : importante dans les sols sableux, elle l'est moins dans les sols lourds. (GRILLOT et BRYSSINE). Toutefois, l'horizon sous-jacent argileux des sols sableux garde bien l'humidité.

## 2. *Infiltration en profondeur (percolation)*

La totalité des eaux de pluies tombées au cours de l'hiver ne subsiste pas dans la partie supérieure des profils, mais s'infiltré en profondeur et de ce fait devient peu utilisable par les plantes annuelles. Les mesures effectuées dans les cases d'un mètre de profondeur montrent qu'une partie importante, au moins 40 % des précipitations annuelles, s'échappent ainsi des horizons superficiels (BRYSSINE, DECROUX). Le maximum d'eau percolée (infiltrée dans les horizons profonds) par rapport à l'eau tombée, correspond aux mois d'hiver. Ce taux est très supérieur à celui des mois d'automne. Par contre, la pluviométrie tardive ne provoque généralement qu'une percolation réduite (MIÈGE, GRILLOT et BRYSSINE).

Parmi les facteurs qui semblent conditionner le volume de la percolation (infiltration dans les horizons profonds des eaux de pluies), la pluviométrie annuelle et la nature des sols jouent un rôle prépondérant, surtout la première, tandis que l'état de la couverture végétale (céréales, jachère travaillée, nue ou avec enfouissement des engrais verts) restent sans effet (DECROUX). Voir les chiffres illustrant les conclusions dans le tableau ci-après :

(\*) Note en cours de préparation.

## Moyennes par cases

Année	1944-45	1945-46	1946-47	1947-48	1948-49	1949-50	1950-51	
<i>Pluviométrie</i>	252,5	498,0	623,0	501,1	389,0	376,7	552,2	mm
Percolation	60,8	172,8	257,0	212,8	107,2	178,3	267,2	mm
<i>Sols</i>	<i>R'mel</i>	<i>Tirs</i>		<i>Hamri</i>				
Percolation	201,3	173,5		163,4	mm			
	44,1	38,0		35,8	% de la	pluviométrie		
<i>Cultures</i>	Jachère	Blé/Jachère		Engrais verts			Blé/Engrais vert:	
Percolation	178,1	187,3			180,3		172,0	mm
	39,0	41,0			39,5		39,0	mm
							% de la pluvio métrie	

Les premiers travaux ont mis aussi en évidence l'importance de la pluviométrie de l'année précédente sur la dynamique de la percolation : « la pluviométrie antérieure joue un rôle indiscutable... par l'humidité qu'elle a laissée dans le sol au départ de la nouvelle campagne et à l'apparition des nouvelles précipitations » (MIÈGE), les premières pluies de la saison pluvieuse étant utilisées pour saturer le sol desséché au cours de l'été. Voici les données tirées du travail de MIÈGE concernant la relation entre la pluviométrie et la percolation :

Année	Pluviométrie de l'année mm	Hamri		Tirs		R'mel		Sable	
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
1933-34		156	47	139	42	174	53	202	62
1934-35	381	156	47	139	42	174	53	202	62
1935-36	652	178	27	38	6	200	32	261	42
1936-37	458	175	38	149	32	222	48	221	48
1937-38	417	163	39	171	41	180	44	220	53

## 3. Dessèchement des profils

L'abaissement de l'humidité des profils est dû à la fois à son évaporation, et à son évapotranspiration. Ces pertes d'eau atteignent 60 % de la pluviométrie annuelle.

Dans son travail J. DECROUX a procédé aux estimations des valeurs de l'évapotranspiration dans les trois sols. Voici les données moyennes concernant ces sols :

Année	1944-45	1945-46	1946-47	1947-48	1948-49	1949-50	
Pluviométrie	253	498	623	501	389	377	mm
Evapotranspiration	167	300	313	325	276	284	mm
Sols	<i>R'mel</i>	<i>Tirs</i>		<i>Hamri</i>			
Evapotranspiration	258	284		290			mm
	586	64,5		65,9			% de la pluviométrie
Cultures	Jachère	Blé/Jachère		Engrais verts		Blé/Engrais verts	
Evapotranspiration	234	312		254		311	mm
	53,2	70,9		57,7		70,7	% de la pluviométrie

Il ressort de la lecture de ces chiffres que seuls deux facteurs ont un effet sur l'évapotranspiration : la pluviométrie de l'année et la nature des cultures. Le sol, par contre, ne paraît jouer aucun rôle dans ce phénomène (évapotranspiration totale et annuelle).

Pour que l'on puisse constater des différences significatives entre les valeurs de l'évapotranspiration, les différences entre les précipitations annuelles doivent être très élevées. C'est le cas, par exemple, de l'année sèche de 1944-45 par rapport aux années suivantes. Cependant, en valeurs absolues, les évapotranspirations de ces années se classent dans le même ordre que leurs pluviométries annuelles, sans être significativement différentes les unes des autres. En ce qui concerne l'influence de la couverture végétale sur les valeurs de l'évaporation, on peut considérer, d'une part, la culture du blé qui évapore la même quantité d'eau quel que soit le précédent cultural et, d'autre part, la jachère travaillée nue ou avec engrais verts enfouis au printemps. Voici ces données (DECROUX) :

Sol	Pluviométrie moyenne sur sept ans mm	Evapotranspiration réelle du couvert ETR mm	Evaporation de la jachère nue après enfouissement des engrais verts en mm	Eau transpirée par le végétal mm	% ETR
R'mel	457	259	239	22	9
Tirs	>	269	237 *	90	29
Hamri	>	310	220	83	25
		330	247		

(\*) Moyennes des cases « jachère » nue ou après enfouissement d'engrais verts.

On voit d'après ces chiffres, que les quantités d'eau transpirées par le végétal correspondent à 25-30 % de l'évapotranspiration totale dans le cas des sols lourds (tirs et hamri) et à 9 % seulement dans les sols sableux (r'mel). Les pertes d'eau par évaporation des sols sous couverture végétale au printemps, jachère travaillée nue ou après enfouissement des engrais verts, sont très voisines. Remarquons enfin que ces estimations concernent les valeurs globales annuelles. Les graphiques de la dynamique de l'humidité montrent que dans les sols sableux l'évaporation s'arrête assez tôt au début de la saison estivale, tandis qu'elle se poursuit assez longtemps au cours de la saison chaude dans les sols lourds. La question mérite d'être étudiée.

## B. Caractères particuliers de divers types de sols

### 1. *R'mel*

#### a. Sols non irrigués

Parmi les profils étudiés, les sols sableux à un horizon argileux présentent cette particularité d'avoir deux régimes hydriques superposés. Dans les horizons supérieurs sableux, les valeurs de la capacité au champ seraient supérieures à celles que l'on pourrait s'attendre à trouver dans un sol à granulométrie fortement sableuse. La présence de la couche argileuse faciliterait donc l'humidification des horizons sableux par la voie capillaire à partir de cet horizon.

Le dessèchement du sol au printemps est rapide et la dessiccation estivale englobe toute la couche sableuse. Le régime hydrique de cette couche paraît suivre fidèlement le régime des précipitations en passant rapidement de l'état sec à l'état humide.

Par contre, en profondeur, l'humidité de la couche argileuse reste élevée assez longtemps et baisse lentement au cours de l'été. La présence de cette couche facilite l'accumulation d'eau dans la partie inférieure de la couche sableuse lors de précipitations importantes hivernales. On peut même parler d'un certain engorgement de cet horizon au cours de l'hiver (I. BRYSSINE).

#### b. Sols irrigués

« Les irrigations d'été, pratiquées tous les dix jours, augmentent au cours de l'été l'humidité de l'horizon sableux jusqu'aux valeurs de la capacité de rétention, mais deux ou trois jours après l'irrigation,

l'humidité baisse rapidement. Toutefois, dans les cases irriguées, le sol ne se dessèche au cours de l'été que jusqu'à 60 cm de profondeur, tandis que dans les cases non irriguées le dessèchement est plus profond allant jusqu'à 100 cm » (I. BRYSSINE).

## 2. Tirs

### a. Sols non irrigués

Le régime hydrique des sols lourds argileux (du type tirs) présente un certain nombre de particularités.

D'une manière générale, la quantité totale d'eau retenue par ce type de sol reste relativement plus élevée compte tenu de leur composition granulométrique fortement argileuse. Malgré cette teneur élevée en argile, l'eau pénètre assez rapidement dans la masse du sol et dès le début de l'hiver le profil entier est complètement humidifié.

En hiver, les sols non irrigués ne présentent pas un excès d'eau persistant assez longtemps pour rendre le sol asphyxiant. Seules les grosses pluies d'hiver provoquent l'accumulation d'eau dans l'horizon superficiel. Ce phénomène d'engorgement s'observe surtout dans les sols labourés, où il atteint toute la profondeur travaillée par les instruments aratoires. Dans les sols vierges ou en friche, l'état de la surface reste satisfaisant (MONZIÈS).

A l'état hydrique, correspondant à la capacité de rétention, l'eau ne paraît pas remplir tous les pores fins, mais se maintiendrait entre les « grains argileux » bien compacts et relativement secs (G. BRYSSINE). Elle serait donc plus mobile que celle retenue dans le sol par capillarité.

Cette mobilité de l'eau du sol peut expliquer le fait que, dès la cessation des grosses pluies hivernales, le régime hydrique de ce type de sol, ou au moins celui de ses horizons supérieurs, suit assez fidèlement le régime des pluies printanières. Le sol se dessèche entre les deux périodes de pluies, si celles-ci sont espacées.

### b. Sols irrigués

Le même phénomène de dessiccation rapide des horizons supérieurs s'observe dans les sols irrigués en été pour autant que les arrosages soient espacés. Ce phénomène affecte surtout les horizons de surface, le sol en profondeur restant humide (G. & I. BRYSSINE). Les essais d'irrigation à dates fixes et volumes constants, réalisés à

la Station expérimentale de Sidi Slimane, montrent que l'humidité des sols, aussi bien des horizons profonds que des horizons de surface, baisse régulièrement, malgré les irrigations, et que la dessiccation du sol entre les arrosages se fait de plus en plus rapidement au fur et à mesure de l'avancement de la saison.

Les irrigations d'été contribuent à l'accroissement de l'humidité des sols pendant la saison pluvieuse par rapport aux sols non-irrigués, surtout dans les horizons profonds. Les taux d'humidité dépassent largement les valeurs de la capacité de rétention des sols vierges (I. BRYSSINE).

### 3. *Hamri (sol châtain sur tuf calcaire)*

#### a. Sols non irrigués

Dans ce sol châtain sur tuf calcaire à 60 cm, il faut mentionner le rôle joué par cette formation croutoïde dans la dynamique de l'humidité du sol. Cet encroûtement calcaire sous-jacent, à capacité de rétention plus faible que l'horizon terreux superficiel, serait responsable de la dessiccation poussée de ce type de profil, même de ses horizons profonds. De ce fait, la saturation du sol prend beaucoup plus de temps que dans les autres sols étudiés et l'infiltration de l'eau en profondeur (percolation) débute avec un certain retard (GRILLOT, BRYSSINE et DECROUX). En hiver, on observe, par contre, une certaine accumulation d'eau au-dessus de l'horizon croutoïde due à la rupture de la continuité du profil sableux avec la couche sous-jacente. Ce léger excès d'eau se maintient pendant les mois d'hiver.

#### b. Sols irrigués

Aucune étude sur les modalités des irrigations n'a été réalisée dans ces terres.

### 4. *Sol brun steppique*

#### a. Sols non-irrigués

Le sol brun steppique paraît assez sensible aux variations de la pluviométrie. Au cours de l'hiver les horizons terreux de surface s'humidifient plus que les horizons sous-jacents encroûtés. Mais le sol se dessèche partiellement entre deux périodes de pluies. La dessiccation du profil est profonde pendant la saison estivale.

### b. Sols irrigués

Sous l'effet des irrigations le sol reste uniformément humide, à régime hydrique bien constant au cours de l'année. Toutefois on constate l'accroissement de l'humidité dans les sols irrigués par rapport aux sols non-irrigués au cours des mois d'hiver, surtout si les pluies se répartissent sur toute la période hivernale.

### C. Conclusions

Dans la présente communication nous avons condensé les exposés faits par différents chercheurs de la Recherche Agronomique qui s'intéressaient pour diverses raisons aux problèmes du régime hydrique des sols marocains. Ils ont montré l'allure générale de ce régime et le rôle des facteurs qui interviennent dans l'évolution de la dynamique de l'humidité des sols du Nord du Maroc.

On peut ajouter que « la pluviométrie totale ne règle pas seule les mouvements de l'eau dans le sol et sa répartition joue un rôle aussi important. Il semble que le régime pluviométrique le plus favorable au maintien d'un taux élevé d'humidité dans le sol soit constitué par de fortes pluies dès le début de l'année agricole (novembre), suivies de faibles précipitations au cours de l'hiver et d'une pluviométrie assez tardive et abondante au printemps » (MIÈGE).

Il nous semble opportun d'attirer l'attention des lecteurs sur l'importance des pertes en eau par l'évaporation directe dans le cas des cultures annuelles (blé). On peut les estimer d'après les travaux de DECROUX, à 50 % de la pluviométrie totale. Les mêmes conclusions se dégagent du travail de M. ENIKEFF sur les propriétés hydriques des sols du Haouz et les irrigations des orangers. Il a montré l'intérêt du mulch (couche de paille de 30 cm à 50 cm) pour arrêter « pratiquement toute l'évaporation de la surface du sol, dans les conditions locales » ainsi que pour économiser l'eau (M. ENIKEFF).

## ANNEXE

### HISTORIQUE DES ETUDES EN CASES LYSIMETRIQUES

Une batterie de 34 cases lysimétriques a été mise en service au Centre de Recherches Agronomiques de Rabat en 1932. Ces premières cases d'un mètre de profondeur pour une capacité d'un mètre cube, ont été remplies de différentes terres (MIÈGE), sans distinction de leurs horizons pédologiques. En 1937, une partie des cases a été vidée et leurs terres ont été remplacées par des profils prélevés dans différentes régions du Maroc (GRILLOT, BRYSSINE et DECROUX). Cette batterie de petites cases, situées dans le Jardin d'Essais, près des bâtiments de la Recherche Agronomique, en pleine ville de Rabat, a été remplacée, à partir de 1952, par une nouvelle série de 20 cases de deux mètres de profondeur et d'une capacité de huit mètres. Le dispositif est installé à la Station expérimentale du Guich des Oudaïa, dans les environs immédiats de la ville (M<sup>me</sup> I. BRYSSINE).

Les premières cases ont été destinées aux études hydro-pédologiques (dynamique de l'humidité et régime de percolation) dans des conditions de cultures sèches ; les secondes, aux études sur l'irrigation, soit à l'eau douce, soit à l'eau salée. Ces derniers essais ont été pourvus jusqu'au mois de juillet 1963.

#### Etudes sur le terrain

Quelques études sur les irrigations (avec contrôle de l'humidité) ont été réalisées dans les Stations expérimentales de Rabat (BARADA et DECROUX, CORNU et MICHEL) (sols sableux et de Sidi Slimane (sols lourds argileux = tirs) (BRYSSINE, 1965).

Une campagne de mesure de l'humidité des sols sous différentes cultures (jachère-blé) a été poursuivie à la Station expérimentale de Fès au cours des années agricoles 1935-39.

Actuellement, la Station de Pédologie a entrepris, depuis 1967, une série de mesures périodiques de l'humidité des sols des différentes Stations expérimentales de la Direction de la Recherche Agronomique qui nous permettra de préciser l'évolution du régime hydrique de différents types de sols caractéristiques du Maroc.

## مساهمة في دراسة النظام المائي في تربة شمال المغرب

### ملخص

يلخص المؤلف ضمن هذه المذكرة الاعمال التي قام بها في البيوت الليمترية الموجودة بالرباط . وقد درست عدة أصناف التربة سواء في مجالات الزراعة البورية أو السقوية : «تيرس» «الحمري» أو «التربة الزعراء» ، التربة السمراء ، الرمل ، وقد بينت هذه التربة المختلفة السيرة العامة للنظام المائي في التربة الممتحنة ودور العوامل (التربة ، المناخ ، التغطية النباتية) في نمو الديناميكية لرطوبة تربة شمال المغرب . ومن الصعب أن يحدد المطر بمجرد حركات الماء في التربة بيد أن توزيعه يلعب دورا مهما .

كل صنف من أصناف التربة له ديناميكية : والعامل الاساسي في هذا الشأن ينحصر في تكوين المظاهر الشكلية .

حيث أن وجود أو عدم وجود التغطية النباتية من شأنه أن يغير الحالة المائية للتربة ، وخاصة في الربيع .

### RÉSUMÉ

Dans la présente note l'auteur résume les travaux réalisés dans les cases lysimétriques situées à Rabat. Plusieurs types de sol ont été étudiés aussi bien dans les conditions des cultures sèches que dans les conditions irriguées : tirs, « hamri » (sol châtain), sol brun step-pique, « r'mel ». Ils ont montré l'allure générale du régime hydrique des sols « testés » et le rôle des facteurs (sol, climat, couverture végétale) qui interviennent dans l'évolution de la dynamique de l'humidité des sols du Nord du Maroc. La pluviométrie totale ne règle pas seule les mouvements de l'eau dans le sol et sa répartition joue un rôle aussi important. Chaque type de sol possède sa propre dynamique : la constitution des profils semble être le facteur primordial. La présence ou l'absence de la couverture végétale peut modifier profondément l'état hydrique des sols, surtout au printemps.

### RESUMEN

En la presente nota, el autor resume los trabajos realizados en las casitas lisimétricas situadas en Rabat. Varios tipos de suelos han sido estudiados tanto en las condiciones de cultivo de secano como en el

de regadío : « Tirs » « Hamri » (suelo castaño), suelo oscuro estepado, « Rmel ». Estos han mostrado una marcha general del régimen hídrico, de los suelos ensayados y el papel de los factores (suelo, clima, cultivos vegetales) que intervienen en la evolución de la dinámica de la humedad de los suelos del norte de Marruecos. La pluviometría total sola no regula los movimientos del agua en el suelo sino también la repartición juega un papel también importante en ello. Cada tipo de suelo posee su propia dinámica : la constitución de los perfiles parece ser el factor primordial. La presencia o la ausencia de la vegetación puede modificar profundamente el estado hídrico de los suelos, sobre todo en primavera.

#### SUMMARY

The author sums up in this note the work reaised in the lysimetric compartment situated at Rabat, where several types of soils have been studied; tirs, « hamri » (chestnut-brown soil), brown steppic soil « Rmel » in the dry conditions as well as in the irrigated conditions. They have displayed the general behaviour of the hydric regime and reveal the influence of the factors « soil, climate, vegetation cover » that interfere in the dynamic evolution of soil humidity in the North of Morocco.

The author concluded that total rainfall does not rule alone soil water movements, but its distribution as well play an important part. Each type of soil proceed its dynamic property: Soil profile seemed to be the primordial factor. The presence or the absence of the vegetation cover can modify to a large extent the soil moisture situation particularly during spring.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BARRADA, Y. & J. DECROUX — 1965. Observations sur l'utilisation de la sonde à neutrons pour l'étude de l'alimentation en eau des plantes. — *Awamia*, 14, pp. 115-148, Rabat, janvier.
2. BRYSSINE, G. — 1965. Les propriétés physiques des tirs du Rharb. — *Les Cahiers de la Recherche Agronomique*, n° 20, pp. 87-279, Rabat.
3. BRYSSINE, I. — 1966. Etude sur la dynamique de la microflore de trois types de sols marocains. — *Les Cahiers de la Recherche Agronomique*, n° 23, (thèse), 189 p., Rabat.

4. CORNU, A. & C. MICHEL — 1963. Essais d'irrigation d'appoint sur maïs — Premiers résultats obtenus sur sables côtiers avec des hybrides demi-précoces. — *Al Awamia*, n° 7, pp. 35-56, Rabat, avril.
5. — 1965. Essais d'irrigation d'appoint sur maïs. 2<sup>e</sup> partie — Recherches complémentaires obtenus sur sables côtiers. — *Al Awamia*, n° 15, pp. 1-22, Rabat, avril.
6. DECROUX, J. — 1966. Bilan hydrique dans trois types de sols marocains. — *Les Cahiers de la Recherche Agronomique*, n° 22, 81 p. + 3 graphiques, Rabat.
7. ENIKEFF, M. — 1953. Les sols de la région de Marrakech et l'effet des irrigations sur ces sols. — *Tr. de la Sec. de Péd. de la Soc. des Sc. Nat. et Phys. du Maroc*, T. 6-7, pp. 87-94 + 1 graphique, Rabat.
8. GRILLOT, G. & G. BRYSSINE — 1949. Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. — *Les Cahiers de la Recherche Agronomique*, n° 2, pp. 71-92, + 3 graphiques, Rabat.
9. — 1951. Nouvelles contributions à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. — *Tr. de la Sec. de Péd. de la Soc. des Sc. Nat. du Maroc*, 2-3, 10 p. + 1 graphique, Rabat.
10. MIÈGE, E. — 1937. Etude du bilan de l'eau et des éléments fertilisants dans quelques sols types du Maroc. — *An. Agr.*, n° 3, pp. 370-388, Paris.
11. — 1938. La percolation des eaux dans quelques sols types du Maroc. — *Extrait du IV<sup>e</sup> Congrès de la Fédération des Sociétés Savantes de l'Afrique du Nord*, 23, Alger.
12. MONZIÈS, J. — 1966. Note sur la mouillabilité des tirs du Gharb. — *Bull. Soc. Agric. du Maroc*, 72, mai, pp. 27-29, Rabat.