

# OBSERVATIONS SUR L'UTILISATION DE LA SONDE A NEUTRONS POUR L'ETUDE DE L'ALIMENTATION EN EAU DES PLANTES

Y. BARRADA \* et J. DECROUX \*\*

## SOMMAIRE

*La sonde à neutrons*  
— principe, fonctionnement et mesures  
*Conditions d'expérimentation*  
*Etude des profils hydriques*  
*Disponibilités en eau et rendement*  
*Capacité au champ et point de flétrissement*  
*Conclusion*

La mise à la disposition de l'INRA, par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique, d'une sonde à neutrons et d'un compteur portatif modèle 2 800 A de marque Nuclear Chicago, nous a permis au cours de l'année 1963 d'effectuer un assez grand nombre de mesures d'humidité et de déterminer à partir des données recueillies les différentes possibilités d'utilisation de cet appareil dans l'étude de l'alimentation en eau des plantes.

Ce sont donc toutes les observations faites durant cette première année d'emploi que nous avons essayé de réunir dans cet article. Bien

---

\* Expert de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique.

\*\* Ingénieur à la Station Centrale des Améliorations Culturelles.  
Al Awamia, 14, pp. 115-147, janvier 1965.

entendu, de nombreux points restent encore à préciser et à approfondir. Cependant nous pensons que le fait même de les évoquer peut amener d'autres chercheurs à s'y intéresser ou tout au moins à connaître toutes les possibilités que peut offrir cet appareil de mesure pour l'étude du régime hydrique des sols.

Comme base de travail, nous avons pris un essai d'irrigation d'appoint sur maïs hybride (TX 21 : demi-précoce) dans des sables côtiers (sol lessivé sur argile rouge). Ce choix nous a été dicté pour deux raisons :

— d'une part la proximité du champ d'essai nous permettait d'effectuer des mesures nombreuses et régulières ;

— d'autre part cette expérimentation étant poursuivie depuis trois ans, les résultats de récolte des deux premières années étaient déjà connus et publiés (A. CORNU et C. MICHEL [3]). Cependant certains détails méritaient d'être approfondis.

## I. La sonde à neutrons

Avant d'entamer le fond de notre étude, il nous semble nécessaire de présenter l'appareil qui nous a servi à faire les mesures.

### 1. Principe

La mesure de l'humidité dans le sol est basée sur le principe suivant :

Dans un sol irradié à l'aide d'une source de neutrons rapides, l'hydrogène, présent sous forme de molécules d'eau, en raison de sa faible masse, provoque un ralentissement de la vitesse de ces neutrons qui se transforment en neutrons lents.

La détection de ces particules ainsi thermalisées\* à l'aide d'un compteur (après leur passage à travers une chambre à atmosphère de trifluorure de bore) permet d'avoir une valeur proportionnelle au volume d'eau contenu dans le sol.

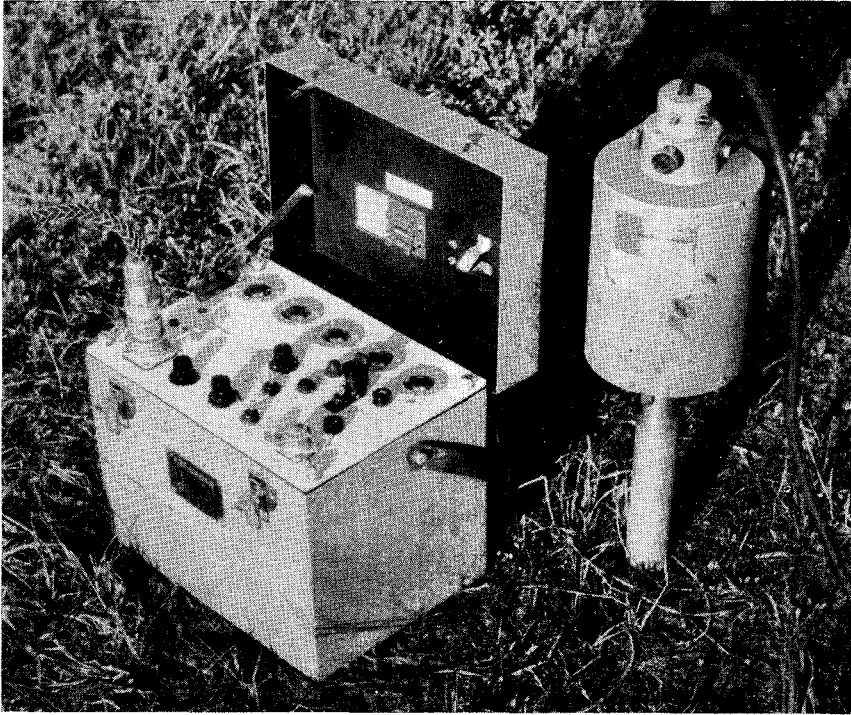
### 2. L'appareil de mesure

Il comprend deux parties :

a. une sonde avec une source émettrice de neutrons rapides (radium - beryllium : 5 millicuries) et un détecteur de neutrons lents (chambre de 50 cc de  $\text{BF}_3$  sous une pression de 35 cm de Hg et sous une tension de 1 300 volts) ;

b. un appareil de comptage relié à la sonde par un câble de 7,62 m de long. Il fonctionne au choix, soit sur courant continu (batterie de 6 volts), soit sur courant alternatif 50-60 hertz.

\* C'est-à-dire de faible énergie



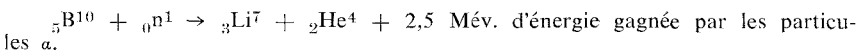
La sonde à neutrons

A droite : la sonde émettrice de neutrons ; à gauche : l'appareil de comptage.

Photo INRA - J.F. BERNARD

### 3. Fonctionnement

Les neutrons lents en pénétrant dans la chambre de  $\text{BF}_3$  bombardent le noyau du bore en donnant la réaction suivante :



Ces particules  $\alpha$  sont ionisantes, c'est-à-dire électriquement chargées, et produisent dans le gaz de la chambre un certain nombre de paires d'ions ( $e^-$ , ion $^+$ ) qui se déplacent dans le champ électrique établi entre les électrodes. Dans un temps très court l'électrode positive collecte une certaine charge ce qui provoque une subite variation de potentiel (impulsion) de 1 à 25 millivolts. Ces impulsions sont amplifiées dès leur départ dans la sonde grâce à un préamplificateur, puis dans le compteur qui les enregistre.

### 4. Les mesures

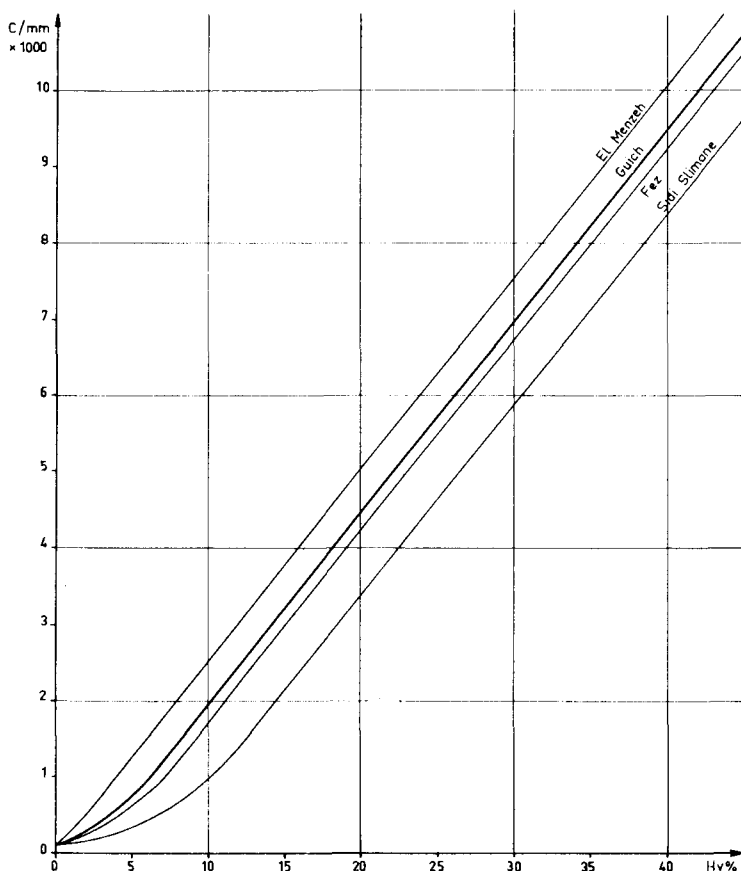
Les mesures correspondant aux chiffres de comptage sont précises mais de façon surtout relative bien qu'on puisse se rapprocher de la précision absolue

moyennant certaines précautions. En effet, la courbe donnant l'humidité en fonction du nombre de coups est de la forme :  $y = ax + b$

la pente « a » est une caractéristique de l'appareil et « b » l'ordonnée à l'origine est une valeur qui dépend du sol (densité apparente, hydrogène constitutif de l'argile et de l'humus) ;

pour connaître « b », il est absolument nécessaire d'étalonner l'appareil par type de sol. Cette opération est délicate. En effet il est assez difficile de prendre avec précision sans changer la densité apparente du sol des échantillons volumétriques aux différentes profondeurs de comptage (4 par mesure). A l'heure actuelle nous avons déjà une courbe d'étalonnage pour quatre types de sol du Maroc (abaques ci-dessous) dont voici les caractéristiques :

- un sable profond de la station expérimentale d'El Menzeh ;
- un sol sableux lessivé sur argile rouge de Rabat (station expérimentale du Guich) ;
- un tirs gris du Gharb (station expérimentale de Sidi Slimane) ;
- un sol brun-rouge calcaire en voie de tirsification (station expérimentale de Fès).



L'humidité mesurée par l'appareil est celle d'un volume de terre sphérique dont le centre est la source émettrice. Le rayon d'action des neutrons, R cm, décroît lorsque l'humidité augmente. Cette sphère d'influence est donnée par la formule :

$$R = 15 \sqrt[3]{\frac{100}{H v}}$$

dans laquelle Hv représente l'humidité en volume.

Il est donc intéressant de connaître l'épaisseur de la couche superficielle du sol à partir de laquelle la sonde devient inutilisable pour la mesure de l'humidité :

Rayon ou épaisseur en cm	Humidité en volume
69,6	1 %
32,2	10 %
25,6	20 %
22,5	30 %
18,9	50 %
15,0	100 %

Pour permettre la pénétration de la sonde dans le sol, on utilise un tube en acier de 4 cm de diamètre interne que l'on enfonce à la profondeur voulue et qui permet d'atteindre facilement les différents horizons.

### 5. Avantages et inconvénients

Ce système de mesure présente de gros avantages :

— avec un seul opérateur, on arrive à mesurer assez rapidement (1 heure pour un profil de 1,50 m) l'humidité, horizon par horizon, d'un important volume de sol sans modifier le profil ;

— les mesures répétées dans le temps sont parfaitement comparables étant donné qu'elles sont effectuées toujours au même endroit, à la même profondeur et dans les mêmes conditions (le tube d'accès pouvant rester en place indéfiniment).

Cependant il y a aussi des inconvénients :

— sensibilité de l'appareil à l'humidité de l'air (mauvais contacts, surtout dans la sonde) ;

— entretien délicat (nécessité d'un technicien averti pour les réparations) ;

— obligation de recharger la batterie (après 16 heures d'emploi normal).

## II. Conditions d'expérimentation

### 1. Protocole expérimental de l'essai d'irrigation d'appoint

L'essai (voir plan 1) est constitué de six traitements : cinq traitements répétés huit fois, plus le témoin répété douze fois : ce qui fait 52 parcelles

au total. Chaque parcelle comporte 4 lignes de 19 m ; l'écartement des plantes est de 0,80 m  $\times$  0,40 m (80 cm entre les lignes, 40 cm entre les poquets) ; une seule plante étant conservée par poquet, la densité de plantation est d'environ 31 300 pieds à l'hectare.

### Traitement 1963

INDICATIF	IRRIGATIONS	FUMURE AVANT SEMIS
SO	sans	sans
SF	sans	avec
I <sub>1</sub> O	une avant floraison	sans
I <sub>1</sub> F	une avant floraison	avec
I <sub>2</sub> O	une avant floraison une après floraison	sans
I <sub>2</sub> F	une avant floraison une après floraison	avec

#### a. Répartition des parcelles

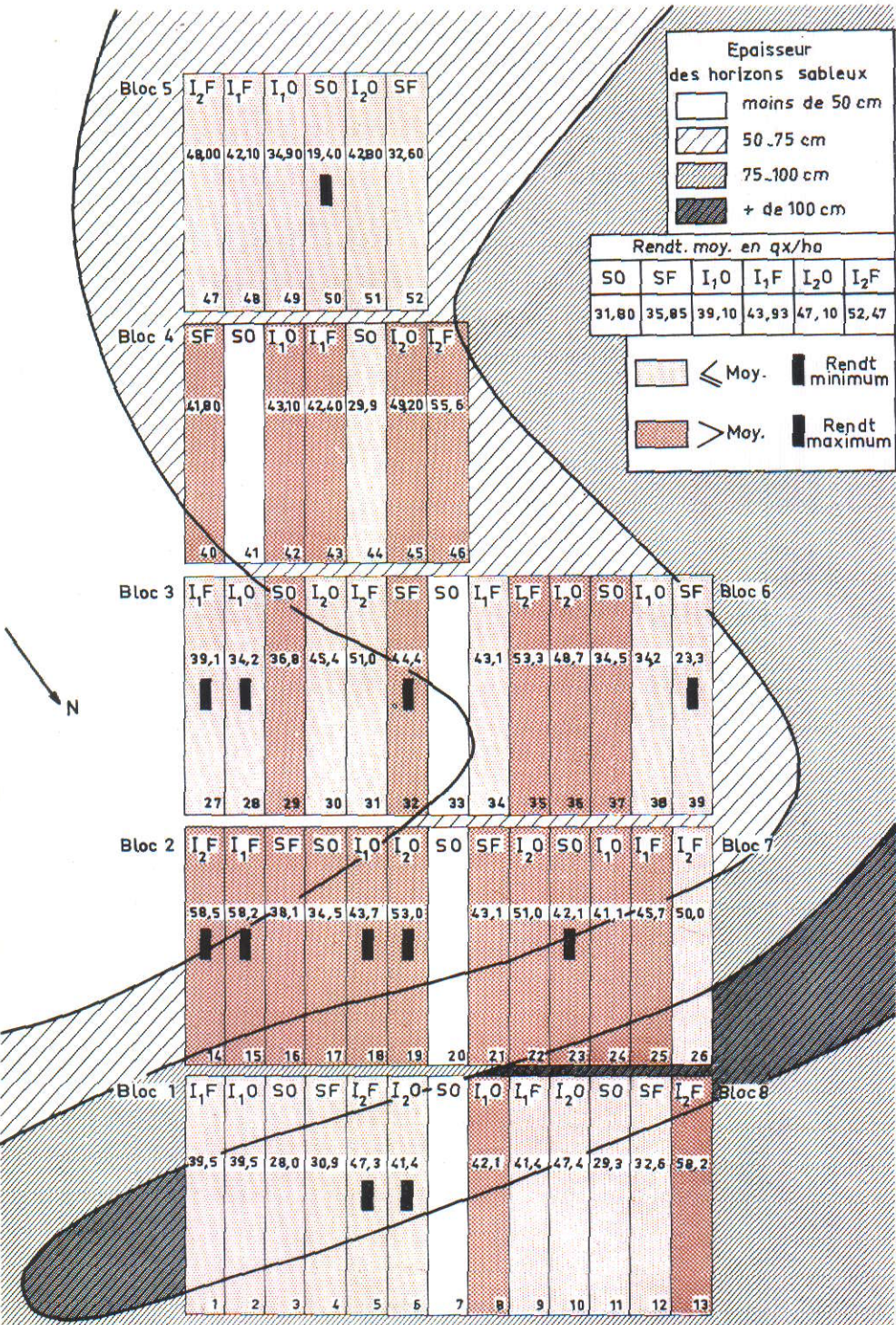
L'essai comprenait 8 blocs — il était orienté sensiblement SW - NE : à l'W de l'essai se trouvait une bordure d'*Atriplex* ainsi qu'au NE ; à l'E se trouvait un chemin de 4 m de large et une autre expérimentation de maïs. Les courbes délimitant les épaisseurs des horizons sableux ont été tracées sur le plan de l'essai (d'après la carte de G. BRYSSINE) et l'on peut constater que la gouttière de sable correspond au creux de la cuvette que constitue une partie du champ d'expérimentation (plan 2). Sur chaque parcelle sont consignés les résultats des rendements.

#### b. Récolte

Les parcelles qui ont donné un rendement supérieur à la moyenne se groupent d'une manière assez homogène - bloc 2 - bloc 7 - bloc 6 - bloc 4. Les plus hauts rendements en valeur absolue se trouvent dans les zones où l'épaisseur de sable est comprise entre 50 et 75 cm.

Les parcelles qui ont donné un rendement inférieur à la moyenne se groupent elles aussi d'une façon caractéristique - bloc 1 - bloc 8 - bloc 5 - bloc 3. Les rendements les plus bas en valeur absolue sont répartis assez régulièrement et les parcelles qui les portent se trouvent toutes en bordure. On peut attribuer vraisemblablement ce phénomène à un effet d'oasis.

# PLAN I



### c. Implantation des tubes d'accès

Tous ont été mis dans des parcelles ne recevant aucune fumure minérale (voir plan 2) :

— trois tubes se trouvaient dans le bloc 1, à de faibles distances les uns des autres : 4,70 m et 9 m ;

— un tube dans le bloc 2, à une distance plus grande : 22 m.

Les quatre tubes se placent selon les différentes courbes de niveaux d'une cuvette dont le point le plus bas se situe vers les parcelles 11 -12 - 13. Par rapport au point 0 (parcelle 11) :

— le tube I<sub>2</sub>O (6) se trouve à + 4 cm ;

— le tube I<sub>2</sub>O (19) se trouve à + 12 cm ;

— le tube I<sub>1</sub>O (2) se trouve à + 24 cm ;

— le tube SO (3) se trouve à + 16 cm.

La pente entre les tubes SO (3) — I<sub>2</sub>O (6) est de 1,3 % ; entre le tube SO et le bord extérieur de la parcelle 1 elle est de 3,3 %, entre les tubes I<sub>2</sub>O (6) et I<sub>2</sub>O (19), de 0,4 %.

## 2. Pluie - irrigations

### a. Pluviométrie et dates phénologiques

ANNÉE 1963	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN
1 <sup>re</sup> décade	—	89,3	6,7	16,7	35,6	0
2 <sup>e</sup> décade	—	66,2	0	5,1	0	0
3 <sup>e</sup> décade	—	13,6	0	0	7,7	0
TOTAL	175,8	169,1	6,7	21,8	43,3	0

#### *Dates phénologiques*

semis	levée	floraison	récolte
13.3.63	19.3.63	20.5.63	15.7.63

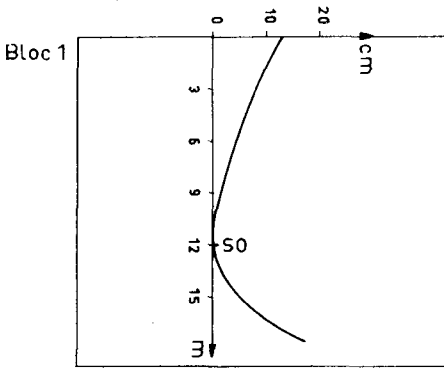
### b. Irrigation

Les irrigations appliquées à la culture selon les traitements ont été effectuées :

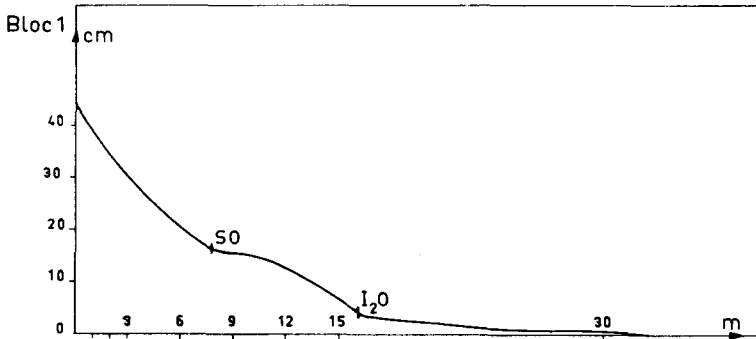
(I<sub>1</sub>O - I<sub>1</sub>F) : une avant floraison, le 16 mai 1963.  
(I<sub>2</sub>O - I<sub>2</sub>F) :

(I<sub>2</sub>O - I<sub>2</sub>F) : une après floraison, le 7 juin 1963.

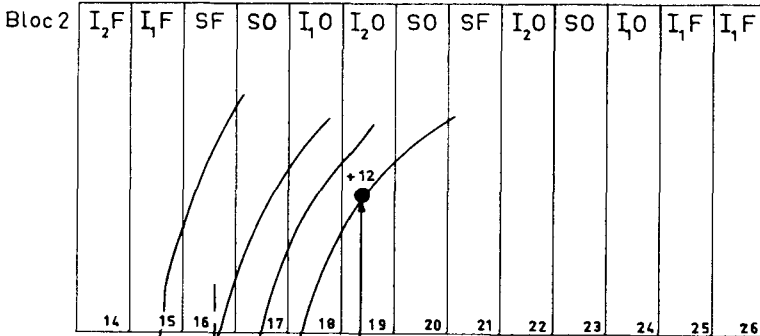




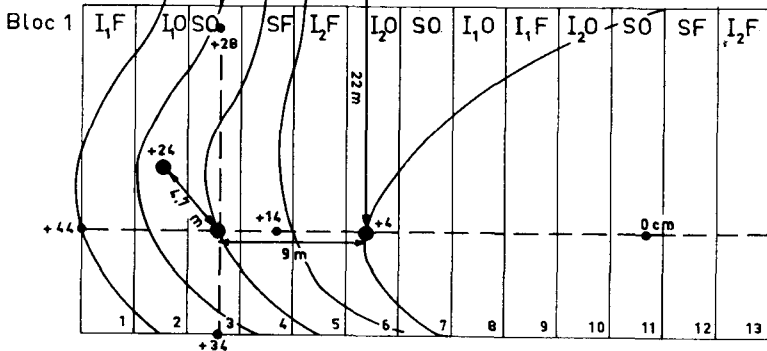
PLAN 2



Bloc 8



Bloc 7



Bloc 8

En principe les doses d'eau à épandre étaient de 700 m<sup>3</sup>/ha par irrigation.

*Remarques sur la façon d'irriguer :*

L'eau de pompage d'un puits était amenée avec un fort débit au moyen d'une canalisation mobile dans le billon. Pour empêcher que l'eau ne s'accumule en bout de billon par suite du mauvais planage de la parcelle, les ouvriers construisaient de petits barrages en terre en travers du billon à des distances régulières. Ainsi le 10.6.63 nous avons pu faire l'observation suivante pour le tube I<sub>2</sub>O (19) : le sable en surface était encore humide à côté du tube mais celui-ci se trouvait en amont d'un barrage. Pour le tube I<sub>2</sub>O (6), le sable en surface était sec auprès du tube, celui-ci se trouvant en aval d'un barrage. Si ce planage avait été effectué, les doses d'irrigation prévues auraient pu être épandues.

En effet, en supposant les billons parfaitement horizontaux avec les dimensions 0,80 m × 0,20 m × 19 m, on a 1 m<sup>3</sup> d'eau par billon rempli aux trois quarts, donc 680 m<sup>3</sup>/ha. Mais en réalité il existe une pente de 0,4 % en moyenne avec de nombreux ressauts (voir plan 2). Il s'ensuit une mauvaise répartition de l'eau dans la parcelle avec des secteurs bien humectés et d'autres faiblement. C'est le cas des blocs 1 et 8 et la raison des faibles mesures observées à la parcelle I<sub>2</sub>O (6).

En conclusion, il faut retenir que la topographie a une grande influence sur la répartition de l'eau dans ces sols sableux et qu'il est donc nécessaire d'effectuer un bon planage pour que les doses que l'on désire voir appliquées soient réellement effectives (remarque déjà bien connue).

### 3. Le profil cultural

Après la récolte du maïs trois tranchées ont été creusées à proximité des tubes I<sub>2</sub>O (19), I<sub>1</sub>O (2), SO (3).

#### a. Profil du tube SO (3)

- 0-20 cm : horizon sableux, brun à brun-rouge-gris, assez compact avec lentilles de fumier. Les pieds de maïs ont des racines d'un diamètre important ( $\phi = 2$  mm) descendant à la verticale avec très peu de radicelles.
- 20-40 cm : horizon plus sableux, rouge, moins compact. Le système racinaire a de nombreux poils absorbants.
- 40-60 cm : horizon rouge blanchâtre — plus sableux et friable — nombreuses ramifications radiculaires.
- 60 cm et plus : calcaire « encroûté » ; concrétions de calcaire dans la masse poreuse entourées d'une pellicule d'argile rouge ; sable très clair entre ces amas de calcaire. Peu de racines.

**b. Profil du tube I<sub>1</sub>O (2)**

- 0-40 cm : horizon sableux compact de couleur brun-rouge — lentilles de fumier desséché ; grosses racines ( $\phi = 2$  mm) avec de nombreuses radicelles, et poils absorbants.
- 40-60 cm : horizon plus clair — plus friable — de grosses racines descendant verticalement — peu de radicelles.
- 60-80 cm : horizon jaune-rouge les racines commencent à émettre des ramifications — poils absorbants.
- 80-100 cm : concrétions calcaires avec pellicule d'argile — nombreuses racines au contact sable-argile.
- 100-110 cm : sable très clair entre les amas de calcaire « encroûté ».

**c. Profil du tube I<sub>2</sub>O (19)**

- 0-20 cm : horizon sableux, brun à brun-rouge avec lentilles de fumier desséché ; fort développement du chevelu radicaire dans le billon.
- 20-40 cm : peu de différence à l'intérieur de ces 2 niveaux du point de vue du développement du chevelu radicaire. La couleur du sol devient de plus en plus rouge au fur et à mesure que l'on descend.
- 40-60 cm :
- 60-100 cm : horizon sablo-argileux marqué, le nombre des racines paraît plus important que dans les autres profils à ce même niveau.
- 100-110 cm : horizon rouge foncé nettement argileux.

**III. Etude des profils hydriques**

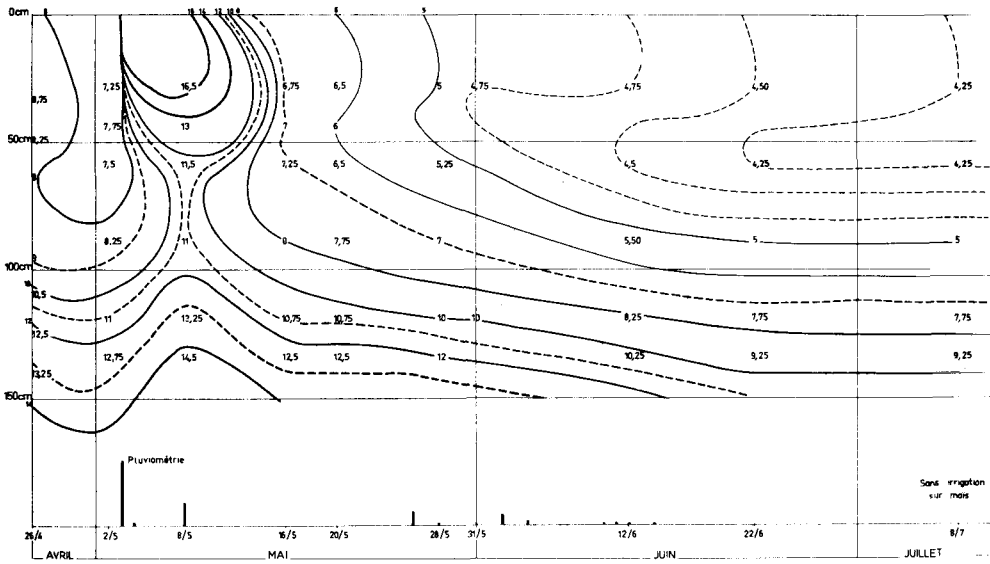
Au moment du semis, le sol était à sa capacité de rétention et avait profité en 40 jours (du 1<sup>er</sup> février au 10 mars) d'une pluviométrie de 175 mm. Du 10 mars au 30 avril il n'est tombé que 21,8 mm de pluie, d'où un certain dessèchement du sol dû davantage au phénomène d'évaporation qu'à la transpiration du végétal (relativement peu développé durant cette période). Du 1<sup>er</sup> au 10 mai le sol a reçu 35,6 mm de pluie (soit 356 m<sup>3</sup> d'eau) quantité correspondant à une bonne irrigation. Enfin du 10 mai à la récolte, il n'est tombé que 7,7 mm par petites pluies de 1 à 2 mm, quantité d'eau insuffisante pour humidifier profondément le sol. Soit au total pendant la végétation du maïs près de 651 m<sup>3</sup> d'eau de pluie.

L'eau ainsi apportée par la pluie, puis par l'irrigation, va modifier le taux d'humidité du sol sur une certaine profondeur et ce sont ces variations d'humidité que nous allons mesurer et étudier au moyen de la sonde. Pour étudier les profils hydriques, nous avons porté les résultats des mesures d'humidité sur les graphiques 1 - 3 - 5 - 7 et tracé alors les lignes d'égale humidité.

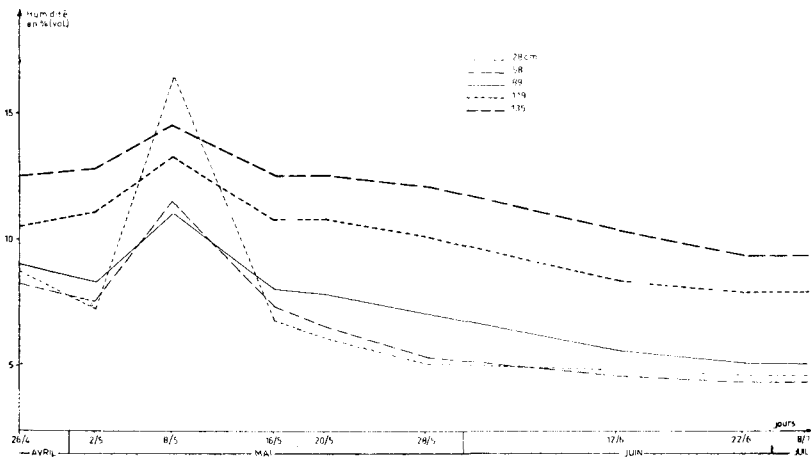
1. Profil SO (graphiques 1 - 2)

Les mesures ont commencé le 26 avril 1963 et se sont terminées le 8 juillet. Le rendement obtenu sur cette parcelle a été de 28 q/ha pour une moyenne des traitements SO de 31,80 q/ha.

GRAPHIQUE 1



GRAPHIQUE 2



### a. Action de la pluie

Du 26.4 au 2.5, le sol se dessèche d'une manière régulière surtout dans les cinquante premiers centimètres. En profondeur le taux d'humidité reste constant. Puis une brutale variation du taux d'humidité dans le sol est observée à la date du 8 mai 1963. Ce changement correspond à une chute de pluie de 35,6 mm du 3 au 8 mai. Or le calcul montre que nous avons un gain d'humidité sur la totalité du profil (1,34 m) correspondant à une pluie de 70 mm.

Nous pouvons expliquer cette anomalie de la façon suivante : le tube d'accès SO se trouvait d'une part au milieu de la gouttière de sable orientée ESE - WNW, d'autre part sur le versant de la cuvette (pente de 3 % dans le sens SE - NW). Il y a donc eu drainage vers ce point, ce qui explique cette mesure. Mais très rapidement le profil hydrique va retrouver son équilibre et le taux d'humidité va alors s'abaisser d'une façon régulière et continue.

### b. Dessèchement du sol

Pour l'épaisseur 0-70 cm il est facile de constater une rapide dessiccation durant le mois de mai. En effet en 8 jours, du 8.5 au 16.5, le taux d'humidité passe :

- pour 28 cm : de 16,5 % à 6,75 % (différence 9,75 %)
- pour 45 cm : de 13,0 % à 7,00 % (différence 6,00 %)
- pour 60 cm : de 11,5 % à 7,25 % (différence 4,25 %)

Cette rapide dessiccation peut s'expliquer par le drainage mais aussi par l'action des racines du maïs. En effet l'activité racinaire maximale paraissait se situer, d'après les sondages effectués, aux environs de 50 cm de profondeur. On retrouve d'ailleurs cette zone d'activité dans tous les autres graphiques — dessèchement plus accentué.

A partir du 28.5 jusqu'au 12.6, on voit les horizons plus profonds (de 0,70 à 1,38 m) accélérer leur dessèchement. Cette différence d'allure entre les différents horizons semble due à l'activité des racines qui ont porté leur activité plus bas, à la recherche de l'eau utile. Après le 12.6, il y a un ralentissement qui correspond à la fin de la période végétative du maïs pour cette parcelle. A cette date, les feuilles des plantes commencent à flétrir et à se dessécher.

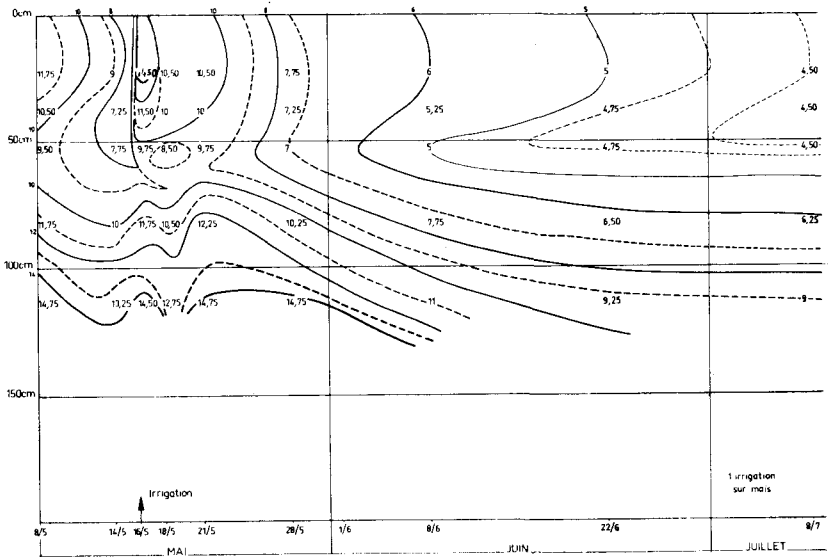
En conclusion on peut affirmer que dans les sables rouges lessivés du Guich, l'activité des racines peut dépasser 1 m de profondeur, bien que le maximum se place à environ 50 cm.

A partir du 28 mai 1963, les 70 premiers centimètres atteignent le pourcentage de 5 % et ne varient guère plus ; 41 jours après on atteint la valeur de 4,25 %. On peut penser que cette valeur est le point de flétrissement de cet horizon.

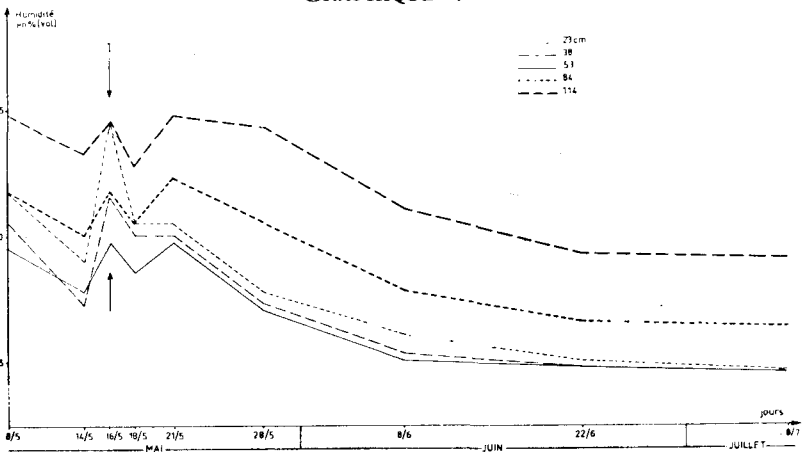
2. Profil I<sub>1</sub>O (graphiques 3 - 4)

Les mesures ont commencé le 8 mai et se sont terminées le 8

GRAPHIQUE 3



GRAPHIQUE 4



juillet. Le rendement de cette parcelle a été de 39,5 q/ha pour une moyenne des traitements I<sub>1</sub>O de 39,10 q/ha.

#### a. Pluie - irrigation

Une mesure faite le 8.5 nous donne un taux élevé d'humidité (11,75 % à 23 cm de profondeur). Une autre, faite le 14.5, accuse une importante baisse (9 % à 23 cm). Un calcul précis nous amène à un déficit relatif de 234 m<sup>3</sup>/ha sur un mètre de profondeur : phénomène qui traduit bien l'action positive de la pluie de la première décade de mai sur le sol. Puis comme pour le profil SO, l'horizon 0-60 cm commence à se dessécher assez rapidement, mais l'irrigation du 16.5 vient augmenter sensiblement le volume d'eau du sol. En effet on peut estimer, à l'endroit de la mesure, la dose d'eau réellement employée à 350 m<sup>3</sup>/ha : on est loin de la quantité théorique de 700 m<sup>3</sup>/ha. Cette irrigation a néanmoins été suffisante et a eu une action marquée sur le développement du maïs de cette parcelle.

#### b. Dessèchement du sol

Le 18.5, on constate un brutal dessèchement en profondeur (à partir de 50 cm) puis le 21.5 le taux d'humidité remonte au taux antérieur. Ce phénomène est difficilement explicable, l'appareil ayant fonctionné normalement ce jour-là (voir graphiques 5 - 6 à la même date). Ceci pourrait être dû à un drainage momentané le long du tube, encore que cette explication ne soit pas très satisfaisante. Cependant si cette hypothèse était juste, elle mettrait l'accent sur la nécessité d'implanter les tubes assez longtemps à l'avance pour éviter ce phénomène et permettre au sol de se remettre en place.

D'autre part, on peut remarquer que le dessèchement après irrigation se fait d'une façon régulière sur toute l'épaisseur du sol étudiée : la remontée capillaire a été sans doute continue grâce à l'apport d'eau qui a empêché la rupture du film ; l'irrigation a empêché un dessèchement brutal de l'horizon supérieur sans pour cela changer la zone d'intense activité qui se situe à 50 cm de profondeur comme pour SO — dessèchement plus accentué (graphique 3). On peut observer qu'à partir du 22.6 le dessèchement du sol s'arrête complètement, ce qui traduit l'arrêt de la végétation du maïs. Cet arrêt se fait 10 jours après celui de la parcelle SO (influence de l'irrigation).

### 3. Profil I<sub>2</sub>O (graphiques 5-6 et 7-8)

Pour le même traitement deux tubes ont été plantés et, par un heureux hasard, dans les parcelles qui ont donné les rendements les plus hauts et les plus bas en valeur absolue du traitement I<sub>2</sub>O dont la moyenne a été de 47,10 q/ha :

- parcelle 6 : 41,4 q/ha
- parcelle 19 : 53,0 q/ha.

#### a. Pluie - irrigation

On peut remarquer que la pluie du 8 mai a très peu influé sur le taux d'humidité de la parcelle 6 (sur 30 cm seulement), qui est passé de 8,25 à 10 %, alors que dans la parcelle 19 son action est très nette et se fait sentir jusqu'à 1,53 m de profondeur. De même, les doses d'irrigation estimées à l'endroit des mesures sont nettement plus importantes dans la parcelle 19 que dans la parcelle 6.

- parcelle 19
  - première irrigation : 110 m<sup>3</sup>/ha au lieu de 700 m<sup>3</sup>/ha
  - deuxième — : 70 — — —
- parcelle 6\*
  - première irrigation : 30 m<sup>3</sup>/ha au lieu de 700 m<sup>3</sup>/ha
  - deuxième — : 30 — — —

#### b. Dessèchement du sol

Les graphiques 5 et 7 confirment encore une fois que la zone d'activité maximale des racines est toujours à 50 cm de profondeur en moyenne.

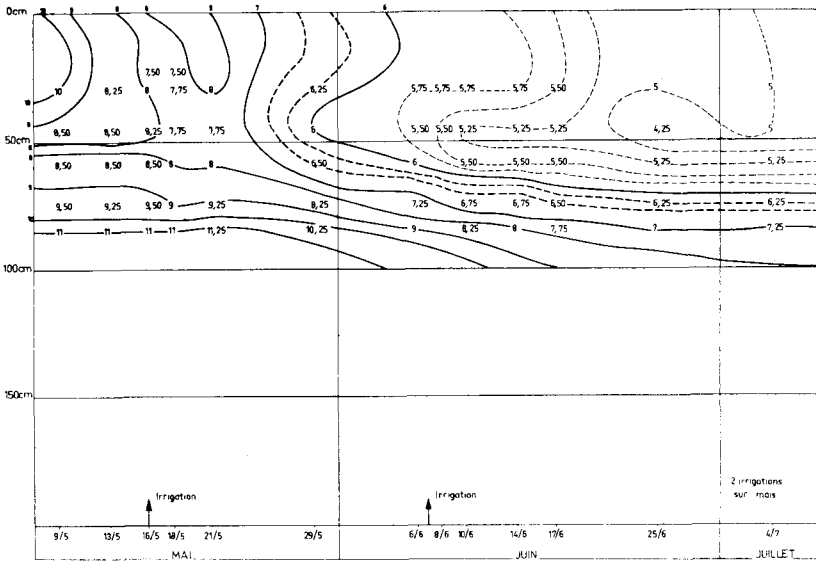
Le graphique 8 nous montre que le dessèchement du sol entre les deux irrigations se fait surtout dans les 60 premiers centimètres de profondeur : au 6 juin le taux d'humidité est de 7 % à 31 cm, 6,75 % à 46 cm et 9 % à 61 cm. A cette date les horizons profonds entrent en jeu pour l'alimentation hydrique du maïs. L'irrigation du 8.6 ralentit le phénomène sans l'arrêter, puis il y a dessèchement régulier des couches du sol (remontée capillaire uniforme de l'eau). La même remarque peut être faite pour le tube I<sub>2</sub>O (6) : après la deuxième irrigation, le dessèchement des couches profondes est arrêté du 10.6 au 14.6.

---

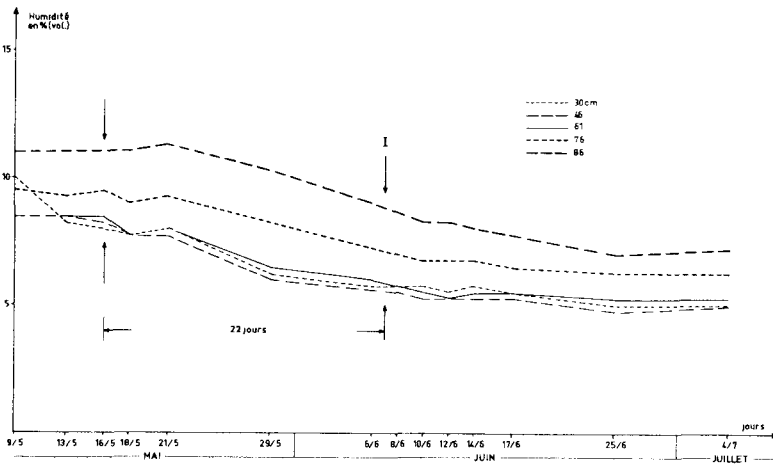
\* En admettant que les 15 premiers centimètres de cette dernière parcelle (N° 6) aient été humectés et le taux d'humidité augmenté de 2 %.



GRAPHIQUE 5



GRAPHIQUE 6



On peut aussi estimer dans ces parcelles, comme pour SO et I<sub>1</sub>O, les dates auxquelles l'activité physiologique des plantes s'est arrêtée, confirmant ainsi l'observation que nous avons pu faire sur le terrain à ce sujet (différences dans la durée de végétation). Pour la parcelle 19, cet arrêt s'est produit le 4 juillet, pour la parcelle 6, le 25 juin.

Ces deux dates permettent d'expliquer en partie les différences de rendements obtenues.

### c. Profil pédologique

Le graphique 7 montre que l'on peut avoir une idée du profil pédologique uniquement par les variations du taux d'humidité. Il est clair en effet que l'on peut distinguer 4 horizons qui doivent correspondre à une variation du pourcentage d'argile :

- 0-80 cm : zone sableuse ;
- 80-100 cm : zone beaucoup plus argileuse ;
- 100-135 cm : zone moins argileuse et plus sableuse ;
- 135 et plus : zone argileuse.

## IV. Disponibilité en eau et rendement

### 1. Disponibilité en eau

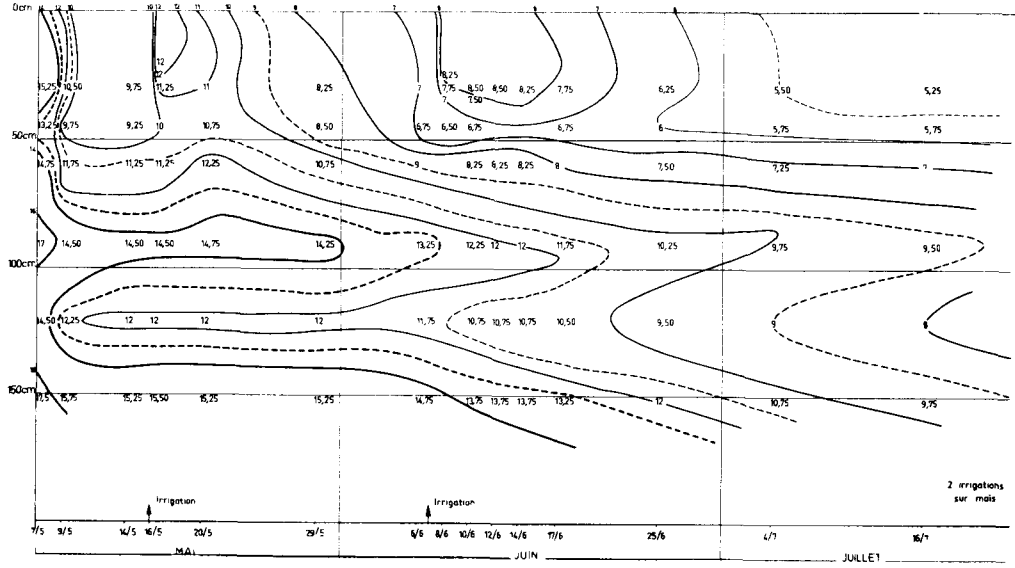
L'étude des graphiques 1 et 3 (sans irrigation et une irrigation) et des graphiques 3 et 5, 3 et 7 (une irrigation et deux irrigations) fait apparaître que le même taux d'humidité dans le sol se maintient pour la même profondeur d'autant plus longtemps que le nombre d'irrigations est plus grand : la superposition des graphiques montre un croisement des lignes d'égale humidité. Après calcul à partir des mesures d'humidité portées sur les graphiques 1 - 3 - 5 - 7, le tableau suivant peut être établi :

TABLEAU 2

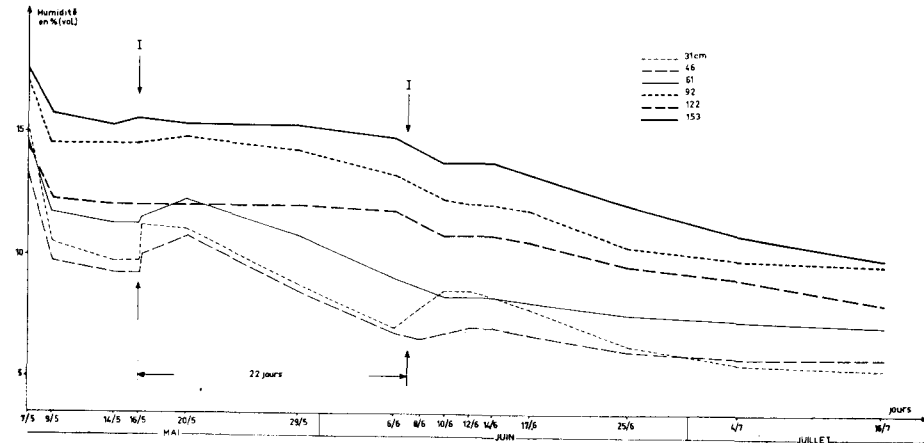
*Quantité d'eau du sol en m<sup>3</sup>/ha pour 1 m de profondeur*

DATES	SO <sub>(3)</sub>	I <sub>1</sub> O <sub>(2)</sub>	I <sub>2</sub> O <sub>(6)</sub>	I <sub>2</sub> O <sub>(19)</sub>
20.5.63	692	1 083	890	1 230
12.6.63	492	627	627	925
8.7.63	437	506	573	690
Rdt t/ha	2,80	3,95	4,14	5,30

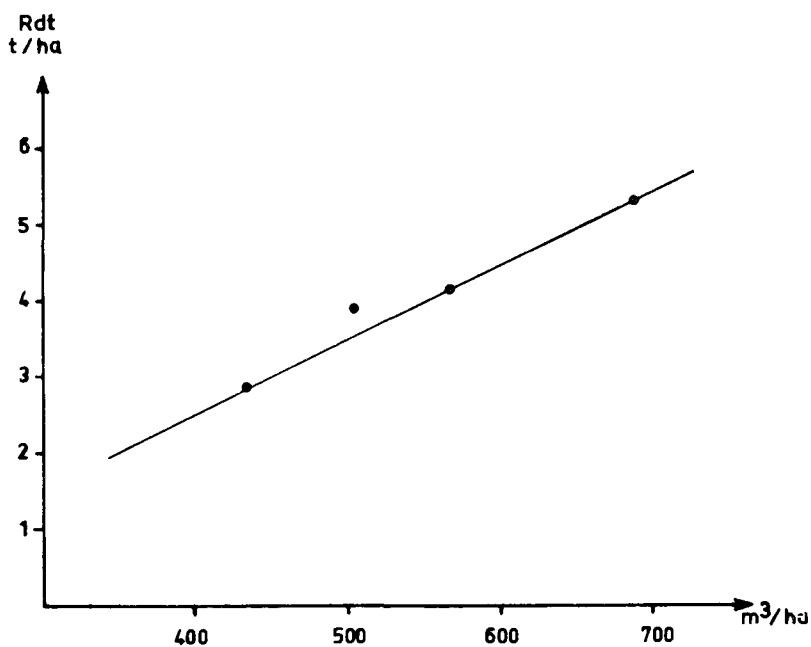
GRAPHIQUE 7



GRAPHIQUE 8



Il est facile de constater qu'à la date du 8.7 (7 jours avant la récolte) il est possible d'obtenir une relation très nette entre l'eau dans le sol à la fin du cycle végétatif et les rendements obtenus sur chacune de ces parcelles.



Les rendements sont d'autant plus grands que l'humidité dans le sol est plus importante en fin de végétation (plus grande disponibilité en eau).

## 2. L'évapotranspiration réelle

On sait que la vie végétale exige une certaine quantité d'eau et que la production de matière sèche sera d'autant plus importante que la quantité d'eau transitant à travers la plante est plus grande et son temps de passage plus long.

« L'évapotranspiration réelle ETR représente l'eau réellement perdue sous forme de vapeur par une culture donnée » (évaporation du sol, transpiration cuticulaire et stomatique de la plante). « L'évapotranspiration potentielle ETP représente l'eau susceptible d'être utilisée dans les mêmes conditions quand celle-ci est en abondance dans le sol » [1].

La connaissance de l'ETP et de l'ETR permettra de définir les

besoins en eau de la plante et de les satisfaire. Malheureusement l'ETP n'est pas connue pour la région de Rabat.

a. ETR du profil SO

Le volume d'eau évaporée et transpirée pendant la période d'activité maximum de la plante c'est-à-dire du 20 mai au 12 juin 1963 (floraison) a été de :  $692 - 492 = 200 \text{ m}^3$  par ha en 23 jours. L'ETR a donc été inférieure à 1 mm/jour ce qui paraît faible.

Vraisemblablement la plante n'a pu donner son maximum du fait que l'ETP, certainement supérieure à cette valeur, a obligé la régulation stomatique à intervenir de façon importante.

En effet à Oulad Gnaou, bien que les conditions climatiques soient différentes de Rabat, l'ETP quotidienne pour le mois de mai est de 5,4 mm et, pour juin, de 6,0 mm.

b. ETR du profil I<sub>1</sub>O

On peut essayer d'évaluer l'ETR pour la même période, du 20.5 au 12.6 (l'irrigation ayant eu lieu le 16 mai). En 23 jours la consommation est de  $1\ 083 - 627 = 456 \text{ m}^3$ , soit 1,98 mm par jour. Cette augmentation de l'ETR (+ 0,98 mm/jour) par rapport à la parcelle SO se traduit par un accroissement de rendement notable : 11,50 q/ha.

c. ETR des profils I<sub>2</sub>O

Entre le 20.5 et le 6.6 (c'est-à-dire après la première et avant la deuxième irrigation qui aura lieu le 7 juin),

Parcelle 19 :

le 20.5 sur 1 m de profondeur, nous avons	1 230 m <sup>3</sup>
le 6.6 sur 1 m de profondeur, nous avons	897 m <sup>3</sup>
différence .....	333 m <sup>3</sup> en 17 jours
soit .....	1.9 mm/jour

Parcelle 6 :

le 20.5 sur 1 m de profondeur, nous avons	890 m <sup>3</sup>
le 6.6 sur 1 m de profondeur, nous avons	691 m <sup>3</sup>
différence .....	189 m <sup>3</sup> en 17 jours
soit .....	1,17 mm/jour

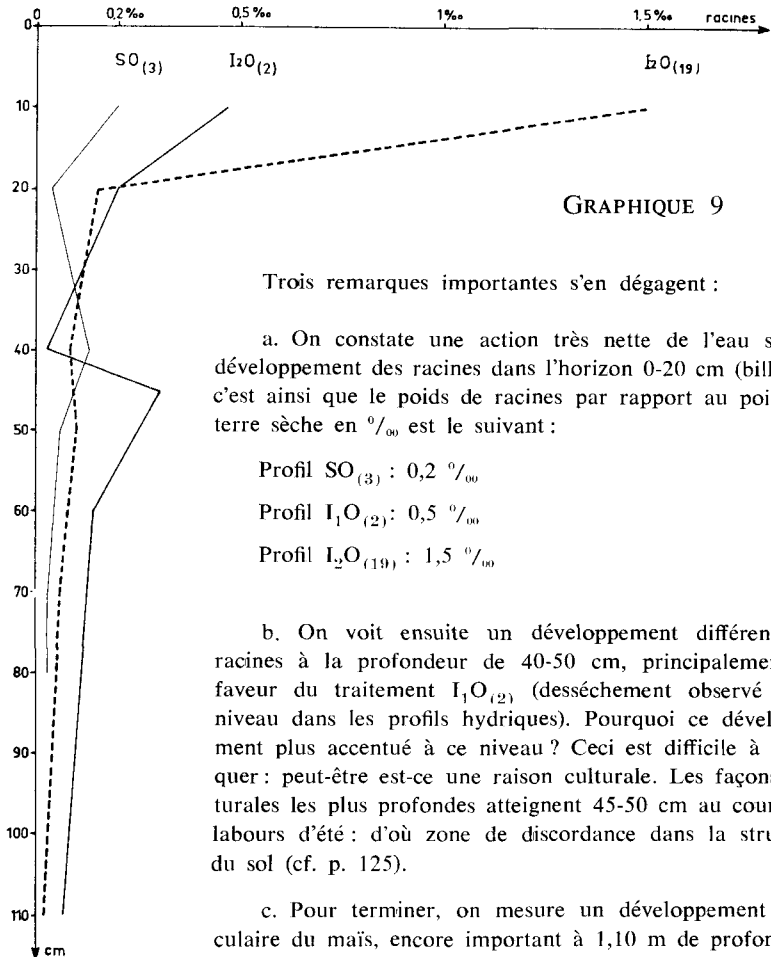
Les 2 valeurs se situent bien dans le même ordre que les rendements obtenus. De plus l'irrigation du 7 juin interviendra pour maintenir l'ETR

de ces deux parcelles à ce niveau pendant un temps plus long ce qui se traduira par un gain de rendement par rapport au traitement I<sub>1</sub>O (les disponibilités en eau du sol le 8 juillet restent encore importantes).

Il est maintenant intéressant de savoir si ces différences d'humidité dans le sol se traduisent par un développement racinaire différent.

### 3. Développement racinaire

Pour établir le graphique 9, nous avons pris à différentes profondeurs un échantillon de sol à l'aplomb d'un pied de maïs, nous avons séparé les racines de la terre par tamisage, puis séchage à l'air et pesée.



En conclusion il semble que l'eau n'a d'influence nette sur le développement radulaire de la plante que dans les vingt premiers centimètres du sol.

## V. Capacité au champ et point de flétrissement

### 1. Capacité au champ

D'après A. FEODOROFF [5] « le ressuyage d'un sol est un phénomène illimité, qui va se ralentissant avec le temps. Dans ces conditions la grandeur qu'il est convenu d'appeler la capacité de rétention ne peut pas correspondre à un arrêt complet du ressuyage, donc à un équilibre statique...

« Le ressuyage initial est rapide, puis lorsque l'humidité atteint une certaine valeur, il change d'allure ». C'est cette valeur de l'humidité que A. FEODOROFF a comparée aux valeurs respectives de la capacité au champ pour une certaine gamme de sols et pour laquelle il a constaté un accord.

Dans l'expérimentation de cet auteur, seules intervenaient des forces physiques sans l'action physiologique d'une plante. Nous allons montrer que nous retrouvons ces mêmes phénomènes dans le dessèchement d'un sol sous l'action d'un couvert végétal important. Les graphiques 2 et 4 illustrent assez bien l'idée du ressuyage continu bien que l'on constate des paliers surtout marqués en profondeur. A partir de 80 cm, un certain équilibre, d'une durée relativement courte (4 jours), s'établirait. Nous sommes là dans une zone de transition pédologique d'où zone de discordance dans les régimes de dessèchement.

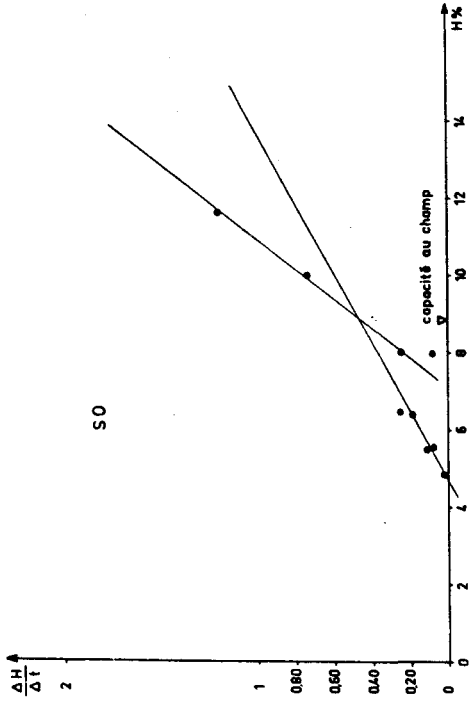
Dans les horizons supérieurs, il est facile de distinguer les deux temps du dessèchement : dessèchement rapide et dessèchement ralenti.

Ce changement dans la vitesse de dessèchement nous donne la capacité de rétention du sol. En traçant le graphique qui aura :

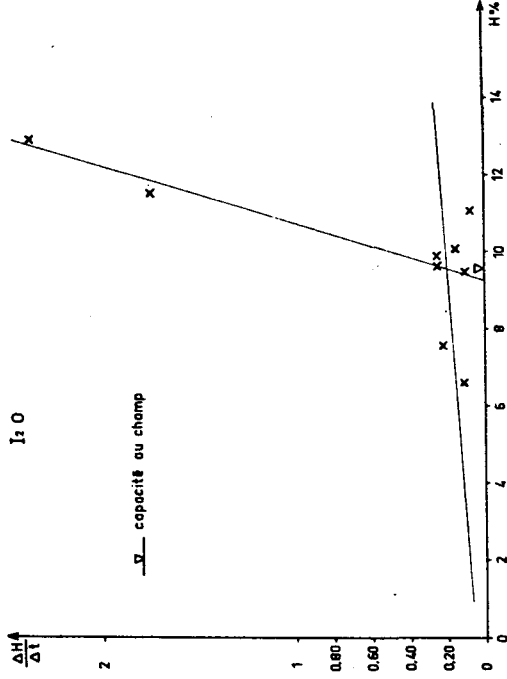
- en ordonnées  $\Delta h/\Delta t$  en p. 100 jour<sup>-1</sup> (vitesse de dessèchement) ;
- en abscisse l'humidité moyenne pendant l'intervalle de temps considéré,

et en établissant — pour les 3 traitements SO, I<sub>1</sub>O et I<sub>2</sub>O — 6 tableaux qui nous donneront les valeurs  $\Delta h/\Delta t$  à 4 profondeurs différentes (pages 146 et 147), nous avons pu tracer les graphiques 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16, et dresser ainsi le tableau des valeurs de la capacité au champ des différents horizons.

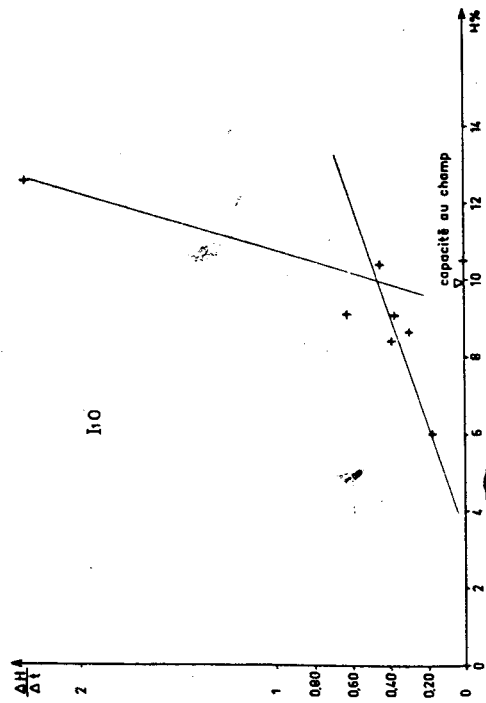
GRAPHIQUE 10



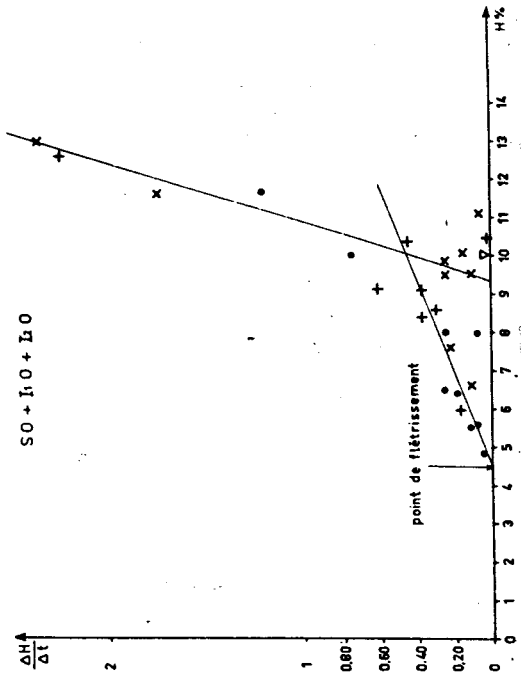
GRAPHIQUE 12



GRAPHIQUE 11

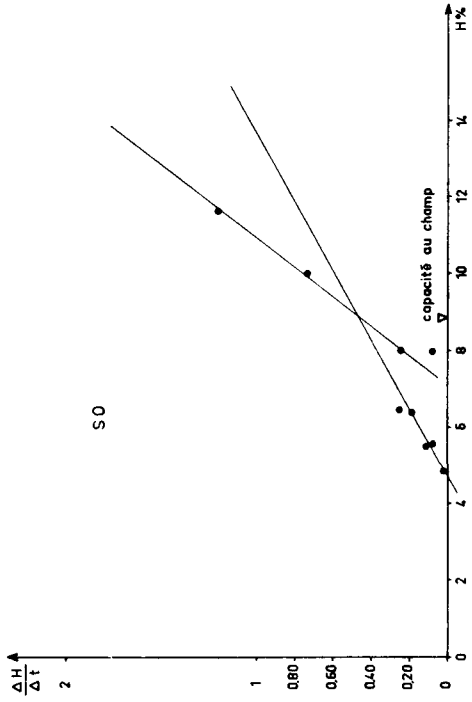


GRAPHIQUE 13

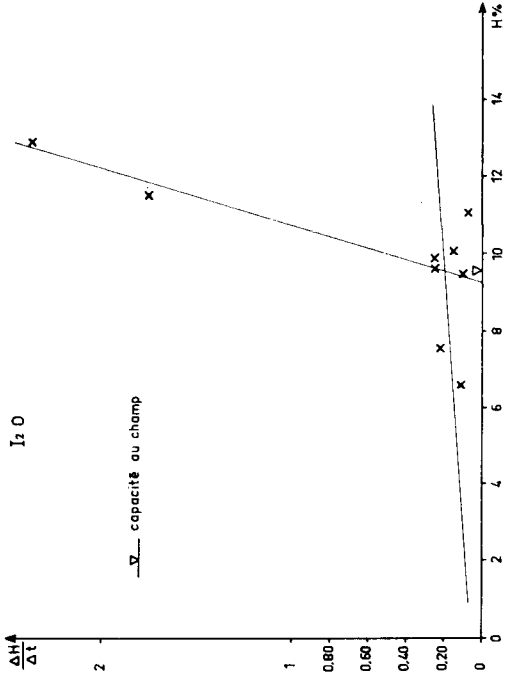




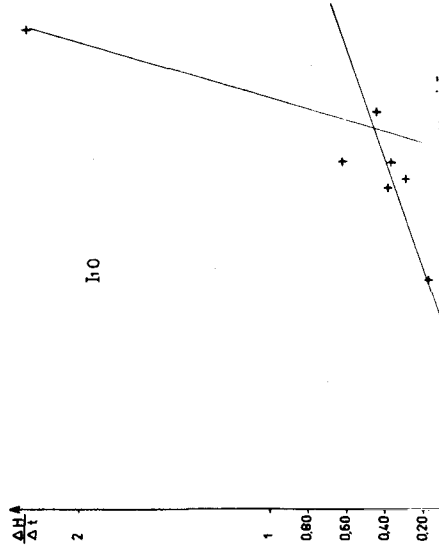
GRAPHIQUE 10



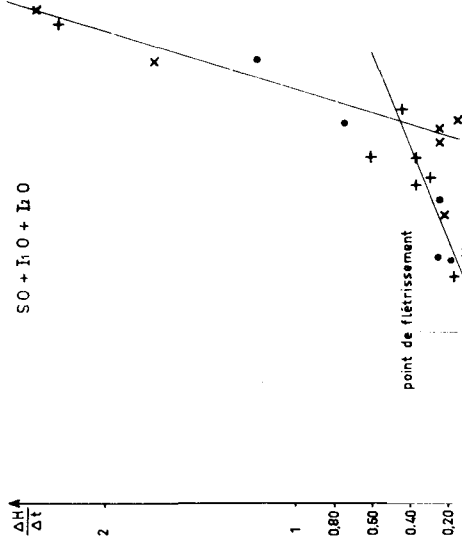
GRAPHIQUE 12



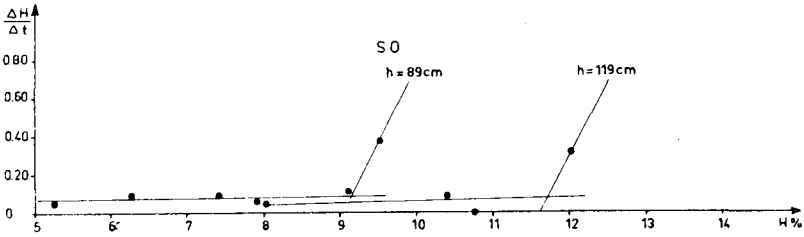
GRAPHIQUE 11



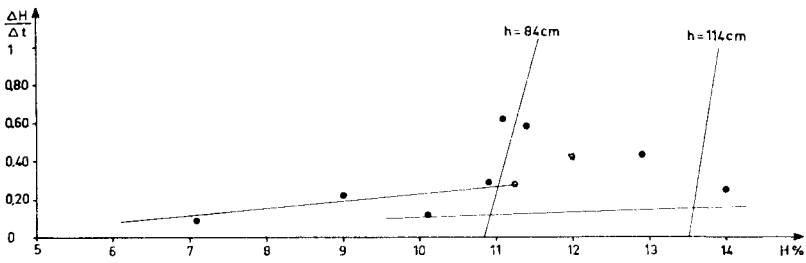
GRAPHIQUE 13



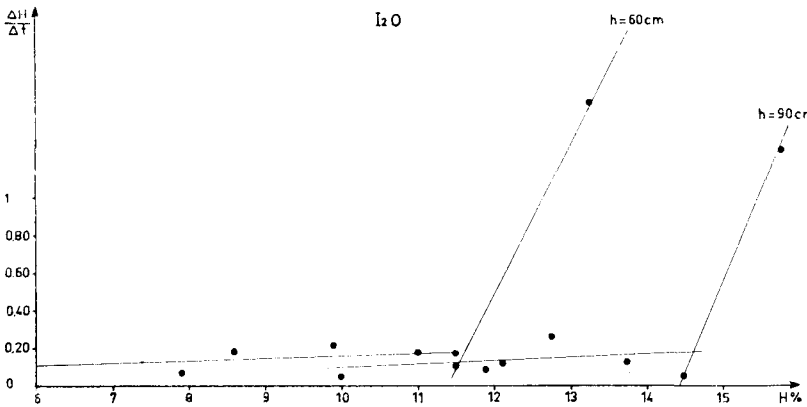
GRAPHIQUE 14



GRAPHIQUE 15



GRAPHIQUE 16



*Capacité au champ des différents horizons*

SO		I <sub>1</sub> O		I <sub>2</sub> O		D'après G. BRYSSINE		
h cm	C.C.* en vol.	h cm	C.C. en vol.	h cm	C.C. en vol.	h cm	H.E. en poids	H.E. en vol.
0-50	9,0 %	0-50	10 %	0-50	9,50%	0-20	6,5 %	9,5 %
89	9,25%	84	11 %	60	11,5 %	20-50	7 %	10,2 %
119	11,75%	114	13,5%	90	14,6 %	50-70	13,45%	18,2 %
						70-100	15,50%	19,1 %

\* C.C. = capacité au champ.

Nous obtenons par cette méthode graphique des valeurs qui sont du même ordre de grandeur que celles données par G. BRYSSINE [2] pour l'horizon sableux.

Si l'on prend comme densité apparente, pour l'horizon 0-50 cm, 1,46 et comme capacité de rétention 7 % en poids, nous obtenons 10 % en volume ; c'est le chiffre que l'on obtient quand on groupe tous les points sur le même graphique (voir graphique 13).

## 2. Point de flétrissement

Les graphiques 2 et 4 montrent qu'aux faibles taux d'humidité la courbe de dessèchement tend vers une valeur asymptotique qui est, dans le graphique 13, l'abscisse de l'intersection de la droite avec l'axe des H (pour  $\Delta h/\Delta t = 0$ ). Cette intersection aux faibles valeurs de l'humidité pourrait correspondre au point de flétrissement [5]. Ainsi pour l'horizon 0-50 cm (sable) il serait de 4,5 % en volume, c'est-à-dire 3,1 % en poids. Nous obtenons un chiffre nettement supérieur à celui indiqué par G. BRYSSINE [2] : 1,6 % (en poids) ; 4,5 % en volume nous semble plus proche de la réalité. Mais ceci reste à démontrer d'une façon plus rigoureuse.

Pour les autres horizons le nombre de points est insuffisant et l'on ne sait pas exactement jusqu'à quelle valeur peut descendre l'humidité dans le sous-sol. Mais cela n'est pas important : il suffit de connaître à quelle humidité peuvent descendre les horizons profonds quand la surface (0-50 cm) atteint le point de flétrissement tout au moins dans ce type de sol.

**Conclusion**

Il apparaît donc que la sonde à neutrons nous a permis d'établir rapidement une série de mesures suffisamment précises pour nous permettre de définir quelques conclusions agronomiques, en vue d'une meilleure conduite des irrigations d'appoint sur maïs. Il semble, après cette courte étude, qu'il faille tenir compte des points suivants :

— les rendements obtenus sont proportionnels aux disponibilités en eau du sol ;

— la quantité d'eau à fournir pour amener ce sol à sa capacité de rétention (quand celui-ci est à son point de flétrissement dans les cinquante premiers centimètres) est relativement faible (graphiques 3 - 4 et 7 - 8) :

**Profil I<sub>1</sub>O<sub>(2)</sub>**

0 à 50 cm :	4,5 %	—	10 %	=	5,50 %	soit	275 m <sup>3</sup>
50 à 90 cm :	6,25 %	—	11 %	=	4,75 %	soit	190 m <sup>3</sup>
90 à 100 cm :	9,0 %	—	13,5 %	=	4,50 %	soit	45 m <sup>3</sup>
							Total . . . . .
							510 m <sup>3</sup>

**Profil I<sub>2</sub>O<sub>(19)</sub>**

0 à 50 cm :	4,5 %	—	10 %	=	5,5 %	soit	275 m <sup>3</sup>
50 à 80 cm :	7,0 %	—	11,5 %	=	4,5 %	soit	135 m <sup>3</sup>
80 à 100 cm :	9,5 %	—	14,6 %	=	5,1 %	soit	102 m <sup>3</sup>
							Total . . . . .
							512 m <sup>3</sup>

— le rythme des irrigations est au maximum de 15 jours. Avec une ETR de 2 mm/jour, les 50 premiers centimètres du sol à 10 % d'humidité sont amenés à leur point de flétrissement 4,5 % en 14 jours (cela sans tenir compte des remontées capillaires) ;

— enfin la valeur de l'ETR mesurée est faible. Elle est au maximum de 2 mm/jour, ce qui est loin sans doute de celle de l'ETP. Bien que cette valeur ne soit pas connue, il est certain qu'elle est supérieure à 2 mm/jour pour la période fin mai, début juin. Dans la région de Clermont-Ferrand l'ETP est déjà de 4,5 mm/jour (M. ROBELIN [8]), à Oulad Gnaou (Tadla) de 5,4 mm/jour, à Tunis de 5,2 mm/jour (J. DAMAGNEZ [4]). Ceci semble indiquer peut-être une trop faible densité de plantation

qui entraîne une mauvaise utilisation de l'eau du sol. Le couvert végétal doit être insuffisant et la plante ne peut répondre à la demande de l'ETP, importante à cette époque. La régulation stomatique est énergique et empêche ainsi une évaporation trop grande par unité de surface foliaire.

Un plus grand peuplement permettrait, d'une part, d'assurer une meilleure protection contre l'évaporation du sol (le supplément de dépense d'eau entre un sol nu et un sol cultivé ne dépasse pas 30 % en région

tempérée  $\frac{E \text{ végétal} - E \text{ sol}}{E \text{ sol}} = 30 \%$  selon A. DEMOLON et BASTISSE),

d'autre part, si le rendement croît avec la densité de population, de réaliser surtout une meilleure utilisation de l'eau d'irrigation.

A ce dernier point de vue, le tableau ci-dessous (d'après M. ROBELIN [8]) est éloquent :

PEUPEMENT (maïs)	CONSUMMATION GLOBALE 3 m <sup>2</sup> en l	MAT. SÈCHE TOTALE kg/3 m <sup>2</sup>	GRAINS SECS à 105°C	EAU ÉVAPORÉE par kg de mat. sèche (en l)
3 plants/m <sup>2</sup>	1 630	2,66	1,32	613
5 plants/m <sup>2</sup>	1 720	3,60	1,92	478
7 plants/m <sup>2</sup>	1 885	5,17	2,50	364

En définitive, dans les terres rouges lessivées, pour une culture de maïs avec irrigation d'appoint, il faudrait peut-être augmenter la densité de peuplement et employer des doses de 500 m<sup>3</sup>/ha à la fréquence maximum de 15 jours.

C'est la conclusion pratique que l'on peut tirer de cette étude.

Manuscrit déposé le 12.10.64

### ملخص

آلة قياس عمق الماء ذات الايونات والتغذية بماء النباتات

في نطاق تجربة السقي المتممة على الذرة المنقولة والمحقة خلال سنة 1963 في المحطة التجريبية بالرباط (تبعاً لتجربة تقدمت في العوامية 7 ابريل 1963) عاود المؤلفون اظهار الامكانيات التي يمكن ان تعطيها الآلة قياس عمق الماء ذات الايونات في دراسة التغذية بماء النباتات.

وبعد ما وضعوا اساس اشتغال الآلة وشروط التجربة حاولوا ان يقدروا المتطلبات من ماء الأرض والترشيح البخاري الحقيقي للنبات، وزيادة على ذلك فقد استغلوا المقاييس المتخذة لتقدير ثبوت النغولة في ارض التجربة (سعة الحقل ونقطة الذبول). قد سمحت مجموع هذه النتائج المحصل عليها بفضل الآلة قياس عمق الماء ذات الايونات بتقديم بعض الحواتم الفلاحية وباعطاء مرشد جيد للسقي المتم على الذرة المنقولة

### RÉSUMÉ

Dans le cadre d'un essai d'irrigation d'appoint sur maïs hybride réa-lisé pendant l'année 1963 à la Station expérimentale de Rabat (suite d'une expérimentation déjà décrite dans Al Awamia 7, avril 1963), les auteurs ont tenté de montrer les possibilités que pouvait offrir la sonde à neutrons dans l'étude de l'alimentation en eau des plantes.

Après avoir décrit le principe de fonctionnement de l'appareil et les conditions d'expérimentation, ils ont essayé d'estimer les disponibilités en eau du sol et l'évapotranspiration réelle de la végétation ; de plus ils ont profité des mesures ainsi faites pour estimer les constantes hydriques du sol de l'expérimentation (capacité au champ et point de flétrissement).

Cet ensemble de résultats obtenus grâce à la sonde à neutrons a permis ainsi d'établir quelques conclusions agronomiques en vue d'une meilleure conduite des irrigations d'appoint sur maïs.

### RESUMEN

La sonda de neutrones en el estudio de la alimentación hídrica de las plantas

Continuando ciertos trabajos experimentales descritos en Al Awamia 7, abril 1963, sobre riegos complementarios de maíz híbrido, los

autores procuran exponer las posibilidades que puede ofrecer el uso de la sonda de neutrones en el estudio de la alimentación hídrica de las plantas.

Una vez descrito el principio de acción del aparato y las condiciones en las cuales el experimento fué realizado, procuran estimar la cantidad de agua disponible en el suelo y la evapotranspiración de la vegetación ; aprovechando al mismo tiempo las medidas así obtenidas para estimar las constantes hídricas del suelo experimental (capacidad del campo y punto de marchitez).

El conjunto de los resultados obtenidos, gracias a la sonda de neutrones, permite establecer algunas conclusiones con el fin de mejorar la ejecución de los riegos de complemento del maíz.

#### SUMMARY

The neutron probe for the study of the water economy of plants

In continuation of experimental work, already described in *Al Awamia* 7, April 1963, about complementary irrigation of hybrid maize, the authors tentatively investigated the use that could be made of the neutron probe for the study of the water economy of plants.

After describing the working principle of the apparatus and the conditions in which the experiment was conducted, they formed an estimate of the available soil water and of the actual evapotranspiration of the vegetation ; moreover, on the basis of the data thus obtained, they estimated the water constants of the experimental soil (field capacity and wilting point).

The combined data, obtained thanks to the use of the neutron probe, enabled them to formulate some agronomical conclusions tending to improve the conduct of complementary irrigation of maize.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BOUCHET, R.J. — 1963. Evapotranspiration réelle, évapotranspiration potentielle, et production agricole. — *Ann. Agron.*, vol. 14, 5.
2. BRYSSINE, G. — 1952. Les sols de la Station Expérimentale du Guich des Oudaïas. — Ministère de l'Agriculture, Rabat.

3. 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*, 7, pp. 35-56, Rabat.
4. DAMAGNEZ, J., CH. RIOU, O. DE VILLELE & S. EL AMANI — 1963. Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie. — *Ann. Agron.*, vol. 14, 4.
5. FEODOROFF, A. — 1962. Ressuyage du sol et capacité de rétention pour l'eau. — *Ann. Agron.*, vol. 13, 6.
6. HUTTER, W. — 1955. Essais culturaux de maïs hybrides. — *Les Cahiers de la Recherche Agronomique*, 6, Rabat.
7. HUTTER, W. — 1956. Note sur la fumure et l'irrigation des maïs hybrides. — *Terre Marocaine*, avril, 317, Rabat.
8. ROBELIN, M. — 1962. Evapotranspiration potentielle. — *Ann. Agron.*, vol. 13, 6.



**Tableau des valeurs  $\Delta h/\Delta t$  pour les 3 profils (Année 1963)**

Profil $SO_{(3)}$	h = 28 cm						h = 58 cm										
	26.4	8.5	2.5	8.5	16.5	20.5	28.5	26.4	2.5	8.5	16.5	20.5	28.5	20.5	6	5,25	12.6
Temps (jours)	8,75	16,5	7,25	16,5	6,76	6	5	8,25	7,75	13	7	6	6	8	8	15	4,50
Humidité %	6	6	6	8	8	4	8	6	6	6	8	4	8	8	8	15	4,50
Intervalle de temps en jours																	
$\Delta h/\Delta t$ en %																	
jours - 1	0,25		0,25		1,21	0,19	0,12	0,08		0,08	0,75	0,25	0,09	0,05			0,05
Humidité moyenne de l'intervalle	8 %		8 %		11,62 %	6,37 %	5,50 %	8 %		8 %	10 %	6,5 %	5,62 %	4,87 %			4,87 %
<b>Profil <math>I_1O_{(2)}</math></b>	h = 23 cm						h = 53 cm										
Temps (jours)	8,5	14,5	14,5	16,5	18,5	21,5	28,5	8,5	14,5	16,5	18,5	21,5	28,5	21,5	7	7	8,6
Humidité %	11,75	9	14,50	14,50	10,50	10,50	7,75	9,5	7,75	9,75	8,50	9,75	7	7	11		11
Intervalle de temps en jours	6	6	6	1,75	3	3	7,25	6	6	2	2	3	7	7	5		5
$\Delta h/\Delta t$ en %																	
jours - 1	0,45		0,45		2,28	0	0,38	0,29		0,29	0,62	0,39	0,18	0,18			0,18
Humidité moyenne de l'intervalle	10,37 %		10,37 %		12,50 %	10,50 %	9,12 %	8,62 %		8,62 %	9,12 %	8,37 %	6 %	6 %			6 %
<b>Profil <math>I_2O_{(19)}</math></b>	h = 31 cm						h = 46 cm										
Temps (jours)	7,7	9,5	14,5	14,5	16,5	20,5	29,5	7,5	9,5	14,5	16,5	20,5	29,5	20,5	6,6	8,6	8,6
Humidité %	15,25	10,50	9,75	9,75	11,25	11	8,75	13,25	9,75	9,25	10	10,75	8,50	6,75	6,50		6,50
Intervalle de temps en jours	2	5	2	2	3,75	9	9	2	5	2	0,25	4	9	8	2		2
$\Delta h/\Delta t$ en %																	
jours - 1	2,37	0,15	0,15		0,07	0,25	0,10	1,76	0,10	0	0,25	0,25	0,25	0,22	0,12		0,12

Temps (jours)	2,5	8,5	16,5	20,5	28,5	12,6	22,6	2,5	8,5	16,5	20,5	28,5	12,6	22,6
Humidité %	8,25	11	8	7,75	7	5,50	5	11	13,25	10,75	10,75	10	8,25	7,75
Intervalle de temps en jours		6	8	4	8	15	10		8	4	8	15	10	
$\Delta h/\Delta t$ en % jours - 1		0,37	0,06	0,09	0,10	0,05			0,31	0	0,09	0,11	0,05	
Humidité moyenne de l'intervalle		9,5	7,9	7,4	6,25	5,25			12	10,75	10,4	9,1		8

h = 85 cm														
<b>Profil I<sub>1</sub>O<sub>(2)</sub></b>														
Temps (jours)	8,5	14,5	16,5	18,5	21,5	28,5	8,6	22,6	8,5	14,5	16,5	21,5	8,6	22,6
Humidité %	11,75	10	11,75	10,50	12,25	10,25	7,75	6,50	14,75	13,25	14,50	14,75	11,0	9,25
Intervalle de temps en jours	6	2	2	2	3	7	11	14	6	2	5	11	14	
$\Delta h/\Delta t$ en % jours - 1	0,29		0,62	0,58	0,28	0,22	0,09	0,25					0,43	0,12
Humidité moyenne de l'intervalle	10,9		11,12	11,37	11,25	9,00	7,12	14,00					12,87	10,12

h = 90 cm																			
<b>Profil I<sub>2</sub>O<sub>(19)</sub></b>																			
Temps (jours)	7,5	9,5	14,5	16,5	20,5	29,5	6,6	10,6	25,6	7,5	9,5	20,5	29,5	6,6	10,6	12,6	17,6	25,6	4,7
Humidité %	14,75	11,75	11,25	12,25	10,75	9	8,25	7,50	17	14,5	14,75	14,25	13,25	12,25	12	11,75	10,25	9,75	
Intervalle de temps en jours	2	5	4	9	8	4	11	2	4	9	8	4	2	3	8	9			
$\Delta h/\Delta t$ en % jours - 1	1,5	0,1	0,17	0,22	0,19	7,07	1,25	0,05	0,12	0,25	0,12	0,12	0,08	0,18	0,05				
Humidité moyenne de l'intervalle	13,25	11,50	11,50	9,87	8,62	7,87	15,75	14,50	13,75	12,75	12,12	11,87	11,00	10,00					

ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR LES PRESSES  
DES « EDITIONS MAROCAINES ET INTERNATIONALES »  
11, AV. DE RABAT A TANGER  
LE 5 MARS 1965

## محتويات العدد

- 1 اه. كورزي - الذوي المنفردة المغربية النغولات المضاعفة .....
- 19 اه. فاندرودين، ه. ه. و. ا. لدرجيريمير - اختبار ثاني - امينوبيتان  
في امكانية عند العفونة الخضراء للحوامض .....
- 29 ه. شابو - حرامض *Volkameriana PASQUALE* .....
- 47 ج. بريسين، ج. كياردو، و. كرووينمان - حركة غسل  
املاح ارض بنية حمراء *steppique* .....
- 73 . فرج، م. ايكول، ور. واطو - استغلال السور الحوية في وضع  
خريطة عامة للاراضي بالمغرب .....
- 95 ز. فوجل - طريقة جديدة للدراسة القياسة للانداء من  
جنس *Asolcus — Cas d'Asolcus rungsi* .....
- 115 ح. برادة وز، ديكرو - ملاحظات حول استغلال القياس عمق  
الماء ذات الايوانات لدراسة النغوية بماء النباتات .....

فيما يخص جميع المعلومات حول : انجازات البحث  
الزراعي وكذا مجلة العواضية، اكتبوا الى :  
قسم الطبع والنشر والتوزيع  
المعهد الوطني للبحث الزراعي  
صندرق البريد 415 الرباط البريد المركزي

الاداء عن الحساب الجاري بالبريد تحت عنوان «مصلحة الموارد قسم الطبع والنشر والتوزيع بالمعهد الوطني  
للبحث الزراعي بالرباط» الحساب الجاري رقم 45288

14

ROYAUME DU MAROC



# AL AWAMIA

REVUE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE MAROCAINE



Institut National de la Recherche Agronomique

— RABAT —

JANVIER 1965