

Royaume du Maroc

Ministère de l'Agriculture
et de la Réforme Agraire

Direction de la Recherche Agronomique
Centre Régional de Marrakech

République Française

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre-Mer

Mission pédologique
au Maroc

EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE DANS UN SOL A PROFIL COMPLEXE
SOUS CULTURE IRRIGUEE DE COTON
A LA STATION EXPERIMENTALE DE SOUHLA

R. M O R E A U
Chargé de recherches de l'ORSTOM

S O M M A I R E

1 -	INTRODUCTION	p. 1
2 -	PROFIL DU SOL SOUMIS A L'IRRIGATION ; DESCRIPTION ET GRANULOMETRIE	p. 2
	2.1 Caractéristiques morphologiques	p. 2
	2.2 Granulométrie	p. 4
3 -	EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE	p. 5
	3.1 Profils hydriques après irrigation	p. 6
	3.2 Profils hydriques avant irrigation	p. 7
	3.3 Dessèchement du sol après la dernière irrigation du 22 Septembre	p. 8
	3.4 Relation entre le développement de la culture et l'évolution du profil hydrique et du stock d'eau dans le sol	p. 9
4 -	CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES ET COMPORTEMENT DU SOL A L'IRRIGATION	p. 10
	4.1 Le drainage du sol	p. 11
	4.2 Caractéristiques hydrodynamiques	p. 12
	4.2. 1 Porosité et capacité maximum pour l'eau	p. 12
	4.2. 2 Point de flétrissement, humidité équivalente et capacité au champ	p. 12
	4.3 Comportement à l'irrigation du sol	p. 14
5 -	CONCLUSION	p. 15

EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE DANS UN SOL A PROFIL COMPLEXE
SOUS CULTURE IRRIGUEE DE COTON
A LA STATION EXPERIMENTALE DE SOUHLA

1 - INTRODUCTION

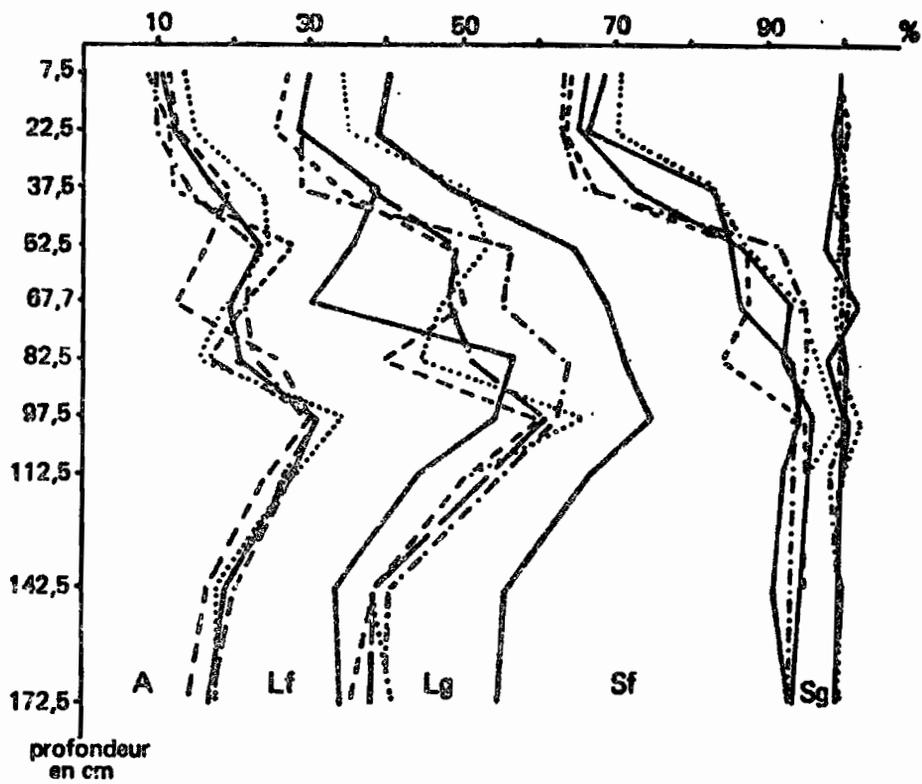
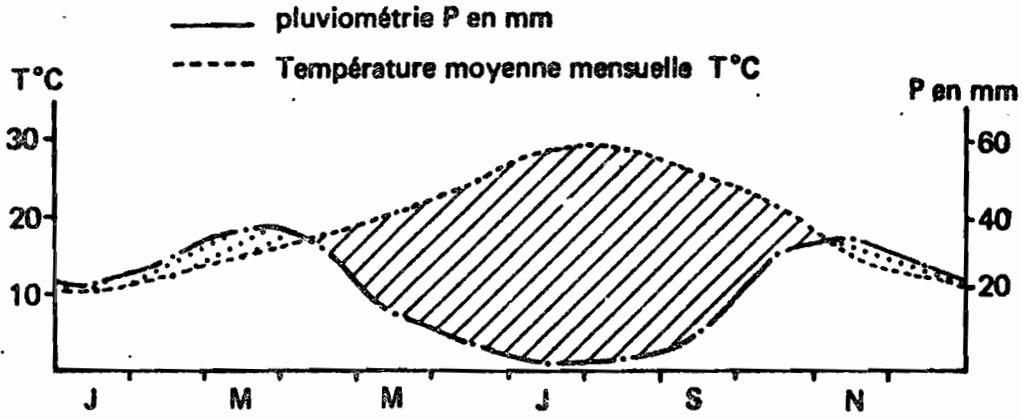
L'étude de l'évolution du profil hydrique sous culture irriguée de coton qui a été réalisée en 1971 à la station de la Recherche Agronomique de SOUHLA, près de MARRAKECH (Maroc), avait pour objectifs de préciser les conditions d'humidité du sol irrigué tout au long du développement de la culture, et de contrôler l'efficacité de l'irrigation traditionnelle pratiquée d'une façon empirique. Cette irrigation est apparue excessive par la dose et la fréquence de ses apports.

Les profils hydriques établis après et avant irrigation devaient aussi aboutir à l'estimation de la consommation en eau de la culture entre chaque irrigation ; mais le ressuyage incomplet du sol pendant toute la durée des irrigations ne l'a pas permis. Les pertes d'eau par percolation qui se sont produites entre deux séries de mesures ne pouvant pas être chiffrées, il est impossible d'estimer la part représentée par la consommation de la culture dans l'abaissement du stock d'eau entre deux irrigations.

Si des conclusions chiffrées ne peuvent pas être dégagées, l'étude permet cependant d'apprécier le comportement d'un sol à profil complexe, vis-à-vis de l'irrigation. Ce résultat n'est pas à négliger dans cette région de climat subaride, où l'irrigation est indispensable à la production agricole. L'irrégularité et la faiblesse des précipitations (en moyenne 248 mm par an, et souvent moins), ainsi que la forte élévation des températures estivales, sont à l'origine de contraintes climatiques sévères qui sont exprimées par le diagramme ombrothermique de MARRAKECH (figure 1).

Les profils hydriques ont été établis sur deux blocs de 300 m² chacun (30 x 10) à raison de 6 répétitions par série de mesures. Les prélèvements ont été effectués à la tarière, tous les 15 cm à partir du collet de la plante (soit environ à 5 cm au-dessous du sommet du billon) jusqu'à 120 cm, puis tous les 15 cm jusqu'à 180 cm.

Deux autres blocs de mêmes caractéristiques, cultivés et irrigués dans des conditions semblables, servaient de témoins. Les quatre blocs étaient entourés par d'autres parcelles d'essais sur cotonnier, irriguées suivant les mêmes normes.



fosse A — fosse C - - - - -
 fosse B - - - fosse D
 — d'après les médianes sur 8 mesures

2 - PROFIL DU SOL SOUMIS A L'IRRIGATION : DESCRIPTION ET GRANULOMETRIE

Avant de choisir l'emplacement des quatre blocs en vue de l'étude sur l'évolution du profil hydrique, une étude préliminaire du sol de la parcelle destinée aux expérimentations sur le cotonnier pour l'année 1971 avait été effectuée (1). Les fosses d'observation avaient été creusées en bordure de la parcelle afin d'éviter la perturbation des zones destinées aux essais. L'étude avait mis en évidence une hétérogénéité verticale du sol se développant dans un matériau sablo-limono-argileux à limono-argilo-sableux qui repose brutalement vers 80 cm sur un matériau argilo-limono-sableux où la proportion d'argile diminue progressivement vers le bas.

Le sol avait été considéré comme un sol brun isohumique recouvrant vers 80 cm, un ancien sol plus ou moins érodé et présentant une évolution pédogénétique sensiblement plus accentuée. Il appartient à l'unité 4 de la carte pédologique à 1/50.000 dans l'ETUDE PEDOLOGIQUE DE LA REGION MARRAKECH OUEST - OUED TENSIFT. R. MOREAU. Rapport multigr., DRA-ORSTOM. 1973.

Les quatre fosses A, B, C et D, creusées après la fin des mesures d'humidité à l'intérieur des deux blocs étudiés, permettent de retrouver les caractéristiques du sol définies dans l'étude préliminaire. Cependant quelques variations texturales ont été notées, elles sont très fréquentes dans tous les sols de cette région développés sur matériaux d'origine alluviale. Il nous apparaît donc opportun d'indiquer les caractéristiques morphologiques et granulométriques du sol étudié car elles sont à l'origine de son comportement hydrique.

2.1 - Caractéristiques morphologiques

Profil décrit le 27 Mars 1972 : fosse A.

Surface battue durcie. Végétation : nombreux pieds de moutarde.

0 - 25 cm : Sous la croûte de battance, le billon est constitué de terre sablo-limoneuse riche en sable grossier. Le matériau est très lacunaire avec de nombreuses cavités de 0,3 à 0,4 cm, et nombreux débris végétaux non décomposés. Structure mal développée, polyédrique émoussée irrégulière. Cohésion moyenne à sec. Couleur brun rougeâtre (5 YR 4/4-3/4). Les 20 cm inférieurs sont bien colonisés par les racines de cotonnier.

(1) Etude préliminaire à une étude sur l'évolution du profil hydrique sous culture irriguée de coton à la station expérimentale de SOUHLA. CARACTERISTIQUES DU SOL SOUMIS A L'IRRIGATION SOUS CULTURE DE COTON. R. MOREAU. Nov. 1971. Note dactylographiée.

- 25 - 35 cm : Sous le billon ou sous la croûte superficielle du sillon ; même texture, mais moins vacuolaire à tendance massive plus nette sous les sillons : tassement et destruction de la structure par l'irrigation. Porosité mie de pain moyenne, variable, assez bonne sous les billons. Les racines se développent encore assez bien sous les billons mais elles s'arrêtent à la limite inférieure. Limite de travail légèrement ondulée brutale.
- 35 - 55 cm : Limono-sableux assez argileux, peu de sable grossier. Brun rougeâtre (5 YR 4/4). Structure assez mal développée, polyédrique grossière (2-3 cm), à surstructure prismatique (5 cm). De fines fissures verticales initient les prismes qui semblent plus larges sous les sillons où la structure apparaît plus mal développée. Cohésion assez forte. Porosité et activité biotique moyennes ; fins engainements calcaires autour des pores. Une seule racine pivotante par pied de cotonnier pénètre dans cet horizon qu'elle traverse sans ramifications latérales ; elle est fine et sinueuse en suivant les fissures verticales. Limite progressive.
- 55 - 85 cm : Limono-sableux à sable fin ; parfois essentiellement sableux à sable grossier à la base. Couleur brune plus claire (7,5 YR 6/4) avec des engainements plus nets et présence de zones claires rouillâtres (1-3 cm), sous formes d'amas calcaires finement stratifiés (origine alluviale ?). Structure massive. Cohésion faible, encore assez humide. Porosité et activité biotique bonnes. Les racines pivotantes fines et sinueuses se prolongent dans cet horizon sans se ramifier. Limite brutale légèrement ondulée.
- 85 - 125 cm : Plus argileux et sec. Brun rougeâtre foncé (2,5 YR 3/4-2/4), quelques taches et concrétions noires, engainements clairs autour des pores. Structure bien développée à la partie supérieure, polyédrique grossière (2-3 cm), à surstructure prismatique par empilement des éléments en assemblage compact. Les surfaces des polyèdres sont assez planes et lisses sous l'effet des phénomènes de compression (gonflement des argiles). Cohésion forte. Porosité faible mais activité biotique (peut-être ancienne) bien visible, avec de nombreux turricules. Les racines ne pénètrent qu'exceptionnellement et faiblement dans cet horizon. Le plus souvent elles s'arrêtent brutalement ou se coudent à la limite supérieure. Limite progressive par diminution de la proportion d'argile ; le matériau devient de plus en plus limoneux vers le bas, et la structure apparaît plus mal développée.

125 - 180 cm : Limoneux, s'enrichissant en sable fin vers le bas. Couleur semblable mais présence d'amas peu contrastés. Structure mal développée à cohésion faible, assez humide. Porosité et activité biotique bonnes. Pas de racines.

Le mauvais ressuyage fréquemment observé à la base des profils pendant la période d'irrigation laissait supposer qu'il existe au-dessous de 180 cm un niveau peu perméable, ceci a été confirmé par sondage :

Jusqu'à 225 cm : continuation du matériau limoneux. Très humide non ressuyé.

de 225 à 240 cm : niveau assez argileux et dur, comparable au niveau 85-125 cm, ressuyé.

de 240 à 272 cm : limoneux, mal ressuyé vers le bas.

à 272 cm : encroûtement avec fragments de croûte calcaire massive.

Cette hétérogénéité verticale se retrouve bien dans les quatre fosses observées, mais avec quelques variations dans les proportions des différentes catégories granulométriques et la profondeur des limites. Le niveau plus argileux apparaît brutalement entre 80 et 90 cm ; en profondeur le deuxième niveau argileux se situe à 225 ou 245 cm et il surmonte toujours un matériau encroûté.

L'enracinement est identique dans les quatre fosses. Au-dessous du billon, seule la racine pivotante pénètre sous ramifications jusqu'au niveau argileux de 85 cm. Quelques-unes s'insèrent dans cet horizon où elles disparaissent rapidement, mais dans le cas général les racines s'arrêtent brutalement à la limite supérieure.

2. 2 - Granulométrie

L'étude granulométrique a été effectuée sur les échantillons prélevés sur les deux faces opposées de chacune des quatre fosses creusées après la fin des mesures d'humidité. Cela constitue donc 8 mesures par niveau.

La figure 2 représente les diagrammes granulométriques correspondant à chacune des fosses, obtenus à partir de la moyenne des deux mesures effectuées à chaque niveau. L'allure générale des courbes est comparable ; mais l'amplitude inégale des variations, et surtout leur décalage en fonction de la profondeur d'un endroit à l'autre sont bien mis en évidence. L'hétérogénéité du sol se manifeste surtout entre 30 et 90 cm.

Sur la figure 2 apparaît aussi le diagramme granulométrique théorique, obtenu à partir des médianes calculées sur 8 mesures pour chaque fraction granulométrique. On peut remarquer que les pourcentages cumulés se complètent assez bien à 100 %, et considérer que ce diagramme théorique représente d'une façon acceptable la composition granulométrique du sol irrigué.

Cette composition granulométrique se caractérise par l'existence de deux maximums d'argile : l'un faiblement marqué : 23 % à 52,5 cm, l'autre plus important : 31 % à 97,5 cm.

L'addition des limons fins conserve ces deux maximums (49 % et 61 %), et accentue même légèrement le deuxième.

Le sable grossier qui représente une proportion importante à la partie supérieure : 34 %, diminue rapidement au-dessous de 30 cm : 10 % à 37,5 cm, et ne dépasse pas 5 % à partir de 97,5 cm. Le sable fin au contraire augmente en profondeur : de 21 % à 38,5 % entre 97,5 et 142,5 cm.

Le niveau 82,5 cm (prélèvement entre 75 et 90 cm) constitue la zone de passage entre le matériau limoneux supérieur et le matériau plus argileux profond. La limite est brutale mais ondulée, et les échantillons prélevés à ce niveau sont généralement constitués en partie par l'un et l'autre des matériaux. Les résultats fournissent des valeurs intermédiaires qui ne traduisent pas la brutalité du passage d'un niveau à l'autre.

3 - EVOLUTION DU PROFIL HYDRIQUE

Les profils hydriques ont été établis après et avant chaque irrigation de façon à obtenir une évaluation de l'humidité maximum et minimum du sol (1). Pendant toute la durée des irrigations le sol a présenté un niveau d'engorgement bien visible au moment des prélèvements entre 75 et 90 cm, et apparaissant souvent dès 60 cm. Le niveau profond : 175-180 cm est aussi apparu fréquemment mal ressuyé.

Les six valeurs obtenues pour chaque mesure se regroupent assez bien sur toute la hauteur du profil jusqu'au 2 Août. Après cette date l'humidité du sol est plus hétérogène, surtout au-dessous de 45 cm, et le nombre des répétitions devient insuffisant pour représenter avec précision l'état d'humidité du sol. Cependant, le nombre important des mesures : pratiquement tous les quatre jours après les pluies de printemps, à partir du 12 Juin (Tableau 1 et figure 7), permet de définir des zones de variations assez étroites qui caractérisent l'état d'humidité du sol sous la culture de coton.

Les valeurs sont souvent mal regroupées dans le niveau d'engorgement. Outre l'hétérogénéité texturale déjà soulignée dans ce niveau, l'existence d'eau libre favorise aussi l'irrégularité des mesures d'un échantillon à l'autre. La carotte de terre obtenue avec la sonde comporte des zones comprimées d'où l'eau a été expurgée, et des petites cavités remplies d'eau ; suivant l'importance relative des unes et des autres dans l'échantillon prélevé, l'humidité peut être très différente.

(1) Les résultats du 12 Mai, 7, 14 et 18 Juin n'ont pas été communiqués. Seul le profil du 14 Juin avait été prélevé avant irrigation ; l'humidité ne devait pas y être très différente de celle enregistrée pendant toute cette période où le sol ne s'est jamais desséché : 16 et 28 Avril, 29 Mai et 26 Juin.

Tous les résultats d'humidité obtenus pendant l'étude sont indiqués au tableau 1. Pour alléger la représentation graphique, les zones de variation du profil hydrique ne sont représentées que par les courbes enveloppes qui les limitent. Les quelques profils qui présentent des caractéristiques particulières sont indiqués séparément.

3. 1 Profils hydriques après irrigation (figure 3)

Les mesures ont été effectuées 4 ou 5 jours après l'irrigation. A l'exception du profil du 16 Août, tous les profils possèdent un pic d'humidité caractéristique au niveau 82,5 cm qui correspond à l'engorgement observé sur le terrain, le drainage insuffisant apparaissant souvent dès 37,5 cm. Cet engorgement s'établit juste au-dessous de l'horizon argileux situé à 85 cm et qui semble bien constituer un niveau peu perméable. L'augmentation de l'humidité à 172,5 cm correspond aussi au mauvais ressuyage fréquemment noté à ce niveau ; celui-ci serait dû à la présence d'un deuxième niveau **argileux** à 230 cm.

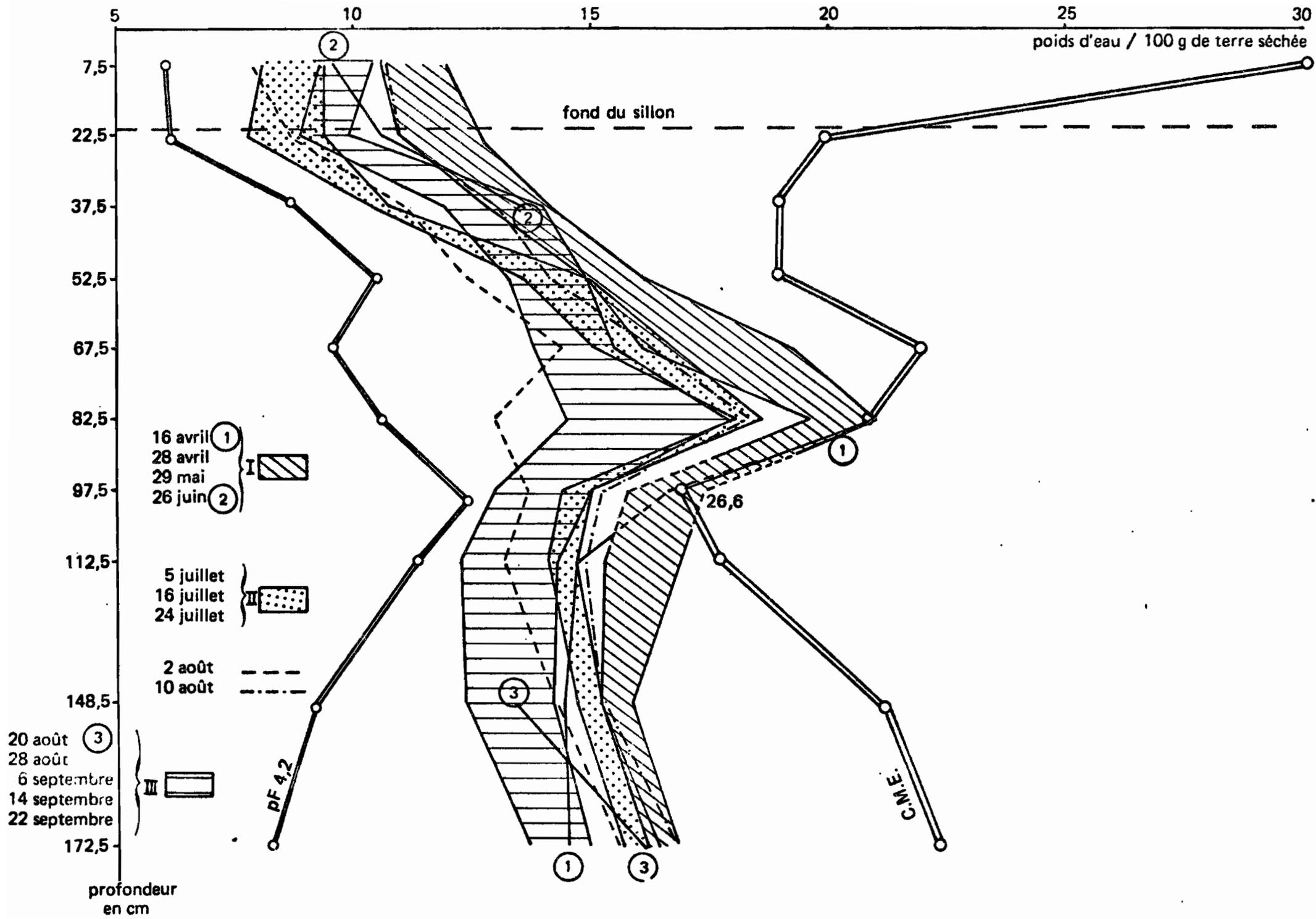
Pour chaque profil, la valeur de l'humidité dépend de l'état de dessèchement du sol avant l'irrigation, de la quantité d'eau apportée par l'irrigation, des pertes par percolation, et de la consommation en eau de la culture depuis l'irrigation. Les trois premiers facteurs sont certainement les plus importants dans ces profils qui suivent l'irrigation et ils peuvent être très variables d'une irrigation à l'autre ; ceci explique que les profils ne présentent aucune organisation particulière en fonction du calendrier.

La zone de variation du profil hydrique après irrigation est plus étalée à la partie supérieure, au-dessus de 30 cm, mais elle se rétrécit rapidement au-dessous de ce niveau.

Au-dessous de 60 cm on note une ségrégation des profils en deux ensembles qui se distinguent jusqu'à la base ; seul le profil du 30 Juin fait exception (1). Chaque ensemble regroupe des profils hydriques établis à des dates très différentes dans le temps, et il ne semble pas y avoir de relation entre la ségrégation des profils d'une part, et l'état de développement de la culture ou les conditions climatiques d'autre part. Cette ségrégation montrerait donc qu'à un certain degré d'engorgement est associé une humidité correspondante dans les horizons inférieurs.

Après le dessèchement important du 2 Août (figure 4), l'humidité reste assez irrégulière au-dessous de 45 cm. Ainsi le profil du 16 Août ne présente plus de pic d'humidité à 82,5 cm alors qu'il apparaît dans le profil du 20 Août déterminé avant l'irrigation suivante.

(1) L'irrigation du 26 Juin a dû être très faible, et l'humidité du profil du 30 Juin après irrigation est même plus faible que celle du profil du 26 Juin avant l'irrigation, entre 30 et 105 cm : tableau 1.



16 avril (1)
 28 avril
 29 mai
 26 juin (2)

5 juillet
 16 juillet
 24 juillet

2 août
 10 août

20 août (3)
 28 août
 6 septembre
 14 septembre
 22 septembre

P.F. 4,2

C.M.E.

(1)

(3)

(2)

(2)

(1)

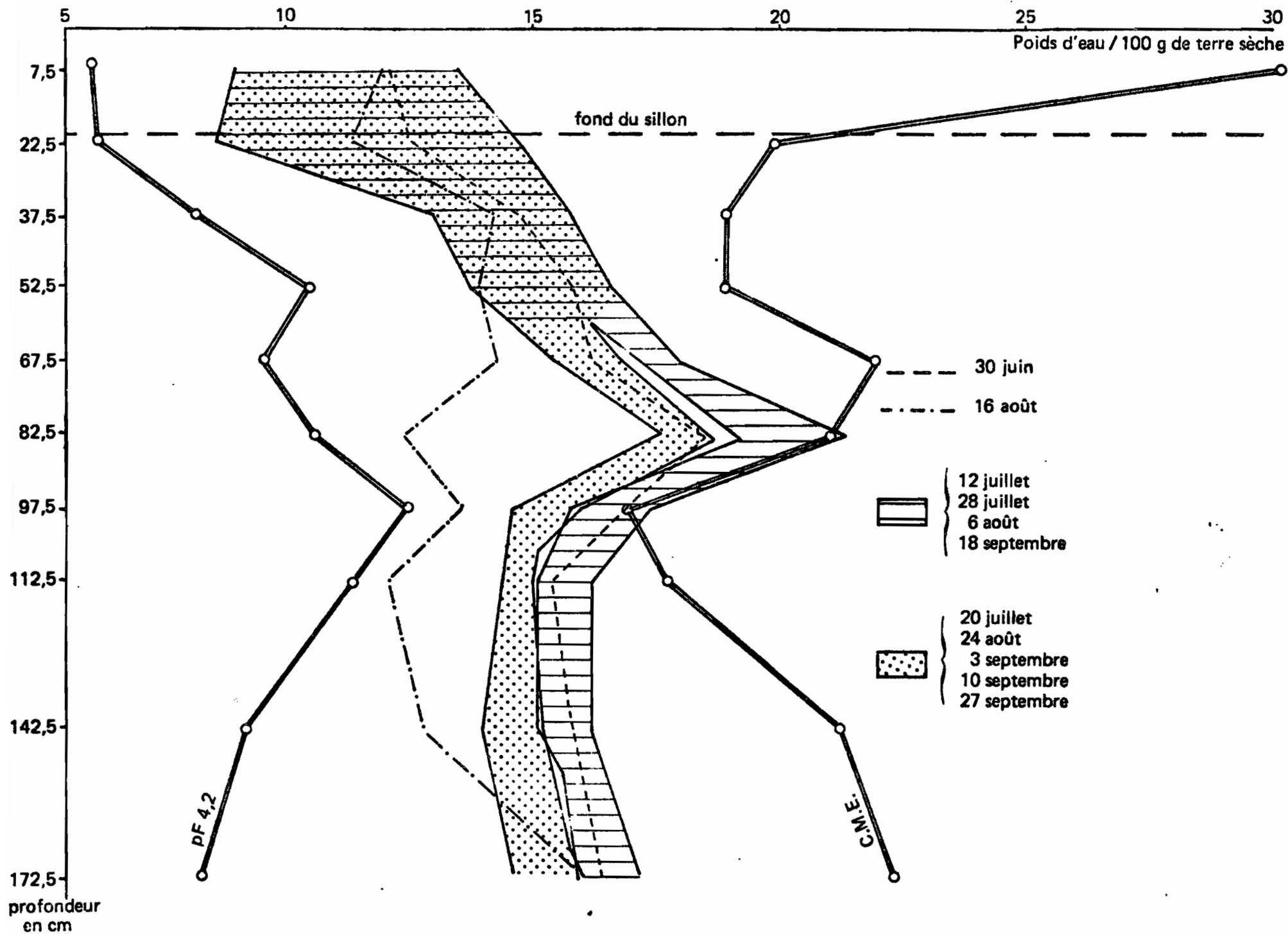
(3)

26,6

fond du sillon

poids d'eau / 100 g de terre séchée

profondeur en cm



3. 2 Profils hydriques avant irrigation (figure 4)

Après les pluies de printemps les mesures ont normalement été effectuées le jour même ou la veille de chaque irrigation (1). Les profils obtenus correspondent au maximum de dessèchement du sol.

Les profils hydriques présentent une allure assez comparable à celle des profils obtenus après irrigation, avec un pic d'humidité généralement bien marqué à 82,5 cm. Mais ils s'organisent en fonction du calendrier et peuvent être regroupés en trois zones de variation qui correspondent à trois périodes différentes. La consommation en eau de la culture semble donc ici jouer un rôle prédominant sur l'état d'humidité du sol au moment de l'établissement des profils ; mais le dessèchement du sol n'a jamais été très accentué pendant la période d'irrigation, et la gamme de fluctuation est étroite surtout en dehors du niveau superficiel (0-30cm) et du niveau d'engorgement (70-90 cm).

Du 16 au 26 Juin : Zone I

C'est la période où l'humidité est la plus importante sur toute la hauteur du sol. Le pic d'humidité est très bien marqué dans le niveau d'engorgement. En profondeur, l'humidité s'élève dans le niveau 175-180 cm où le ressuyage est noté mauvais au moment des prélèvements. Les valeurs obtenues pour le profil du 16 Avril sont plus faibles au-dessous de 105 cm. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit de la première série de mesures, trois semaines après la préirrigation du 24 Mars. L'engorgement à 82,5 cm s'est maintenu (pluie 8, 9 et 12 Avril) mais en profondeur le sol apparaissait bien ressuyé.

Au-dessous de 70 cm, cette zone I se sépare nettement des zones II et III ; elle s'établit à des valeurs comparables à celles occupées par les profils hydriques après irrigation qui constituent l'ensemble I, le plus humide en profondeur de la figure 3. En raison du manque de matériel au début de l'étude, le niveau 20-105 cm n'a été prélevé que dans le profil du 26 Juin. L'intervalle de variation à ce niveau est évalué d'après la figure 3. On remarque que la valeur obtenue à ce niveau le 26 Juin se situe bien à l'intérieur de cet intervalle.

Du 5 Juillet au 24 Juillet : Zone II

L'humidité diminue sur toute la profondeur par rapport à la période précédente. Les profils se décalent légèrement vers la gauche, mais ils conservent la même allure caractéristique, avec le pic d'engorgement à 82,5 cm, et le mauvais ressuyage à 172,5 cm qui apparaît toujours sur le terrain et se manifeste par des valeurs d'humidité encore élevées (supérieures à 15 %) dans ce niveau.

Le dessèchement du sol est surtout important à la partie supérieure, au-dessus de 45 cm.

(1) Ces conditions n'ont pas toujours été respectées ; par exemple, l'irrigation du 8 Juillet a été effectuée 4 jours après les mesures,

Profils du 2 et du 10 Août

Le profil du 2 Août est particulièrement important car il marque pour la première fois la disparition de l'engorgement à 82,5 cm. L'horizon de 165-180 cm est encore noté mal ressuyé et l'humidité rejoint celle des profils de la zone II.

La quantité d'eau apportée par l'irrigation du 2 Août a été élevée comme l'indique le profil du 6 Août (tableau 1 et figure 7), et elle est encore très marquante le 10 Août au-dessus de 45 cm.

Du 20 Août au 22 Septembre : Zone III

L'humidité est irrégulière au-dessous de 45-60 cm et on trouve généralement un ou deux profils secs dans chaque série de mesures. Cependant, l'engorgement s'observe encore dans les sondages et le pic d'humidité est encore existant mais moins accentué. La zone de variation des profils devient plus large notamment à 82,5 cm et illustre dans une certaine mesure l'hétérogénéité de l'humidité aux différents niveaux du sol.

Dans le niveau 165-180 cm l'engorgement est encore observé le 20 Août ; il disparaît ensuite. A la partie supérieure l'humidité reste assez homogène et se situe entre les valeurs de la zone I et de la zone II.

Cette période se caractérise donc par un état d'humidité intermédiaire entre les périodes I et II jusqu'à 45 cm, et une humidité plus faible et plus irrégulière au-dessous de 60 cm.

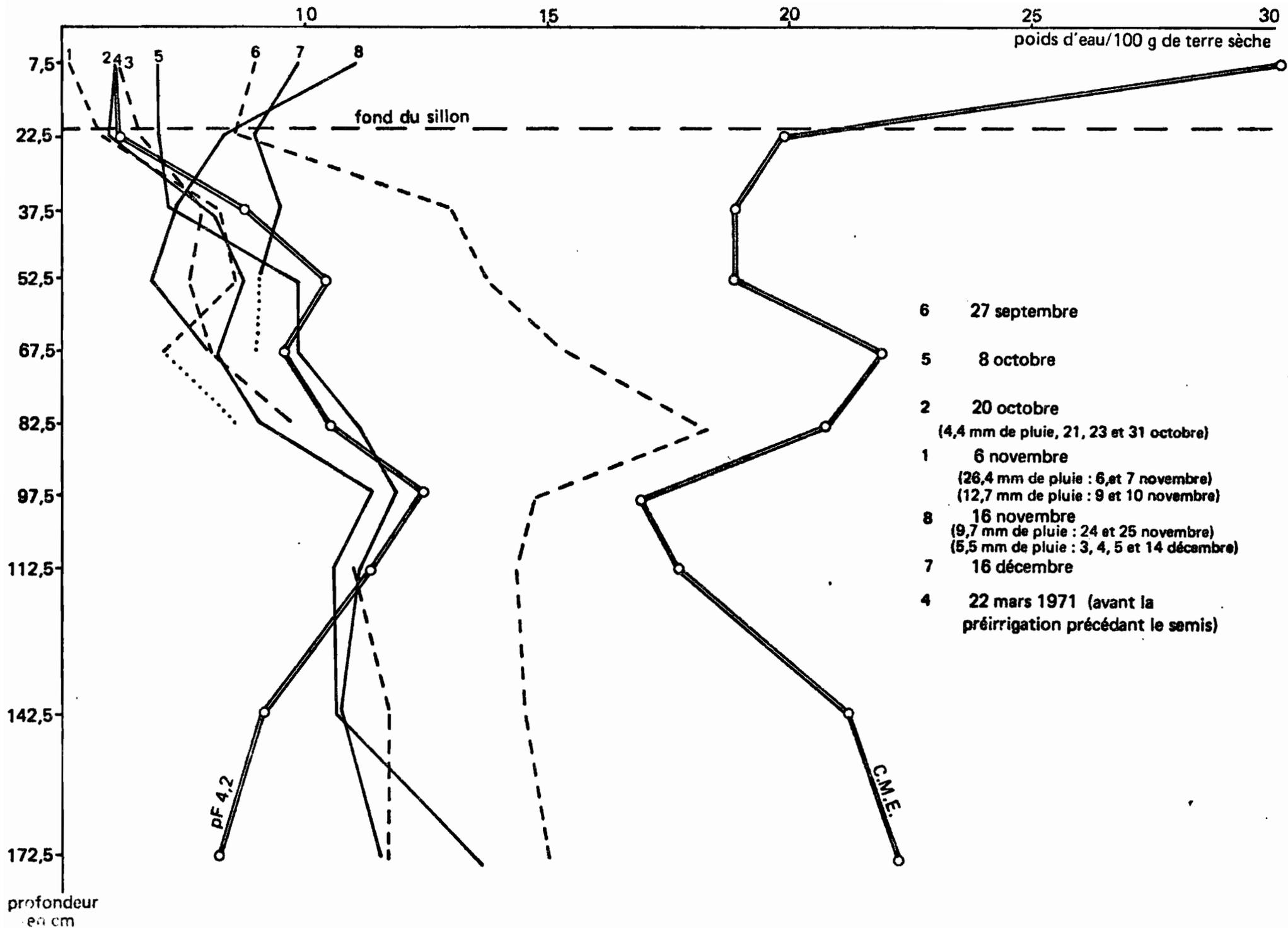
3. 3 Dessèchement du sol après la dernière irrigation du 22 Septembre (figure 5)

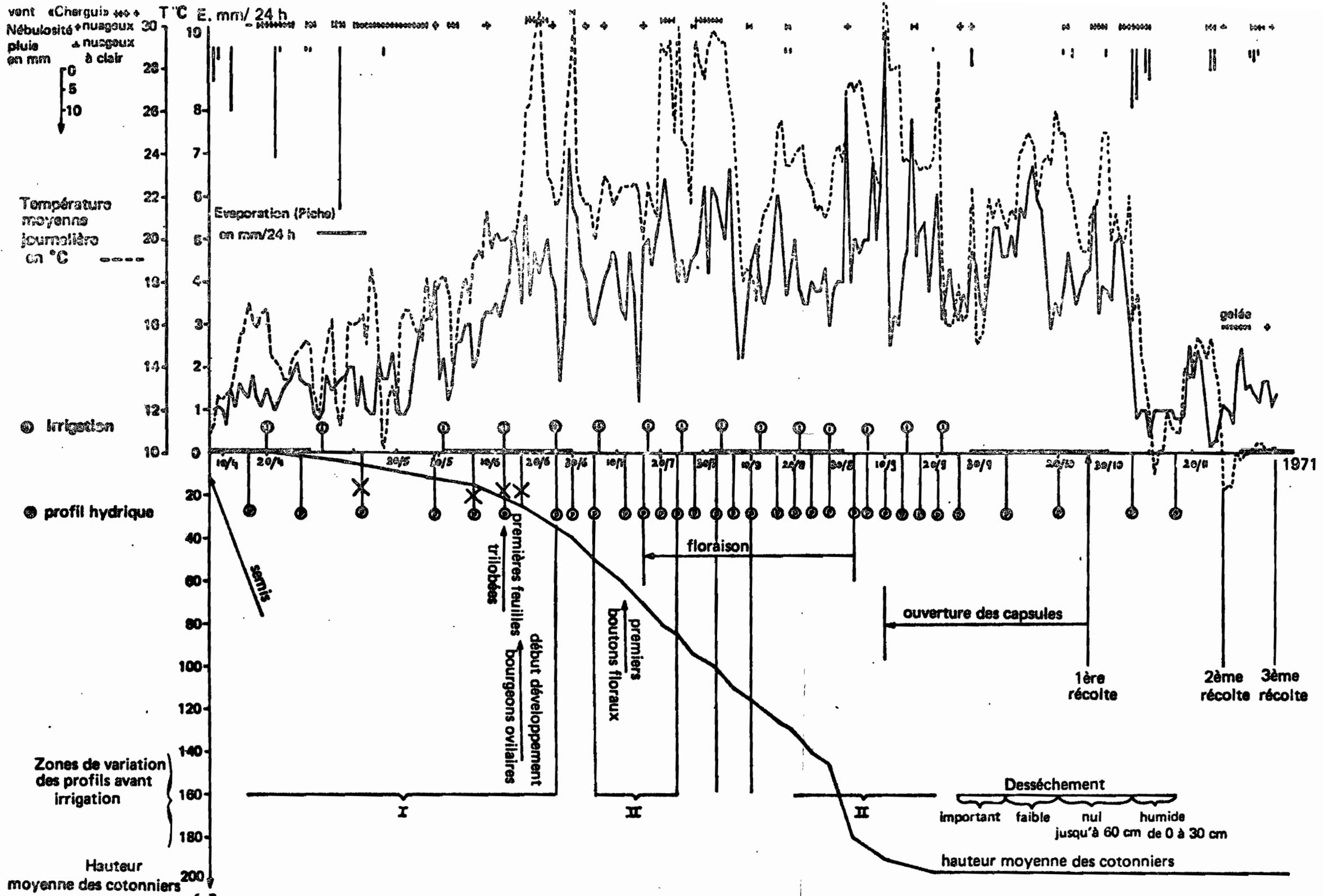
- Entre le 27 Septembre et le 8 Octobre le dessèchement est important sur toute la profondeur du sol (il est sans doute plus limité à 180 cm comme l'indique le profil du 20 Octobre), et le pic d'engorgement disparaît.

- Du 8 au 20 Octobre l'humidité diminue beaucoup plus faiblement : entre 45 et 90 cm et au niveau du billon (0-30 cm) ; elle est pratiquement stationnaire dans les autres niveaux.

- Au 6 Novembre l'humidité ne s'est guère modifiée jusqu'à 60 cm (point de flétrissement ?) mais l'assèchement s'est encore accentué au-dessous de ce niveau et il devient impossible de faire pénétrer la sonde au-delà de cette profondeur à certains endroits.

- Après les pluies du 6, 7, 9 et 10 Novembre, l'humidité s'est élevée dans les 30 cm supérieurs ; elle n'a pas varié au-dessous, mais certains sondages n'ont pas pu être exécutés au-delà de 45 cm.





3. 4 Relation entre le développement de la culture et l'évolution du profil hydrique et du stock d'eau dans le sol

La figure 6 est un tableau synoptique où l'on peut suivre l'évolution des conditions climatiques (1), le développement de la culture de coton, et le rythme des irrigations et des prélèvements, du 7 Mars (semis) au 9 Décembre 1971 (dernière récolte). Elle permet de situer les zones de variation du profil hydrique définies au paragraphe 3, 2, 1 par rapport à ces données. La figure 7 représente l'importance du stock d'eau du sol, évalué pour chaque série de mesures, de 0 à 90 cm et de 0 à 180 cm de profondeur (tableau 2); en se référant à la figure 6, elle permet de suivre l'évolution du stock d'eau en même temps que les conditions climatiques et le développement de la culture.

- D'Avril à fin Mai : nébulosité et pluies. La température ne dépasse qu'exceptionnellement 16° C et l'évaporation n'excède pas 2 mm. Pendant cette période, après la levée la croissance du coton est relativement lente.

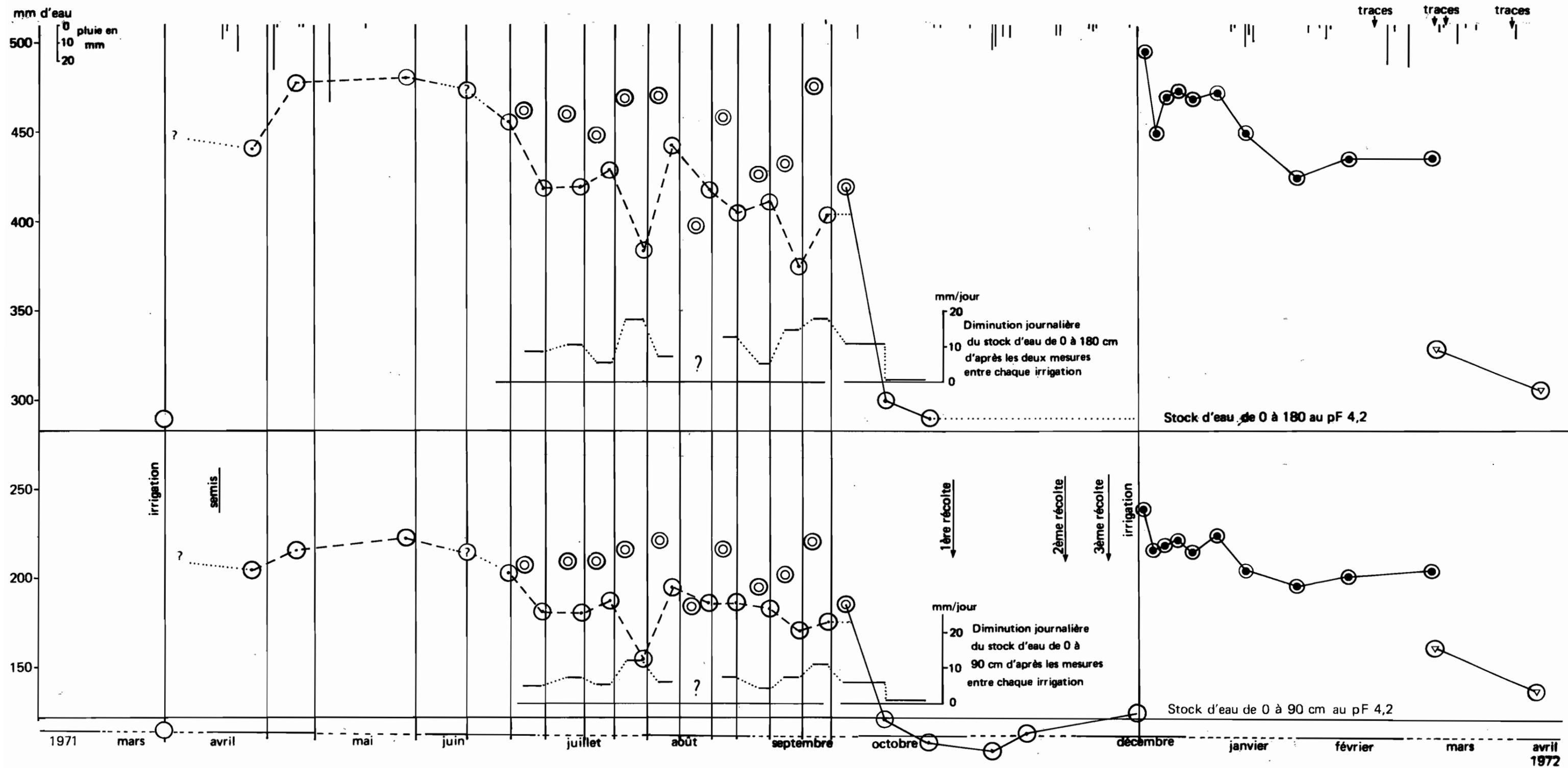
- En Juin la température et l'évaporation augmentent. Le chergui qui souffle à la fin du mois entraîne de très fortes élévations de températures. La croissance du coton se trouve stimulée durant cette période.

- Pendant ces trois mois : Avril, Mai et Juin, le dessèchement du sol est très faible et essentiellement superficiel. Le 14 Juin la profondeur de l'enracinement ne dépassait pas 20 cm, c'est-à-dire qu'il atteignait à peine la base du billon. Les profils hydriques au maximum de dessèchement se situent dans la zone I (figure 4). Le stock d'eau fortement remonté par la préirrigation, s'accroît encore sensiblement après la 1ère irrigation qui suit le semis, surtout sur la profondeur 0-180 cm, indiquant ainsi que l'augmentation de l'humidité a été importante dans les niveaux profonds. Il se maintient à des valeurs élevées : plus de 200 mm de 0 à 90 cm et plus de 450 mm de 0 à 180 cm, qui sont du même ordre de grandeur que celles observées dans le sol nu après l'irrigation d'hiver. Cependant à la fin de Juin le dessèchement s'accroît en surface comme l'indiquent les mesures du 26 Juin.

- De Juillet à début Septembre, la température et l'évaporation restent élevées, avec de fortes augmentations passagères (chergui). La croissance du cotonnier s'accélère légèrement et se poursuit régulièrement jusqu'à la fin d'Août (5 à 6 cm par jour) ; elle semble s'accélérer pendant quelques jours (28 Août-3 Septembre) à la fin de la floraison. Les cotonniers ont alors atteint un développement optimum et leur taille n'augmente pratiquement plus, bien que les conditions climatiques soient encore stimulantes après cette date.

Avec la croissance de la culture, la consommation en eau s'accroît et le dessèchement du sol s'accroît. En Juillet, il se développe surtout dans

(1) Données météorologiques communiquées par la Station expérimentale de SOUHLA.



- mesure initiale avant la première
- mesures avant irrigation et après l'arrêt des irrigations
- ⊙ mesures après irrigation

- mesures sous sol nu après l'irrigation d'hiver (16 décembre)
- ▽ mesures sous sol nu sur parcelle n'ayant pas reçu l'irrigation d'hiver

dans les horizons superficiels : de 0 à 45 cm, mais l'humidité s'est aussi légèrement abaissée en profondeur : zone II (figure 4). On observe une diminution nette du stock d'eau qui s'établit à 180-190 mm de 0 à 90 cm et à 420-430 mm de 0 à 180 cm (chaque irrigation tendant à le reconstituer jusqu'aux valeurs élevées de la période précédente).

Cependant, avec l'allongement du système racinaire le dessèchement du profil s'approfondit. Le 2 Août il a atteint le niveau 75-90 cm où l'engorgement disparaît ; le stock d'eau s'abaisse jusqu'à 152 mm de 0 à 90 cm et 372 mm de 0 à 180 cm.

A partir du 2 Août l'humidité est toujours plus faible en profondeur que pendant les périodes précédentes : zone III (figure 4). Au-dessus de 45 cm, au contraire, elle apparaît sensiblement plus importante que pendant la période précédente (zone II), tout en demeurant plus faible que pendant la période initiale (zone I). Le stock d'eau se reconstitue irrégulièrement jusqu'à des valeurs qui apparaissent globalement comparables à celles de Juillet. Sur la profondeur de 0 à 90 cm, les variations sont faibles avec cependant une très légère diminution en Septembre. Sur la profondeur de 0 à 190 cm, la tendance à l'amenuisement du stock en Août et Septembre est un peu plus nette, traduisant un dessèchement relativement plus important en profondeur.

Il est difficile de savoir si la diminution de l'humidité à la partie supérieure du sol par rapport au mois de Juillet est due à une augmentation des doses d'irrigation ; les profils après irrigation ne semblent pas l'indiquer. Elle pourrait aussi s'expliquer par une meilleure répartition des prélèvements sur une plus grande hauteur de sol exploitée, les prélèvements devant par ailleurs être plus faciles et plus importants dans le niveau 75-90 cm, où une proportion très importante de l'eau est peu ou pas retenue par les forces capillaires. En outre, la protection du sol par la masse végétale devient meilleure et peut limiter l'évaporation directe de l'eau en surface.

- Le dessèchement rapide et important du sol entre le 27 Septembre et le 8 Octobre permet de conclure que la consommation d'eau est encore élevée à cette période. Le dessèchement du sol est très net au moins jusqu'à 150 cm, donc sur une profondeur supérieure à celle où l'enracinement bien visible, a été noté dans les 4 fosses après la culture. Les faibles variations après le 8 Octobre indiquent que l'humidité se rapproche du point de flétrissement, comme le montrent aussi les valeurs du stock d'eau pendant cette période.

4 - CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES ET COMPORTEMENT DU SOL A L'IRRIGATION

Le profil granulométrique du sol laissait prévoir des caractéristiques hydrodynamiques différentes d'un niveau à l'autre. La persistance d'un niveau d'engorgement pendant toute la durée de la culture en est une conséquence, et implique des possibilités de ressuyage très mauvaises du sol.

Pour contrôler le drainage nous avons suivi l'évolution du profil hydrique du sol nu après l'irrigation, pendant l'hiver suivant la culture.

Les caractéristiques hydrodynamiques du sol qui conditionnent son comportement à l'irrigation sont ensuite examinées dans le paragraphe à partir des données de laboratoire et de terrain.

4. 1 Le drainage du sol

Après la dernière récolte les cotonniers ont été éliminés ainsi que les quelques adventices, et une irrigation a été pratiquée sur l'un des deux blocs où nous avons suivi l'évolution du profil hydrique ; l'autre bloc étant destiné à servir de témoin non irrigué afin de permettre une comparaison des profils hydriques à la fin des mesures.

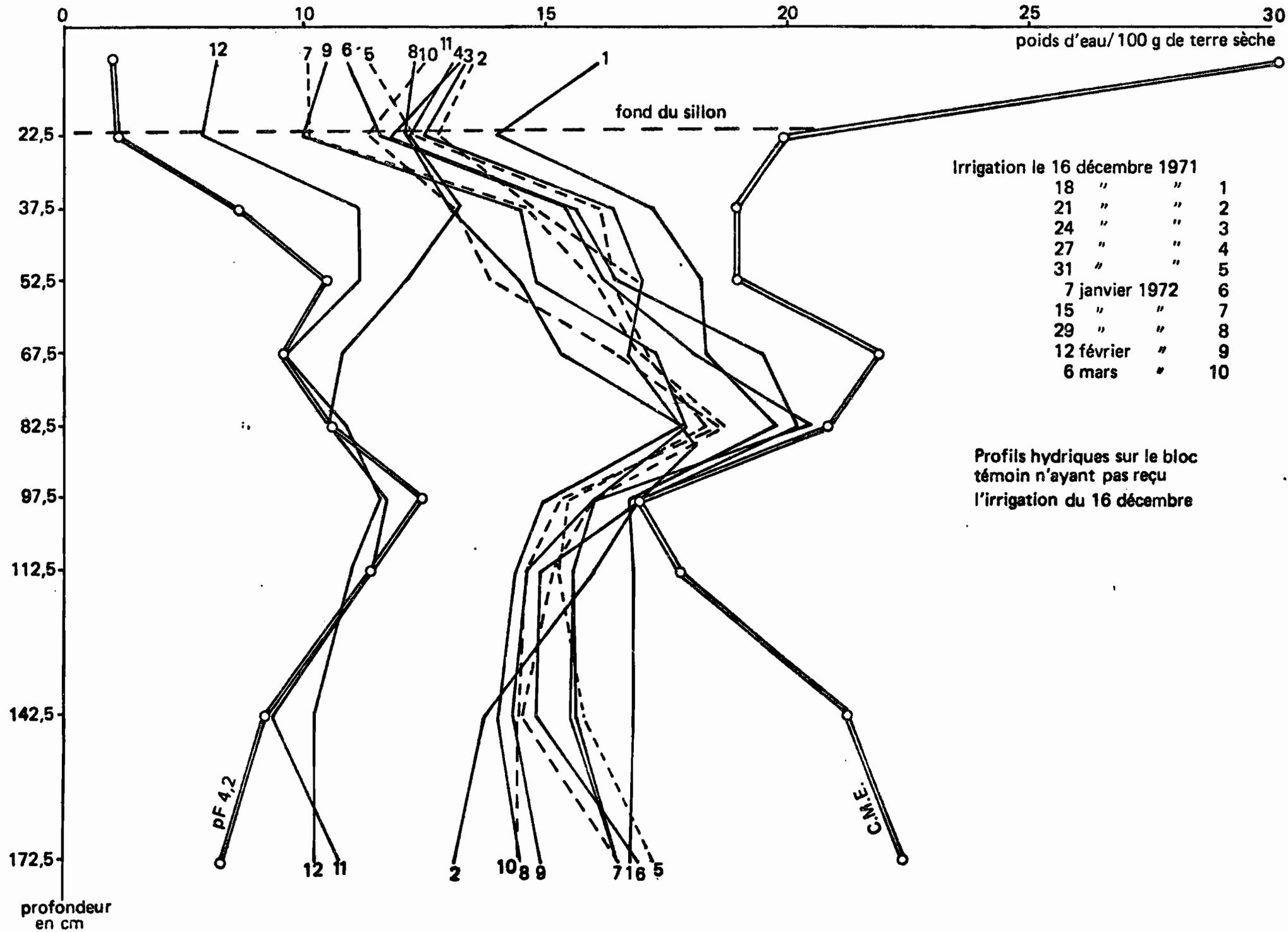
La figure 8 représente les profils hydriques obtenus jusqu'au 6 Mars 1972. L'allure des courbes est semblable à celle des profils établis sous culture avec la pic d'humidité caractéristique dans le niveau d'engorgement.

Après l'irrigation du 16 Novembre, le stock qui était auparavant au voisinage du point de flétrissement atteint un niveau très élevé (figure 7). Le profil du 18 Décembre n'est pas ressuyé dès la surface. Le ressuyage semble réalisé de 0 à 30 cm à partir du 21 Décembre ; mais il ne l'est pas dans le niveau 30-60 cm jusqu'au 31 Janvier. En profondeur, la réhumidification du sol a été irrégulière comme l'indique le profil du 21 Décembre, mais le niveau 165-180 cm apparaît généralement mal ressuyé jusqu'au 15 Janvier.

Du 21 Décembre au 7 Janvier : période sans pluie, les profils se regroupent dans une zone étroite et l'humidité apparaît stable au-dessous du billon, où tout au moins ses variations sont inférieures à la marge d'imprécision des mesures. Durant cette période l'évaporation superficielle se traduit par un dessèchement progressif mais limité au niveau du billon. Le stock d'eau diminue du 18 au 21 Décembre mais il se stabilise ensuite à des valeurs qui peuvent être rapprochées de celles atteintes par le stock d'eau en Avril, Mai et Juin, au maximum de dessèchement sous la culture irriguée : 220 mm de 0 à 90 cm et 570 mm de 0 à 180 cm.

Après le 7 Janvier, le dessèchement à la partie supérieure du sol s'accroît sensiblement et une très légère diminution de l'humidité apparaît aussi en profondeur. Le stock d'eau diminue pour se stabiliser à partir du 7 Janvier, et au moins jusqu'au 6 Mars, aux environs de 200 mm de 0 à 90 cm et de 430 mm de 0 à 180 cm ; cette stabilisation étant vraisemblablement favorisée par les pluies qui viennent compenser dans une certaine mesure le dessèchement à la partie supérieure du sol.

L'engorgement du niveau 75-90 cm se maintient jusqu'à la fin des mesures : 6 mars, et l'on peut comparer ce profil avec celui du 7 Mars établi sur le bloc témoin non irrigué. L'effet de l'irrigation est encore très marquant et le sol n'est pas encore totalement ressuyé après plus de 3 mois, malgré les diffusions latérales qui ont pu se produire.

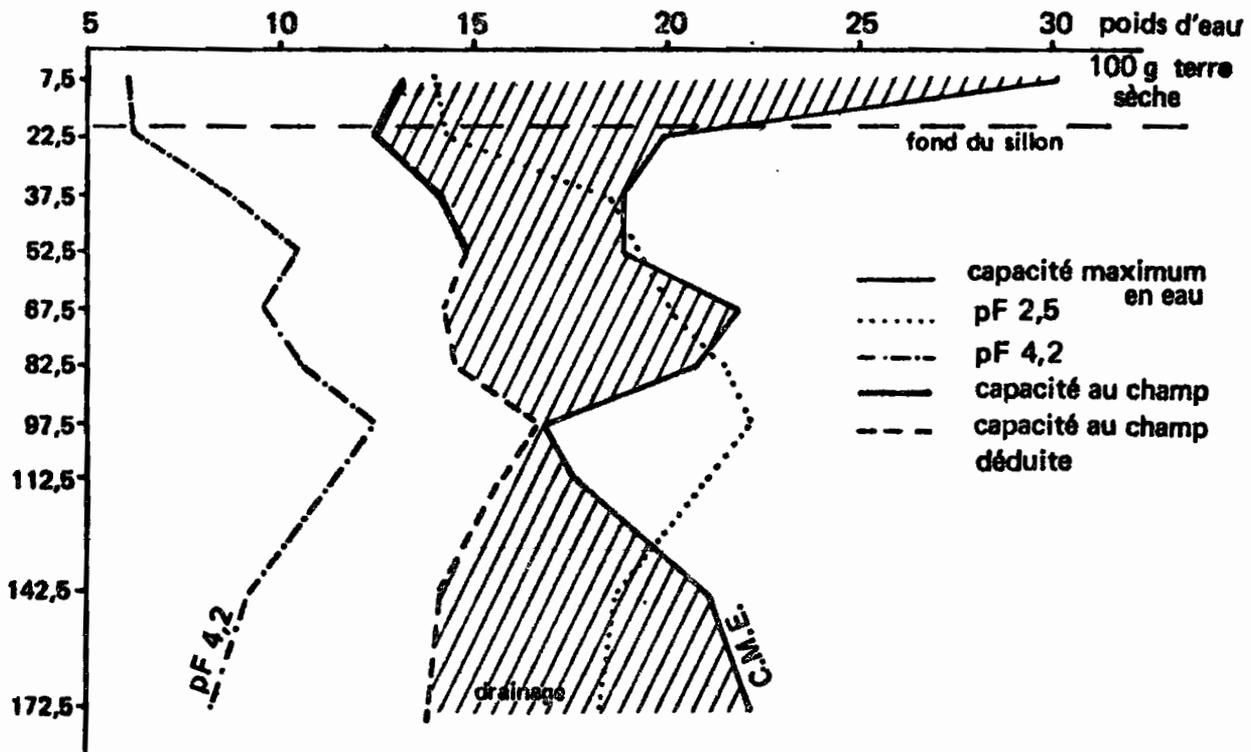


profondeur en cm

Irrigation le 16 décembre 1971

18	"	"	1
21	"	"	2
24	"	"	3
27	"	"	4
31	"	"	5
7 janvier 1972			
15	"	"	7
29	"	"	8
12 février	"	"	9
6 mars	"	"	10

Profils hydriques sur le bloc témoin n'ayant pas reçu l'irrigation du 16 décembre



On peut donc conclure que le drainage du sol est très lent et que le niveau limono-argileux de 90 à 105 cm possède une perméabilité très faible, provoquant la formation et le maintien prolongé d'un engorgement à sa partie supérieure.

4. 2 Caractéristiques hydrodynamiques

4.2 .1 Porosité et capacité maximum pour l'eau : tableau 3

La porosité a été calculée à partir de la densité apparente déterminée avec un densitomètre à membrane dans 4 fosses ouvertes après les dernières mesures d'humidité à raison de 2 mesures par fosse et par niveau, et de la densité réelle déterminée dans les deux profils de l'étude préliminaire où elle avait été estimée à 2,71.

La porosité est une donnée volumétrique, et pour la comparer directement avec les mesures d'humidité il est nécessaire de lui donner une expression pondérale ; on obtient alors la capacité maximale du sol pour l'eau (calculée en divisant la porosité par la densité apparente). Elle représente le poids d'eau contenu dans 100 g de terre sèche lorsque la saturation complète des vides est réalisée.

La capacité maximum du sol en eau, indiquée sur le graphique de la figure 9, présente un profil dont la différenciation correspond bien au profil granulométrique de la fraction argileuse. La valeur nettement plus élevée enregistrée en surface correspond au billon où la terre est peu tassée et où il existe de nombreuses cavités (travail du sol, binages), comme cela a été décrit au paragraphe 2. 1.

Les profils hydriques viennent s'appuyer contre la courbe de la capacité maximum dans le niveau fortement engorgé à 70-90 cm, de même que dans le niveau sous-jacent de 90-105 cm qui bloque le ressuyage (figures 3, 4 et 8). Il apparaît donc bien que sous l'engorgement le niveau 90-105 cm est aussi à saturation, et même à cet état d'humidité l'eau qu'il contient reste en grande partie bloquée, empêchant le ressuyage du sol, comme cela s'observe nettement sur le terrain. Cette convergence de mesures totalement indépendantes renforce la crédibilité des résultats obtenus pour chacune d'elles.

4.2 .2 Point de flétrissement, humidité équivalente et capacité au champ

Les courbes d'humidité au $p^F_{4,2}$ et au $p^F_{2,5}$ (figure 9) sont obtenues par des mesures de laboratoire sur des échantillons remaniés. Elles doivent être confrontées aux données recueillies sur le terrain, surtout pour le $p^F_{2,5}$, avant d'affirmer qu'elles représentent bien l'humidité au point de flétrissement et l'humidité équivalente à la capacité au champ dans le sol en place.

La courbe d'humidité au $p^F_{4,2}$ présente une différenciation verticale semblable au profil de la fraction argileuse (figure 2). Si on la compare aux profils hydriques établis au maximum de dessèchement du sol, après le 8 Octobre (figure 5), auxquels on peut joindre le profil de printemps du 22 Mars 1971, on constate que l'humidité effective du sol suit assez bien les valeurs obtenues au $p^F_{4,2}$. Une différence sensible apparaît cependant entre 45 et 90 cm, mais compte tenu de la marge d'erreur de nos mesures et de l'hétérogénéité texturale du sol à ce niveau, on peut considérer que la courbe d'humidité au $p^F_{4,2}$ doit être voisine de l'humidité du sol au point de flétrissement.

La figure 9 indique que l'humidité du $p^F_{2,5}$ est équivalente ou supérieure à la capacité maximum en eau sur la plus grande partie du sol, et il y a aussi incompatibilité avec les profils hydriques notamment dans les niveaux engorgés au-dessus de 90 cm. La courbe du $p^F_{2,5}$ ne représente pas l'humidité équivalente à la capacité au champ dans ce sol à profil hétérogène. D'ailleurs, l'humidité équivalente ne correspond pas à une valeur constante du p^F ; celle-ci varie en fonction de la texture, et le $p^F_{2,5}$ est par exemple trop faible dans les sols à texture fine. En outre, le traitement des échantillons a pu être trop brutal, notamment dans les horizons à structure grossière, et les particules obtenues après tamisage ne correspondent pas à des agrégats naturels existant dans le sol.

Les mesures d'humidité effectuées pour l'établissement des profils hydriques peuvent cependant être utilisées pour apprécier les valeurs de la capacité au champ dans les niveaux supérieurs bien ressuyés, notamment à partir des profils hydriques du sol en ressuyage après irrigation d'hiver (figure 8) :

- Profils du 21-24-27 Décembre 1971, du 29 Janvier, des 6 et 7 Mars 1972, pour le niveau 0-30 cm.
- Profils du 29 Janvier, 12 Février et 6 Mars pour le niveau 45-60 cm.

L'estimation de la capacité au champ à partir de ces profils est la suivante :

7,5 cm	: 13,2 %
22,5 cm	: 12,4 %
37,5 cm	: 14,1 %
52,5 cm	: 14,8 %

Les valeurs sensiblement plus élevées en surface, à 7,5 cm, par rapport au niveau 22,5 cm sont vraisemblablement dues à la présence de débris végétaux nombreux. On note aussi que la différence entre ces valeurs et celles du $p^F_{2,5}$ est limitée de 0 à 30 cm où la texture est riche en sable grossier.

Ces valeurs sont compatibles avec les profils hydriques établis en cours de culture. On remarque notamment que la capacité au champ estimée à

52,5 cm constitue un point remarquable de la figure 4 où les 3 zones de variations se rejoignent. Si l'engorgement s'est manifesté d'une façon intense à 82,5 cm, le mauvais ressuyage apparaissait généralement dès 67,5 cm, et on peut en effet penser que le niveau 52,5 cm a été facilement alimenté par remontée capillaire et qu'il a pu se maintenir au voisinage de la capacité au champ pendant une partie de l'année.

A partir de ces quatre valeurs de la capacité au champ, nous avons déduit des valeurs modulées pour chaque niveau en fonction du taux d'argile. Cette démarche n'est pas irraisonnable si l'on considère l'influence prédominante de l'argile sur la rétention en eau ; on note d'ailleurs une bonne corrélation entre la capacité au champ et le taux d'argile de 15 à 60 cm.

Ces valeurs ne représentent pas la capacité au champ mais elles permettent d'en évoquer les variations. La courbe qui en est tirée (figure 9) permet de mieux comprendre le comportement hydrique du sol, en la confrontant avec la courbe de la capacité maximum pour l'eau.

4. 3 Comportement à l'irrigation du sol

La courbe d'humidité à la capacité au champ de la figure 9, ainsi que celle du pF 2,5, indiquent une forte augmentation de l'humidité au niveau 90-105 cm. Ce maximum doit aussi exister à ce niveau dans le profil lorsque le sol est à la capacité au champ réelle.

La figure 9 illustre bien le rôle du niveau 90-105 cm vis-à-vis du drainage. L'humidité à la capacité au champ y est très voisine de la capacité maximum pour l'eau. La plus grande partie de l'eau contenue dans le sol à sa capacité maximum est retenue par les forces capillaires et ne peut pas s'écouler (on peut aussi remarquer que les échantillons prélevés dans ce niveau, immédiatement sous le niveau engorgé ne présentent jamais un aspect mouillé).

Le niveau 90-105 cm possède donc une très faible perméabilité qui limite le ressuyage du niveau supérieur où s'est installé l'engorgement entretenu par les irrigations successives. Le même phénomène s'est aussi produit avec le niveau plus argileux situé à 230 cm.

La texture de ce niveau 90-105 cm n'est pas excessivement argileuse et elle se caractérise surtout par une proportion équilibrée des fractions argileuse et limons fins, dont la somme atteint 60 % de la terre fine. La microporosité constitue l'essentiel de la porosité totale du matériau. Les fissures et l'activité biotique permettent cependant une faible perméabilité, mais celle-ci doit diminuer encore lorsque le sol s'humidifie, comme semblent le montrer les profils de la figure 8 à partir du 31 Décembre.

Les profils hydriques après irrigation (figure 3) et sous sol nu après l'irrigation d'hiver (figure 8) semblent bien indiquer qu'une diminution d'humidité se produit en profondeur au-dessous de l'engorgement lorsque celui-ci diminue d'importance. Ce phénomène pourrait être dû à une consommation d'eau en profondeur par les racines ; cette explication est

envisageable dans le cas des profils sous culture, mais la **ségrégation des** profils devrait mieux s'organiser en fonction du calendrier ; elle est difficilement admissible dans le cas des profils hydriques d'hiver sous sol nu.

Ainsi la stabilisation du stock d'eau pendant plus de 15 jours, dans le sol nu après l'irrigation du 16 Décembre (figure 7), ne correspond pas à la capacité de champ, puisque l'engorgement bien apparent sur le terrain est très net aussi sur les profils hydriques ; mais la valeur du stock d'eau (220 mm de 0 à 90 cm et 570 mm de 0 à 180 cm) peut être considérée comme une valeur caractéristique temporaire du sol après une irrigation traditionnelle. Rappelons que cette valeur se retrouve d'ailleurs pendant la première phase de développement de la culture et que par la suite les irrigations tendent à la **reconstituer**. Le deuxième palier de stabilisation du stock d'eau qui se prolonge après le 21 Janvier pendant plus d'un mois, correspondrait à un degré d'humidité sensiblement plus faible jusqu'en profondeur malgré la persistance de l'engorgement à 82,5 cm. La valeur du stock durant cette période (200 mm de 0 à 90 cm et 430 mm de 0 à 180 cm) peut aussi être considérée comme une valeur remarquable, faisant suite à la première et plus durable que celle-ci, dans ce sol à profil complexe soumis à l'irrigation.

5 - CONCLUSION

Le sol étudié présente une grande hétérogénéité texturale en fonction de la profondeur. Un niveau riche en argile et en limons fins de 90 à 105 cm possède une perméabilité apparemment très faible. Ce niveau limite le ressuyage du niveau supérieur et provoque le développement de l'engorgement qui a été entretenu par l'irrigation pendant toute la période irriguée sur une épaisseur qui a pu atteindre 15 cm.

Le développement des cotonniers, en particulier l'allongement des racines a modifié sensiblement le dessèchement à la partie supérieure du sol ; mais celui-ci a été limité en raison des apports d'eau fréquents et importants par l'irrigation, et les réserves hydriques du sol n'ont été que très faiblement mises à contribution pendant toute la durée des irrigations. A l'exception de la partie supérieure (0-45 cm), et à certains moments, du niveau 90-120 cm pendant la consommation de pointe en Août-Septembre, l'humidité s'est peu abaissée au-dessous de la capacité au champ ; dans le niveau 75-90 cm, elle semble même avoir toujours été supérieure à cette valeur pendant la période d'irrigation, sauf peut-être parfois en Août et Septembre.

L'irrigation empirique apparaît donc excessive et entraîne un gaspillage d'eau. Après la préirrigation une irrigation rationnelle doit être déterminée de façon à réhumidifier le sol jusqu'à la capacité au **champ** sur les 90 cm supérieurs. Toute quantité d'eau supplémentaire aura tendance à constituer dans ce type de sol un engorgement.

La présence de l'engorgement à une profondeur suffisamment importante n'a pas porté préjudice aux cotonniers qui ont au contraire bénéficié d'une alimentation hydrique optimale. Ils ont pris un développement luxuriant et rien ne permet d'affirmer que le rendement faible (tableau 4) en est une conséquence directe (il aurait été utile de faire un comptage des capsules). Mais la chute importante des capsules et la maturation tardive semblent bien liées à ce développement excessif. Le développement important de la masse végétale a entraîné des exigences en eau élevées, comme l'indique l'abaissement rapide du stock d'eau jusqu'au voisinage du point de flétrissement, après la dernière irrigation. La diminution journalière du stock d'eau est donnée à titre indicatif sur la figure 7 ; elle ne doit pas être considérée comme la consommation en eau journalière de la culture, compte tenu des conditions de mesure, mais on peut au moins considérer que les valeurs indiquées constituent une limite toujours supérieures à la valeur réelle de la consommation par la culture (sauf du 8 au 20 Octobre : 1 mm/jour et peut-être aussi du 27 Septembre au 8 Octobre : 6 mm/jour de 0 à 90 cm et 11 mm/jour de 0 à 180 cm).

Si le niveau limono-argileux apparaît à une profondeur moins importante, ou sur l'ensemble du profil, comme cela existe dans d'autres sols de la région, l'inconvénient sera beaucoup plus grave pour la pratique de l'irrigation. De toute façon les normes d'irrigation doivent être établies pour chaque type de sol en tenant compte de ses caractéristiques physiques.

Les profils de printemps (22 Mars 1971, 7 Mars et 3 Avril 1972) montrent que les pluies n'humidifient que la partie supérieure du sol, et le déficit hydrique demeure très important (figures 7 et 8). Cette humidité superficielle diminue très rapidement dès la reprise de la végétation (pour se rapprocher du point de flétrissement), comme l'indique les mesures du 3 Avril. Cette faible importance du stock d'eau après les pluies de printemps traduit l'aridité du climat et l'absolue nécessité d'avoir recours à l'irrigation pour la production agricole dans cette région.

TABEAU 1

Evolution du profil hydrique sous culture irriguée de coton

SOUHLA 1971

	22/3	7/4	16/4	28/4	29/5	26/6	30/6	5/7	12/7	16/7	20/7	24/7	28/7	2/8	6/8	10/8	16/8	20/8	24/8	28/8	3/9
0 - 15 cm	6.2		12.0	10.6	11.8	9.6	12.1	8.1	10.1	8.2	12.0	9.4	12.6	7.9	13.0	10.7	12.0	10.4	13.1	9.3	9.4
15 - 30 cm	7.0		11.0	12.7	12.8	10.6	12.5	8.0	10.4	7.8	11.1	9.4	11.6	8.7	13.5	11.0	11.4	9.4	14.7	8.9	10.3
30 - 45 cm	8.4		13.7	12.8	14.2	13.5	14.7	11.7	14.2	11.4	15.1	11.8	14.9	11.1	15.8	13.0	14.2	13.6	15.2	14.0	13.4
45 - 60 cm	8.6		14.8	15.8	16.1	15.9	15.8	14.9	15.1	14.2	15.6	13.6	16.3	12.4	16.5	14.1	13.9	14.9	16.6	14.4	14.2
60 - 75 cm	9.0		16.1	18.6	19.3	16.3	16.2	16.6	17.2	15.1	16.9	16.7	17.7	14.4	17.2	16.3	14.3	15.3	16.2	15.5	16.2
75 - 90 cm	10.1		20.2	21.0	20.6	19.6	18.5	17.0	21.3	18.6	18.7	18.5	19.5	13.0	19.2	18.3	12.4	16.6	17.6	16.7	18.7
90 - 105 cm	(2)		(2)	(2)	(2)	17.0	16.9	14.9	16.2	14.4	16.0	15.0	16.0	13.7	15.8	15.3	13.6	14.7	15.3	14.2	14.9
105 - 120 cm	10.6		14.7	16.5	16.0	15.3	15.4	14.1	15.6	14.5	14.5	15.0	15.3	13.2	15.1	14.9	12.1	14.2	15.0	13.3	14.5
135 - 150 cm	11.6		14.3	15.8	15.7	15.2	15.8	14.9	15.2	15.2	14.8	14.7	16.2	14.3	15.1	15.3	12.8	13.4	15.2	13.8	14.5
165 - 180 cm	11.7		14.5	16.4	16.4	16.8	16.4	15.7	16.7	16.1	16.0	16.2	16.3	15.6	17.2	16.8	16.0	16.1	15.9	14.1	14.7
	V		V	V	V	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P	V	P

V : avant irrigation

P : après irrigation

Médianes calculées sur 6 répétitions.

- (1) le 22/3/71 : 3 répétitions seulement (insuffisance de matériel).
- (2) le niveau 90-105 cm n'a pas été relevé au début de l'étude, faute de récipients en quantité suffisante.
- (3) les 20/10, 6/11 et 16/11, la dessiccation importante n'a pas permis de prélever les échantillons profonds en 6 répétitions. Les valeurs indiquées sont calculées comme des médianes à partir de 3 ou 4 valeurs connues et en considérant les valeurs absentes comme les plus faibles (dessèchement plus important).

6/9 10/9 14/9 18/9 22/9 27/9 8/10 20/10 6/11 16/11 16/12 18/12 21/12 24/12 27/12 31/12 7/1 15/1 29/1 12/2 6/3 7/3 3/4

9.3	12.4	10.3	13.5	10.0	9.0	7.0	6.1	5.1	11.1	9.9	16.1	13.5	13.4	13.2	11.4	10.9	10.1	12.3	10.5	12.5	13.1	8.2
9.2	11.8	9.4	12.8	9.9	8.6	7.0	6.0	5.8	8.3	9.0	14.0	12.8	13.0	11.8	12.3	11.6	10.1	12.1	10.0	11.3	12.2	7.9
12.8	14.4	12.5	15.2	11.9	13.0	6.8	8.1	8.3	7.4	9.5	17.2	14.8	16.4	15.4	16.1	15.6	14.6	13.0	14.5	14.1	13.2	11.1
13.2	16.0	13.4	15.2	13.7	13.8	9.9	8.8	8.6	6.9	9.1	18.2	16.9	17.0	16.2	16.4	16.5	16.0	14.5	14.8	14.9	12.1	11.1
14.6	16.4	13.7	17.0	15.4	15.4	9.9	8.1	7.1	(3)	(3)	18.4	16.8	16.7	18.1	17.1	19.5	16.9	15.3	17.3	16.4	10.8	9.6
17.9	16.6	14.5	21.3	14.9	18.4	11.1	9.1	(3)	(3)	(3)	19.8	18.5	17.8	20.5	18.3	20.2	18.7	17.7	17.9	18.6	10.5	10.9
14.8	14.6	13.0	17.4	15.0	14.8	11.9	11.3	8.6	10.2	9.0	16.7	16.9	16.0	16.0	15.5	17.0	16.0	15.0	16.0	15.3	11.7	11.6
14.0	14.6	12.3	16.2	14.3	14.4	11.2	10.6				16.8	16.0	15.6	15.6	15.3	14.9	15.1	14.4	14.6	14.6	11.4	11.0
14.2	14.0	12.4	15.5	14.2	14.6	10.8	10.7				16.8	13.7	15.6	15.5	15.8	14.8	14.5	14.0	14.3	14.4	9.3	10.2
15.0	14.6	13.7	15.9	14.4	15.1	11.6	13.7				16.7	13.1	16.5	16.5	17.2	16.9	16.5	14.5	14.9	14.4	10.6	10.2

V P V P V

Dessèchement après la
dernière irrigation du 22/9
Fin de culture

Reessayage après l'irrigation du 16/12/71
Sol sans culture

Reessayage
de
printemps
sans
irrigation

TABLEAU 2**Hauteur d'eau en mm**

	22/3	16/4	28/4	29/5	26/6	30/6	5/7	12/7	16/7	20/7	24/7	28/7	2/8	6/8	10/8	16/8	20/8	24/8	28/8	3/9
0 - 15 cm	13.4	26.0	23.0	25.6	20.8	26.2	17.5	21.9	17.8	26.0	20.4	27.3	17.1	28.2	23.2	26.0	22.5	28.4	20.2	20.4
15 - 30 cm	18.4	29.0	33.5	33.8	28.0	33.0	21.1	27.4	20.6	29.3	24.8	30.6	22.9	35.6	29.0	30.1	24.8	38.8	23.5	27.2
30 - 45 cm	22.5	36.7	34.3	38.0	36.2	39.4	31.3	38.0	30.5	40.5	31.6	39.9	29.7	42.3	34.8	38.0	36.4	40.7	37.5	35.9
45 - 60 cm	23.0	39.7	42.3	43.1	42.6	42.3	39.9	40.5	38.0	41.8	36.4	43.7	33.2	44.2	37.8	37.2	39.9	44.5	38.6	38.0
60 - 75 cm	22.9	41.0	47.4	49.2	41.6	39.5	42.3	43.9	38.5	43.1	42.6	45.1	36.7	43.9	41.6	36.5	39.0	41.3	39.5	41.3
75 - 90 cm	26.1	52.3	54.9	53.3	50.8	47.9	44.0	55.2	48.2	48.4	47.9	50.5	29.7	49.2	47.3	31.2	41.6	45.6	43.2	48.4
90 - 105 cm	27.5	46.3	50.0	48.6	47.4	47.1	41.6	45.2	40.2	44.6	41.8	44.6	38.2	44.1	42.7	37.9	41.0	42.7	39.6	41.6
105 - 120 cm	29.0	40.3	45.2	43.8	41.9	42.2	38.6	42.7	39.7	39.7	41.1	41.9	36.2	41.4	40.8	33.2	38.9	41.1	36.4	39.7
	29.4	38.6	42.9	42.1	40.5	41.5	38.5	40.9	39.4	38.9	39.9	41.8	36.5	40.4	40.1	33.1	36.8	40.1	36.0	38.5
135 - 150 cm	29.9	36.9	40.7	40.5	39.2	40.8	38.4	39.2	39.2	38.2	37.8	41.8	36.9	39.0	39.5	33.0	34.8	39.2	35.6	37.4
	29.7	36.8	41.1	41.0	40.8	41.1	39.0	40.7	39.9	39.3	39.4	41.5	38.2	41.2	41.0	36.7	37.7	39.7	35.4	37.3
165 - 180 cm	29.6	36.7	41.5	41.5	42.5	41.5	39.7	42.2	40.7	40.5	41.0	41.2	39.5	43.5	42.5	40.5	40.7	40.2	35.3	37.2
0 - 90 cm (1)	115.4	204.9	216.3	222.5	203.3	207.6	182.5	209.6	179.9	209.2	187.8	216.3	154.9	221.1	195.4	184.0	187.1	216.3	186.9	194.8
90 - 180 cm	174.1	235.6	261.4	257.5	252.3	254.2	235.8	250.9	239.1	241.2	241.0	252.8	225.5	249.6	246.6	214.4	229.9	243.0	218.3	231.7
0 - 180 cm	289.5	440.5	477.7	480.0	455.6	461.8	418.3	460.5	419.0	450.4	428.8	469.1	310.4	470.7	442.0	398.4	417.0	459.3	405.2	426.5

(1) le stock est calculé en tenant compte de la présence des billons à la partie supérieure
Coefficients de correction : 0.45 de 0 à 15 cm et 0.81 de 15 à 30 cm.

6/9	10/9	14/9	18/9	22/9	27/9	8/10	20/10	6/11	16/11	16/12	18/12	21/12	24/12	27/12	31/12	7/1	15/1	29/1	12/2	6/3	7/3	3/4
20.2	26.9	22.3	29.3	21.7	19.5	15.2	13.2	11.1	24.1	21.5	35.0	29.3	29.1	28.6	24.7	23.6	21.9	26.7	22.8	27.1	28.4	17.8
24.3	31.1	24.8	33.8	26.1	22.7	18.5	15.8	15.3	21.9	23.7	36.9	33.8	34.3	31.1	32.5	30.6	26.7	31.9	26.4	29.8	32.2	20.8
34.3	38.6	33.5	40.7	31.9	34.8	18.2	21.7	22.2	19.8	25.4	46.1	39.6	43.9	41.3	43.1	41.3	39.1	34.8	38.9	37.8	35.6	29.7
35.4	42.9	35.9	40.7	36.7	37.0	26.5	23.6	23.0	18.5	24.4	48.8	45.1	45.6	43.4	44.0	44.2	42.9	38.9	39.7	40.0	32.4	29.7
37.2	41.8	34.9	43.3	39.3	39.3	25.2	20.6	18.1	20.6	22.9	46.9	42.8	42.6	46.1	43.6	49.7	43.1	39.0	44.1	41.8	27.6	24.5
46.4	41.6	37.5	55.2	38.6	47.6	28.7	23.6	22.3	26.4	23.3	51.3	47.9	46.1	53.1	47.4	52.3	48.4	45.8	46.4	48.2	27.2	29.2
41.3	40.7	36.3	48.5	41.8	41.3	33.2	31.5				46.6	47.1	44.6	44.6	43.2	47.4	44.6	41.8	44.6	42.7	32.6	32.3
38.4	40.0	33.7	44.4	39.2	39.5	30.7	29.0				46.0	43.8	42.7	42.7	41.9	40.8	41.4	39.4	40.0	40.0	31.2	30.1
37.5	38.0	32.8	42.2	37.9	38.6	29.3	28.3				44.7	39.6	41.4	41.3	41.3	39.5	39.4	37.7	38.4	38.6	27.6	28.3
36.6	36.1	32.0	40.0	36.6	37.7	27.9	27.6				43.4	35.4	40.2	40.0	40.8	38.2	37.4	36.0	36.9	37.2	24.0	26.6
37.3	38.5	33.3	40.1	36.5	37.9	28.6	31.0				42.8	34.3	40.7	40.6	42.1	40.4	39.5	36.3	37.3	36.8	25.4	26.2
36.0	37.0	34.6	40.2	36.4	38.2	29.4	34.4				42.2	33.2	41.2	41.2	43.5	42.7	41.7	36.7	37.7	36.4	26.8	25.8
182.1	202.2	171.9	220.5	176.3	185.9	120.4	108.2	103.0	113.8	124.9	238.7	216.0	219.1	221.9	215.5	213.4	204.9	196.3	200.7	204.1	161.6	136.9
229.1	230.3	202.7	255.4	228.4	233.2	179.1	181.8				265.7	233.4	250.8	250.4	252.8	249.0	244.0	227.9	234.9	231.7	167.2	169.3
411.2	432.5	374.6	475.9	404.7	419.1	299.5	290.0				504.4	449.4	469.9	472.3	468.3	472.4	448.9	424.2	435.6	435.8	328.8	306.2

TABLEAU 3
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SOL IRRIGUE

Profondeur	Densité apparente	Porosité	Capacité maximum en eau	pF 4,2	pF 2,5	Capacité au champ *valeurs déduites
7.5 cm	1.49	45.0	30.2	6.1	14.0	13.2
22.5 cm	1.76	35.0	19.2	6.2	14.3	12.4
37.5 cm	1.79	33.9	10.9	8.7	18.5	14.1
52.5 cm	1.79	33.9	18.9	10.5	19.3	14.8
67.5 cm	1.70	37.2	21.9	9.6	20.1	14.3*
82.5 cm	1.73	36.1	20.8	10.6	21.5	14.6*
97.5 cm	1.86	31.3	16.9	12.5	22.2	16.7*
112.5 cm	1.83	32.4	17.7	11.4	21.0	15.8*
142.5 cm	1.72	36.5	21.2	9.2	18.85	14.2*
172.5 cm	1.69	37.6	22.3	8.3	18.40	13.9*

D. apparente : mesurée au densitomètre à membrane.

Porosité : calculée en utilisant une densité réelle de 2,71.

C.M.E.

pF 4,2 et 2,5: % H₂ par rapport au poids de terre sèche.

Capacité au champ : estimée d'après les mesures d'humidité au champ.

-

TABLEAU 4
RENDEMENT DU COTON SUR LES 4 BLOCS : ESSAIS D'IRRIGATION

(variete : Tadla 16)

Blocs	Poids par bloc de 300 m2 en Kg			Poids total	Rendement en Qx/ha
	1ère récolte 27/10/71	2° récolte 27/11/71	3° récolte 9/12/71		
I	21.00	2.15	3.00	26.15	8.7
II	10.50	16.50	8.00	35.00	11.6
III	24.00	12.10	10.50	46.60	15.5
IV	6.30	8.50	9.25	24.05	8.0
TOTAL	61.80	39.25	30.75	131.80	10.9

Témoins 5 ans
différence
significative