



HAL
open science

Action thematique Programmee. Modalites d'apport d'eau aux cultures. Compte rendu 1975

Gwendal Monnier, . Conseil Scientifique de Centre

► To cite this version:

Gwendal Monnier, . Conseil Scientifique de Centre. Action thematique Programmee. Modalites d'apport d'eau aux cultures. Compte rendu 1975. 100 p., 1975. hal-02859005

HAL Id: hal-02859005

<https://hal.inrae.fr/hal-02859005>

Submitted on 8 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

I.N.R.A.

—
CENTRE DE RECHERCHES
D 'AVIGNON

12 a
CONSEIL SCIENTIFIQUE DE CENTRE

—
GROUPE DE TRAVAIL
"PLANTE et CLIMAT"

ACTION THEMATIQUE PROGRAMMEE

" MODALITES D'APPORT D'EAU AUX CULTURES "

COMPTE RENDU 1975

C.R.A. D'AVIGNON
Domaine St-Paul
84140 MONTFAVET

Février 1976

REPARTITION DES TACHES

I - BILAN HYDRIQUE ET CONDITIONS MICROCLIMATIQUES

Station de Bioclimatologie : B. SEGUIN - O. de VILLELE

II - CINETIQUES D'HUMECTATION ET DE DESSICATION

DYNAMIQUE DES NITRATES DANS LE SOL - EVALUATION DES PROFILS RACINAIRES

CARACTERISATION DU TERRAIN EXPERIMENTAL

Station de Science du Sol : B. CABIBEL - G. MONNIER
(Coll. Techn. : Ph. BERTHIER, M. BOURLET, J.C. GAUDU*)

III - COMPORTEMENT HYDRIQUE DU VEGETAL

Station d'Amélioration des Plantes Maraîchères : E. POCHARD - SERIEYS
(Coll. Techn. : Mme PHALLY*)

Station de Bioclimatologie de Versailles : de PARCEVAUX - VALANCOGNE

Laboratoire d'Agronomie : P. CORNILLON
(Coll. Tech. : J. HOROYAN)

Nutrition Minérale

Laboratoire d'Agronomie : P. CORNILLON

Pathologie

Station de Pathologie Végétale : A. VIGOUROUX

Croissance et développement

Station d'Amélioration des Plantes Maraîchères et Laboratoire d'Agronomie
E. POCHARD, P. SERIEYS, P. CORNILLON

Conduite culturelle du dispositif expérimental

Service d'Expérimentation et d'Information (section d'Avignon)
P. DAUPLE

(Coll. Techn. : FABRE*)

Responsabilité générale de l'A.T.P.

G. MONNIER (Conseil Scientifique de Centre)

Dactylographie et édition

Services Généraux du Centre

* Mme PHALLY, MM. FABRE et GAUDU ont été pris en charge sur le budget propre de l'A.T.P.

PLAN

	Pages
<u>INTRODUCTION</u>	
I . <u>MISE EN OEUVRE EXPERIMENTALE</u>	2
1/ Modalités expérimentales	2
2/ Fiche culturale	3
II . <u>BILAN HYDRIQUE ET CONDITIONS MICROCLIMATIQUES</u>	5
1/ Rappel des mesures effectuées	5
2/ Estimation des consommations d'eau	5
3/ Conclusions	10
4/ Les mesures microclimatiques	10
III . <u>DISTRIBUTION DE L'EAU APPOREE DANS LE SOL</u>	18
1/ Mesures de l'humidité du sol	18
2/ Cinétiques d'irrigation et de dessèchement	18
3/ Conclusions	26
IV . <u>COMPORTEMENT HYDRIQUE DU VEGETAL</u>	28
1/ Variations des quantités d'eau et de matières sèches dans le feuillage	28
2/ Déficit de saturation	28
3/ Potentiel hydrique	32
4/ Résistance stomatique	32
V . <u>NUTRITION MINERALE</u>	37
1/ Lessivage des nitrates	37
2/ Diagnostic foliaire	40
VI . <u>PATHOLOGIE</u>	47
1/ Influence du mode d'irrigation sur le développement de la verticilliose	47
2/ Caractéristiques de la notation	47
3/ Résultats	47
4/ Conclusion, discussion	47
VII . <u>CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT</u>	48
1/ Indice foliaire	48
2/ Relation matière végétale produite-débit des capillaires	48
3/ Rythme de floraison et mise à fruit	49
4/ Grossissement du fruit	52
VIII . <u>PRODUCTION DE FRUITS</u>	57
1/ Résultats quantitatifs	57
2/ Résultats qualitatifs	57
IX . <u>CONCLUSION PARTIELLE SUR LES ASPECTS BIOLOGIQUES</u>	63
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	64

I N T R O D U C T I O N

Au cours de ces dernières années, se sont développées des techniques d'irrigation de conceptions fort différentes :

- aspersion en couverture totale;
- aspersion par arroseurs mobiles géants;
- irrigation dite "goutte à goutte" dont la dénomination peut recouvrir des réalités assez diverses quant à la localisation d'apport de l'eau et à sa continuité dans le temps.

La mise en oeuvre de cette dernière technique, sans étude agronomique préalable suffisante, n'a pas toujours été couronnée du succès escompté et les résultats obtenus ne sont que rarement susceptibles d'être analysés. Le "goutte à goutte" n'en intéresse pas moins déjà - dans la pratique - des surfaces relativement importantes, tant en plein air que sous serre. Ce mode d'apport de l'eau tend à devenir une technique d'irrigation localisée, continue et fertilisante permettant d'assurer à la plante une disponibilité élevée et permanente en eau et éléments nutritifs. Semblant susceptible de conduire à des économies d'eau parfois substantielles, cette technique devrait pouvoir augmenter l'efficacité de l'eau consommée.

Au plan strictement agronomique, la technique du "goutte à goutte" pose donc en des termes tout à fait nouveaux les problèmes d'optimisation du fonctionnement du système "distributeur d'eau-sol-plante-atmosphère" :

- analyse du fonctionnement du bulbe mouillé;
- analyse du fonctionnement hydrique du végétal dans les conditions très particulières d'une disponibilité élevée, localisée et continue de l'eau et des éléments fertilisants;
- évaluation des modifications microclimatiques liées à la mise en oeuvre de cette culture susceptibles d'expliquer une éventuelle économie d'eau ou une amélioration de son efficacité;
- appréciation des répercussions éventuelles de cette technique sur l'état sanitaire des cultures, sur la qualité de la production.

Ces problèmes relevant de plusieurs disciplines, la mise en place d'une action commune s'est opérée au niveau du Centre d'Avignon. Les objectifs en ont été, dans un premier temps, limités à l'analyse des conséquences d'une irrigation localisée, continue et fertilisante sur le comportement d'une culture maraîchère prise comme test.

La coordination des actions expérimentales et la responsabilité des opérations culturales étaient assurées par la section locale du S.E.I, tandis que les études spécifiques faisaient intervenir, chacune dans leur domaine, les Stations d'Agronomie, de Science du Sol, d'Amélioration des Plantes, de Pathologie Végétale, de Bioclimatologie.

Pour l'analyse du comportement hydrique du végétal, les Stations du Centre d'Avignon ont bénéficié de l'appui de la Station de Bioclimatologie de Versailles dont une équipe a pu effectuer une campagne de mesures durant quelques jours.

*
* *

I - MISE EN OEUVRE EXPERIMENTALE

1/ - MODALITES EXPERIMENTALES -

a) Choix du matériel végétal -

L'Aubergine a paru l'espèce maraîchère la plus intéressante pour un essai d'irrigation. Elle est, en effet, connue pour être très sensible aux erreurs d'arrosage. Sa période de production s'étend, sans interruption, de juillet à octobre.

De plus, on connaît des cultivars très différents en ce qui est de leur mode d'enracinement (profond ou superficiel) et de la structure de leur feuillage (faible et forte résistance à la diffusion de la vapeur d'eau).

Deux lignées fixées, issues d'un matériel effectivement cultivé dans la région, ont été choisies :

- " Ronde de Valence " lignée C : cultivar à enracinement superficiel et à forte transpiration en conditions de faible demande climatique en eau ;
- " Violette de Barbentane " lignée LF3 : cultivar à enracinement profond et à faible transpiration en conditions de faible demande climatique en eau.

Il devait ainsi être possible de savoir si la réponse du végétal au mode d'apport de l'eau peut varier selon son génotype.

b) Apport de l'eau -

Les objectifs retenus ont amené à mettre en comparaison deux techniques d'apport de l'eau et des éléments fertilisants :

- irrigation traditionnelle à la raie, bihebdomadaire, avec fertilisation fractionnée;
- irrigation localisée et fertilisante, quotidienne.

- Doses et fréquences -

Il a été admis de n'appliquer, cette année, aucun rationnement dans l'alimentation hydrique. Les quantités d'eau apportées ont donc correspondu, quelle que soit la technique mise en oeuvre, à la différence ETP - P

ETP : évapotranspiration maximale d'un gazon de fétuque

P : précipitations.

Dans le cas de l'irrigation localisée, l'apport d'eau se faisait quotidiennement, aux premières heures de la matinée (sauf exceptions).

Dans le cas de l'irrigation à la raie, l'apport d'eau se faisait deux fois par semaine (une irrigation systématique de 25 mm environ le jeudi et une irrigation de complément le lundi).

- Dispositifs d'arrosage -

Dans le cas de l'irrigation localisée, l'apport de l'eau se faisait par microtubes d'un diamètre intérieur de 0,7 mm et d'une longueur de 80 cm.

Travaillant sous 400 g/cm² de pression, chaque microtube débitait 1,2 l/h. Immédiatement après la plantation, chaque plant d'aubergine était arrosé par un microtube. La reprise assurée, les microtubes ont été regroupés, deux par deux et délivraient l'eau à mi-distance de deux plantes, sur la ligne de plantation.

Compte tenu de la densité de plantation (1 x 0,5 m), les points d'humectation se trouvaient donc espacés de 1 m et l'irrigation se faisait avec une intensité théorique de 2,4 mm/h. En fin d'essai, un contrôle des débits unitaires des microtubes en a mis en évidence la grande variabilité : dans les conditions normales de fonctionnement, ces débits variaient de 1,05 à 1,75 litre/h.

Dans le cas de l'irrigation à la raie, l'apport d'eau se faisait au niveau d'une interligne sur deux alors que, dans la pratique courante, l'arrosage se fait généralement au niveau de toutes les interlignes.

c) Dispositif expérimental (voir schéma n° 1) -

Le dispositif expérimental adopté était du type parcelles subdivisées.

- 1e élément de variation : mode d'irrigation 2 modalités
- 2e élément de variation : matériel végétal 2 cultivars.

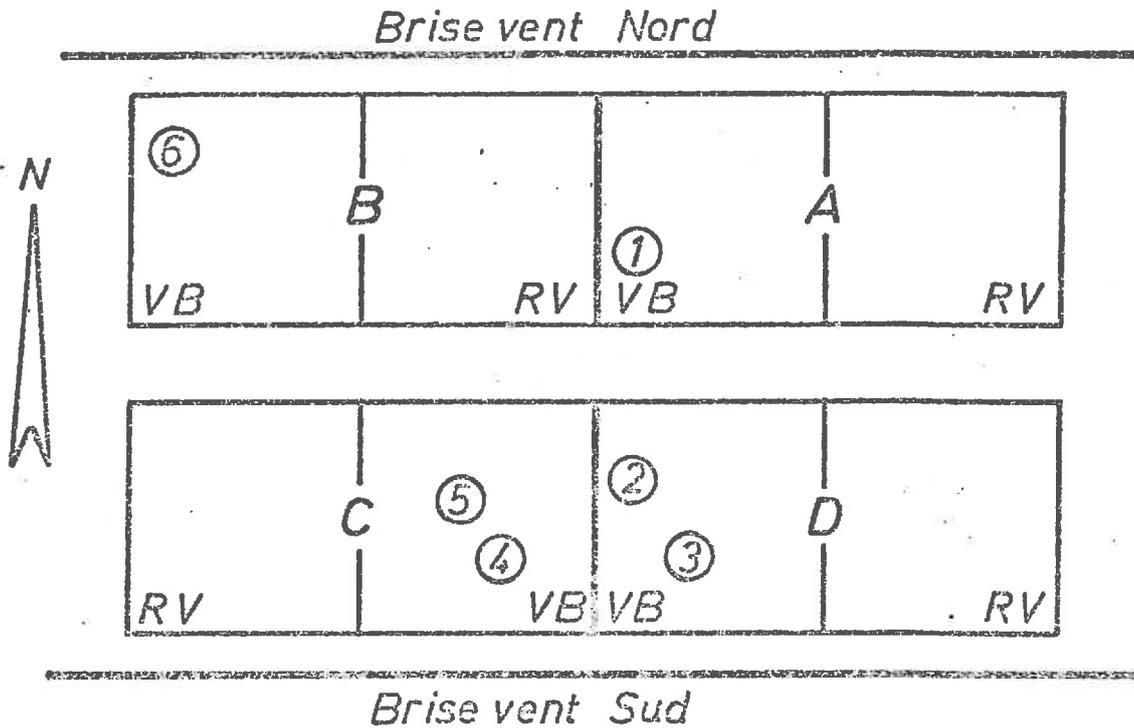
Afin que les observations et prélèvements puissent porter sur un matériel végétal assez abondant, les parcelles élémentaires étaient relativement grandes. De ce fait, le nombre de répétitions dut être limité à 2.

Compte tenu d'une certaine hétérogénéité du terrain, l'analyse des résultats agronomiques ne peut être qu'assez grossière.

2/ - FICHE CULTURALE - (voir annexe)

* * *

Schéma général du dispositif expérimental



- | | |
|-------------|--|
| A, C | PARCELLES IRRIGUÉES À LA RAIE |
| B, D | PARCELLES IRRIGUÉES AU GOUTTE À GOUTTE |
| 1, 2 | ÉVAPOTRANSPIROMÈTRES À DRAINAGE |
| 3, 4 | MESURES MICROCLIMATIQUES |
| 5, 6 | MESURES NEUTRONIQUES PLEIN CHAMP |
| VB | VIOLETTE DE BARBENTANE |
| RV | RONDE DE VALENCE |

Fig. n° 1

II - BILAN HYDRIQUE ET CONDITIONS MICROCLIMATIQUES

1/ - RAPPEL DES MESURES EFFECTUEES -

Dans le cadre de l'expérimentation 1975 sur Aubergine, la Station de Bioclimatologie était chargée de suivre l'évolution :

- d'une part des consommations d'eau,
- d'autre part des microclimats au niveau des cultures,

et d'effectuer les comparaisons de ces facteurs entre traitements à la raie et au goutte à goutte. Compte tenu de la difficulté de multiplier les points de mesure, ces comparaisons ont porté sur une seule variété, en l'occurrence la Violette de Barbentane.

L'implantation des points de mesure sur le terrain d'expérimentation est indiquée sur le schéma figurant en introduction.

2/ - ESTIMATION DES CONSOMMATIONS D'EAU -

Au cours de cet essai exploratoire, il fut décidé de réaliser des apports d'eau correspondant au déficit pluviométrique ETP-P mesuré en conditions normalisées sur une parcelle voisine.

ETP : évapotranspiration potentielle, appellation que nous convenons de donner à la valeur mesurée de l'évapotranspiration maximale d'un gazon de fétuque maillée.

P : précipitations.

- Objectifs -

Il est apparu indispensable de mesurer les consommations d'eau auxquelles conduisaient les deux techniques d'arrosage mises en oeuvre : irrigation à la raie, irrigation localisée dite "goutte à goutte".

- Protocole expérimental -

Deux évapotranspiromètres à drainage, plantés en aubergines, ont été installés l'un sur une parcelle irriguée à la raie, l'autre sur une parcelle irriguée au goutte à goutte. Ils ont été soumis à des apports d'eau identiques (doses, fréquences) à ceux appliqués alentour.

La consommation d'eau de la culture devait pouvoir s'estimer lors de la fermeture du bilan hydrique, soit en cours de culture si les arrosages donnaient lieu à drainage, soit en fin de culture s'il apparaissait alors indispensable de procéder à un arrosage massif pour provoquer un drainage mesurable.

ET aubergine = Irrigation + Précipitations - Drainage.

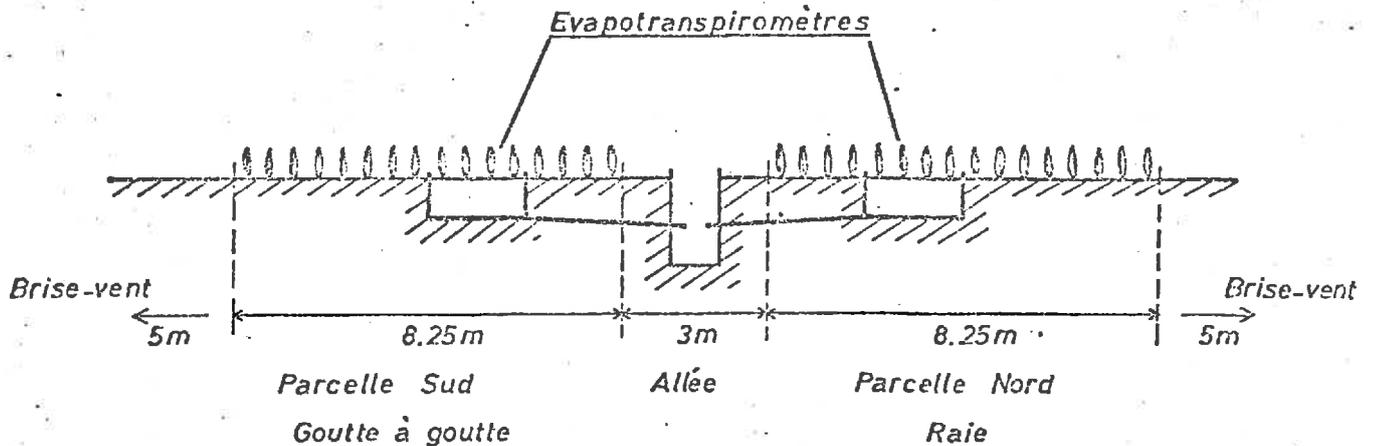
- Dispositif -

Les évapotranspiromètres utilisés avaient une section rectangulaire de 2.00 m x 1.00 m et une profondeur de 1.00 m. Enterrés de 90 cm, ils ont été remplis d'abord d'une couche de 15 à 20 cm de matériaux drainants, puis de 70 à 75 cm de sol trouvé sur place. Le remplissage s'est fait dans l'eau, horizon par horizon, de manière à retrouver rapidement un profil quasi normal. Le drainage se faisait par écoulement libre.

La plantation s'étant effectuée aux écartements de 1.00×0.50 , quatre plants d'aubergines ont été mis en place dans chaque évapotranspiromètre, sur une ligne médiane dans le sens de la longueur.

Dans le cas de l'évapotranspiromètre "Raie", un sillon a été tracé (sensiblement dans le prolongement de la raie d'irrigation) pour recevoir les apports d'eau correspondant à une surface de 2 m^2 .

Dans le cas de l'évapotranspiromètre "goutte à goutte", quatre "microtubes" délivraient l'eau aux aubergines correspondantes, aux mêmes moments et à des doses supposées les mêmes qu'alentour.



— IMPLANTATION DES EVAPOTRANSPIROMETRES —

- Conduite du dispositif -

L'irrigation à la raie se faisait en deux arrosages par semaine, le premier avait lieu le jeudi et correspondait à un apport de près de 25 mm , le second intervenait le lundi et permettait d'ajuster le volume des apports d'eau au niveau ETP-P de la semaine écoulée.

L'irrigation "goutte à goutte" se faisait par apports quotidiens, aux premières heures de la matinée et correspondait à la valeur ETP-P mesurée la veille.

Les eaux de drainage étaient mesurées quotidiennement.

- Résultats -

Les mesures se sont poursuivies de début juin à mi-septembre. Il convient de signaler les difficultés que nous avons rencontrées lors du dépouillement et d'indiquer les méthodes que nous avons adoptées.

1) Lorsqu'il y avait drainage nous avons supposé qu'il n'y avait aucun emprunt au stock d'eau du sol.

En fait il semble bien qu'il y ait eu emprunt progressif d'une petite partie des réserves et que la reconstitution ne s'en soit effectuée qu'en fin de culture, à la suite de fortes pluies.

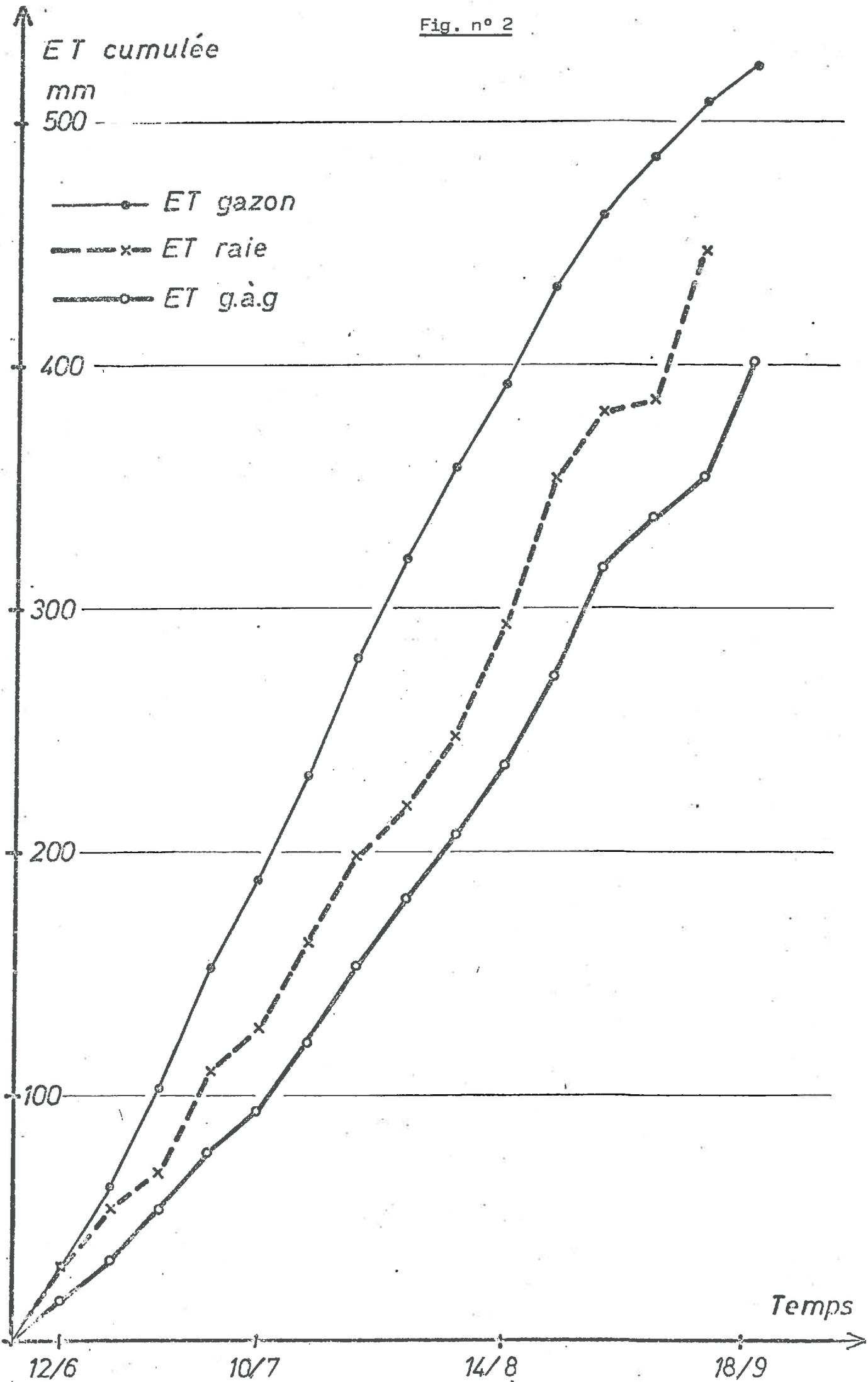
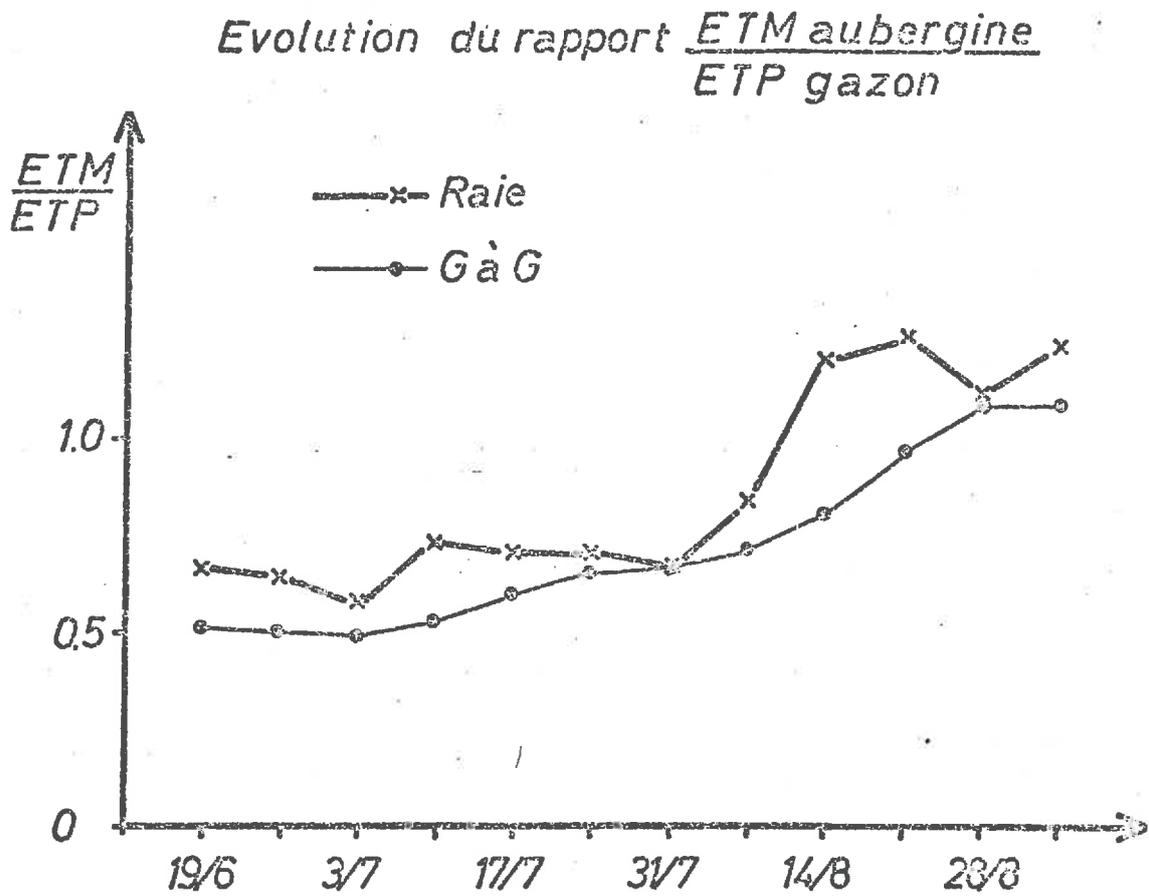


Fig. n° 3



Il apparaît essentiellement que les consommations d'eau de l'aubergine, sur l'ensemble de la période de culture, ont été inférieures à l'ETP adoptée comme référence et que les deux modes d'irrigation ont conduit à des consommations d'eau assez différentes l'une de l'autre :

- . ETP référence/gazon : 510 mm
- . ETM aubergine/raie : 445 mm
- . ETM aubergine/g.à g. : 355 mm

Les valeurs du rapport ETM/ETP évoluent régulièrement avec l'augmentation de l'indice foliaire, de la plantation à la fin de la période de récolte. Cependant, dans le cas de l'irrigation au goutte à goutte, malgré un développement de l'appareil végétatif significativement supérieur à celui observé avec l'irrigation à la raie (1,8 contre 1,3), les valeurs du rapport ETM/ETP sont toujours plus faibles que dans l'autre traitement (fig. 3).

(Les valeurs élevées de ce rapport observées en fin de période correspondent certainement à la reconstitution des réserves hydriques précédemment exploitées, particulièrement dans le cas de l'irrigation à la raie. Cette reconstitution des réserves s'est faite à partir des pluies tombées fin août - début septembre).

3/ - CONCLUSIONS -

Il semble que l'on puisse admettre que la technique d'irrigation localisée conduise à une économie d'eau. Par ailleurs, les rendements ayant été systématiquement augmentés de 25 à 35 %, il est permis de conclure à une amélioration significative de l'efficacité de l'eau consommée. Il reste à déterminer les taux de rationnement auxquels cette technique permettrait de descendre.

*

4/ - LES MESURES MICROCLIMATIQUES -

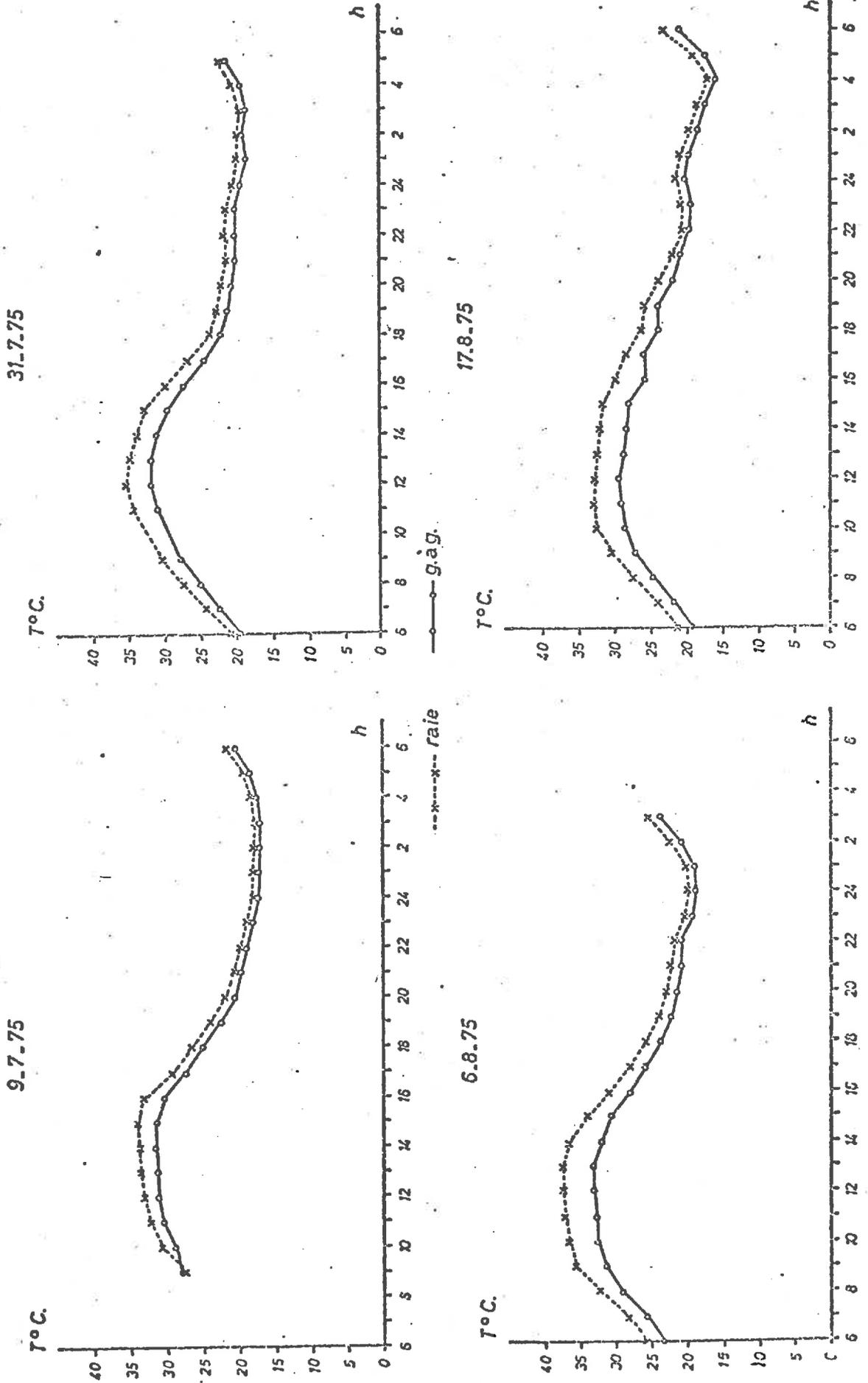
Le microclimat ambiant a été caractérisé par des mesures de température de l'air à 5 niveaux (100, 75, 50, 25 et 5 cm) de température du sol à -10 cm et d'humidité de l'air à 1 niveau (50 cm).

Les mesures ont été effectuées en continu, avec sortie des valeurs moyennes à l'échelle horaire, pour la période du 7 juillet au 23 août (avec des coupures accidentelles à l'occasion de pannes, soit dans l'alimentation, soit dans le système d'acquisition).

Les informations essentielles que l'on peut tirer de cette série d'observations sont les suivantes.

a) Température de l'air - (fig. 4,5,6)

Compte tenu de la dimension restreinte de la tache d'humidification superficielle due au goutteur, on peut interpréter séparément les mesures effectuées à 5 cm d'une part (donc immédiatement au-dessus de cette tache et sans signification réelle pour la culture) et les mesures aux niveaux supérieurs entre 25 et 100 cm (plus représentatives du microclimat effectif au niveau des feuilles).

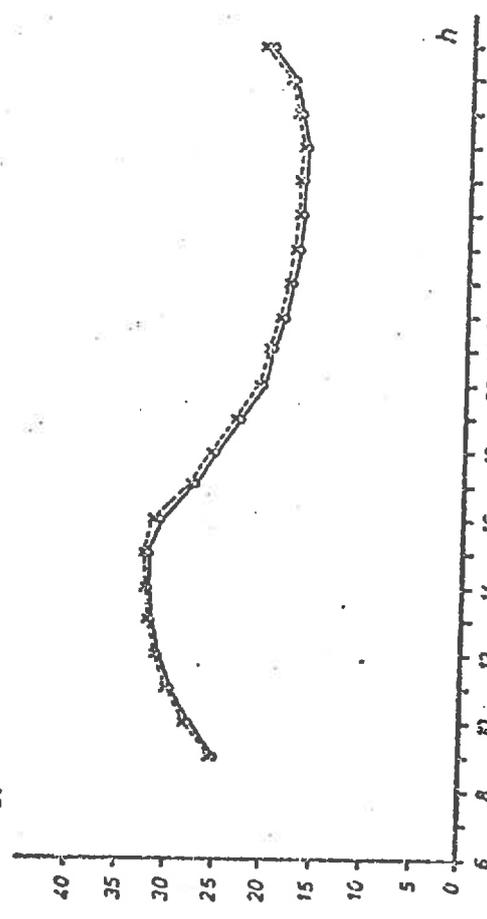


— Températures de l'air à + 5cm. —

Fig. n° 5

9.7.75

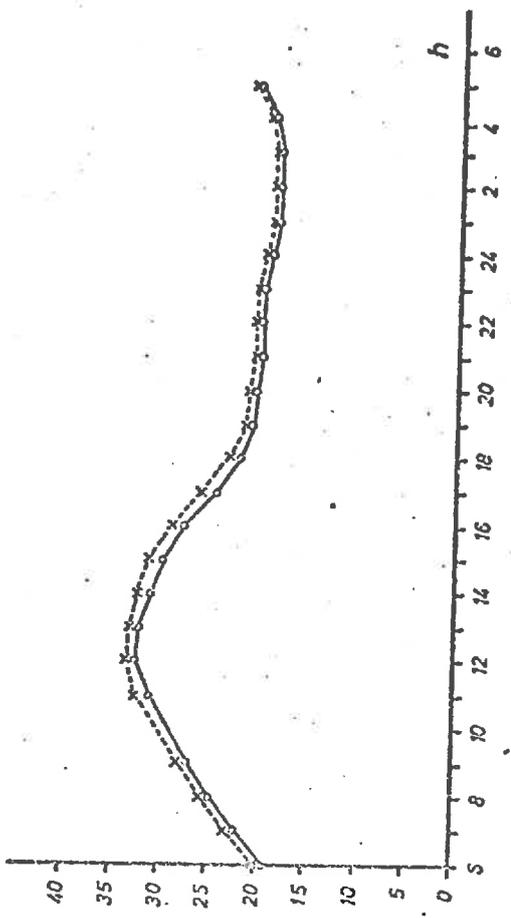
T°C.



---*--- r.a.f.e.

31.7.75

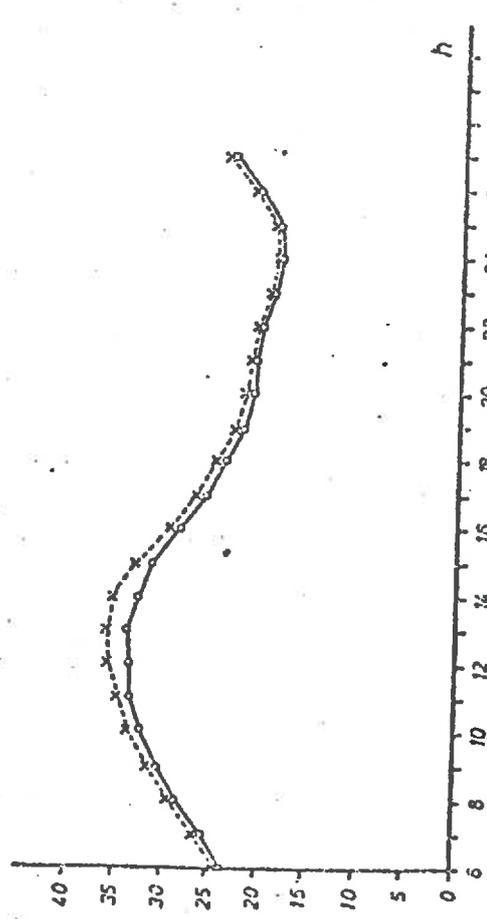
T°C.



—○— g.à.g.

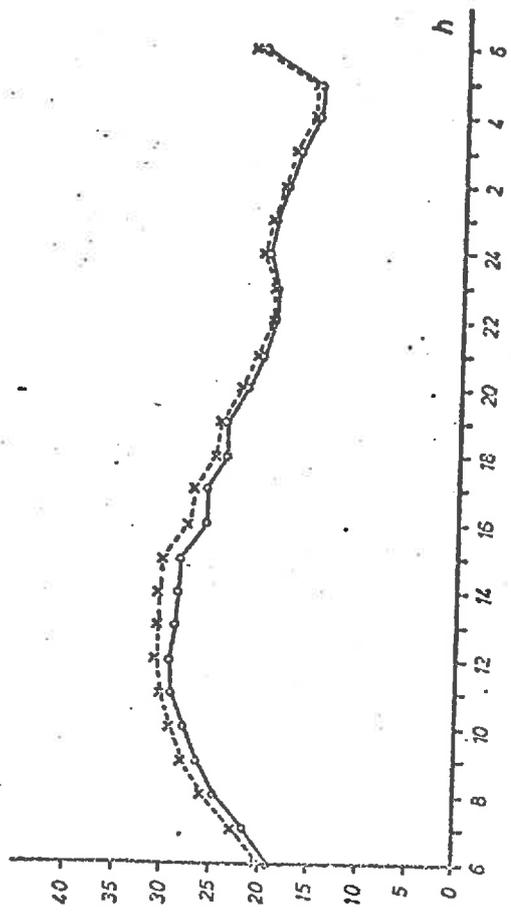
6.8.75

T°C.



17.8.75

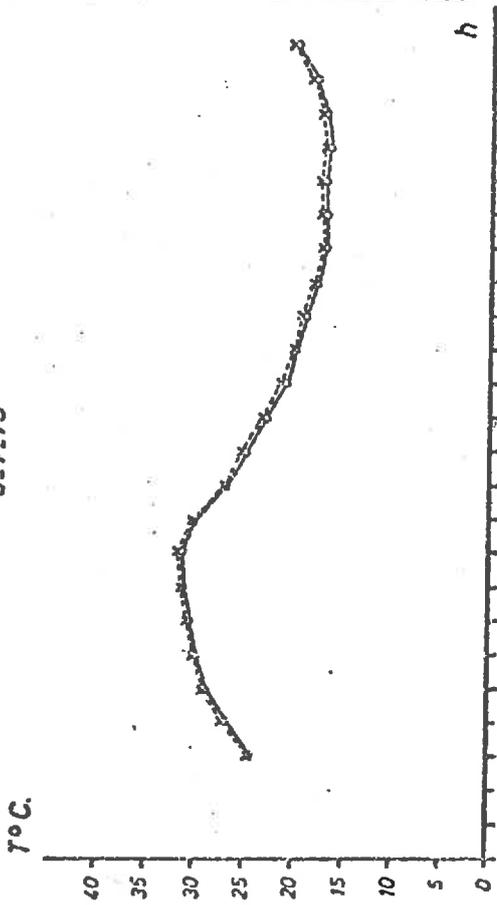
T°C.



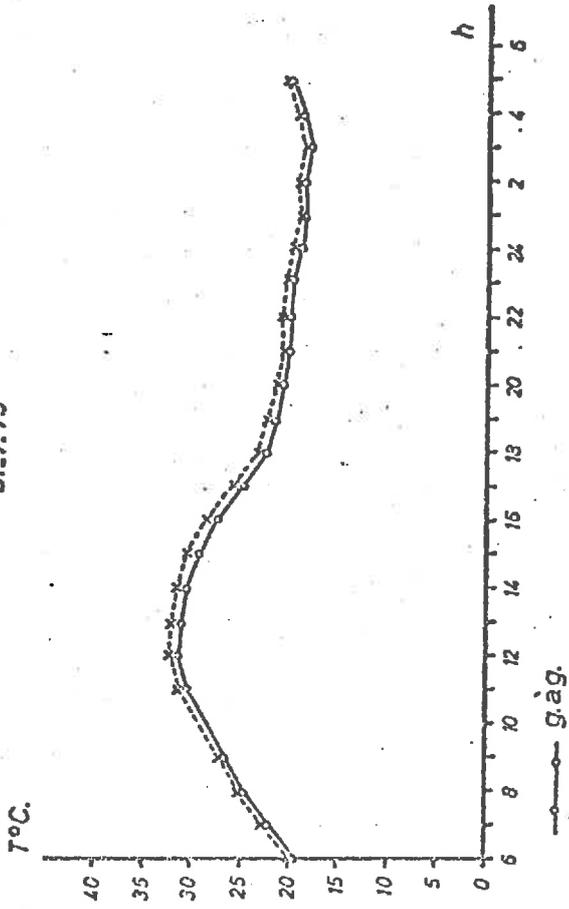
— Températures de l'air à + 25cm. —

Fig. n° 6

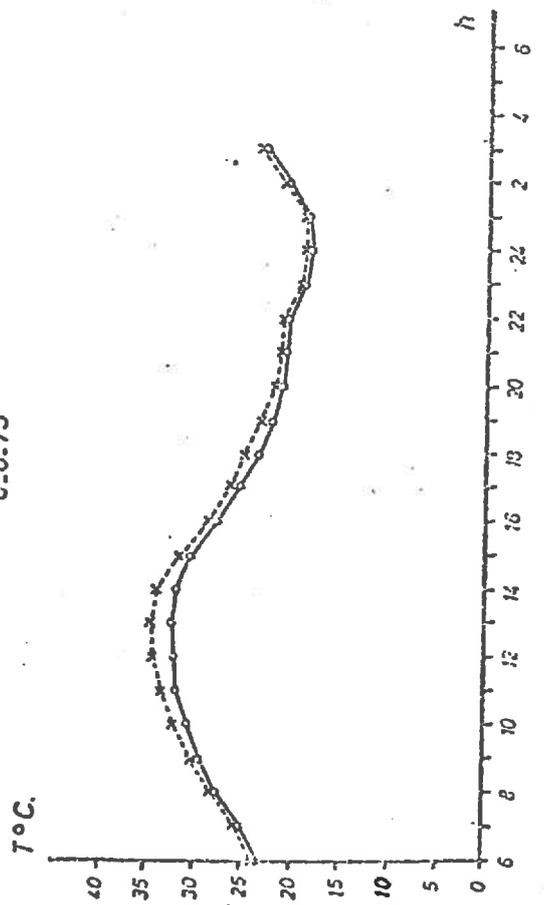
9.7.75



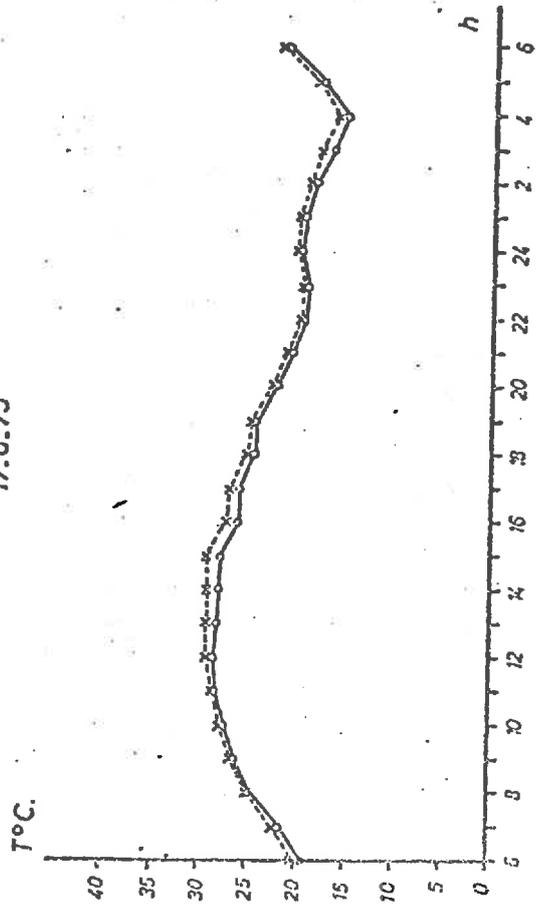
31.7.75



6.8.75



17.8.75



Températures de l'air à +1m.

Ainsi que l'on pouvait le prévoir, la température à 5 cm est régulièrement plus basse pour le traitement goutte à goutte, par suite de l'humectation de la surface qui limite l'échauffement de jour. On peut noter que l'écart entre les deux traitements (qui est de l'ordre de 2° de jour et de 1° de nuit en juillet) s'accroît progressivement au cours de la période de mesures pour atteindre 3° vers le 20 août, la valeur de nuit restant inchangée.

Pour les hauteurs supérieures, l'écart entre les deux traitements est très faible au début de la période de mesures (par exemple 0,5° à 25 cm et 0,3° à 100 cm le 9.07). L'influence du gouteur semble donc limitée au voisinage immédiat de la tache d'humectation. Par contre, cet écart se creuse peu à peu au cours du temps et de façon presque aussi sensible à 100 cm qu'à 25 cm ainsi que le prouvent les données des journées suivantes prises comme témoin :

	<u>09.07</u>	<u>31.07</u>	<u>06.08</u>	<u>17.08</u>
25 cm	0.5	1.0	2.0	2.2
100 cm	0.3	1.0	2.0	1.6

Ecart entre les températures à la même hauteur pour les deux traitements mesurés en début d'après midi.

Il semble donc apparaître progressivement un abaissement de température de l'ensemble du milieu aérien en contact avec la culture. Il n'est pas possible de séparer les deux hypothèses qui peuvent être formulées à ce sujet : extension progressive de l'influence de la tache de l'humidification au microclimat ambiant ou résultante d'un comportement hydrique différent des cultures dans les deux traitements (ou combinaison de ces deux facteurs). Les données de la Station de Bioclimatologie de Versailles devraient permettre d'apporter des éléments de réponse dans ce domaine.

b) Humidité de l'air - (Fig. 7, 8)

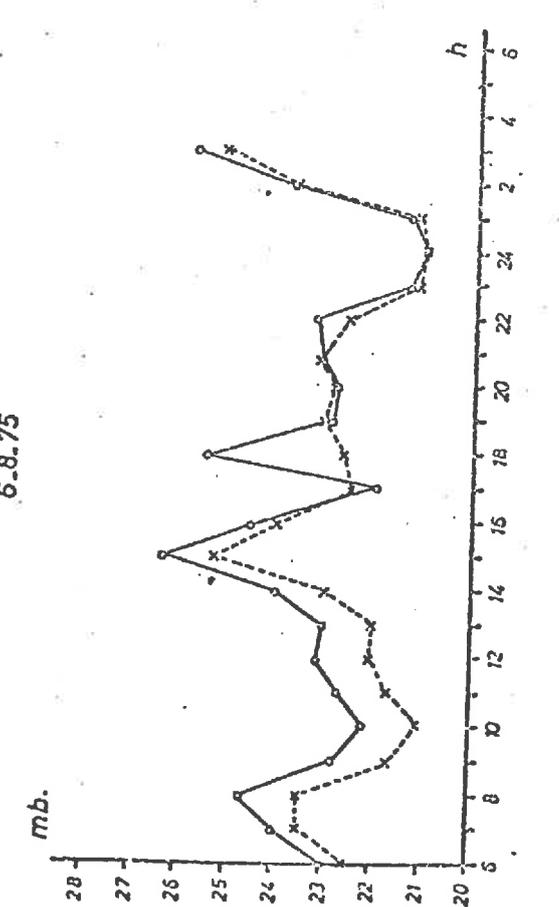
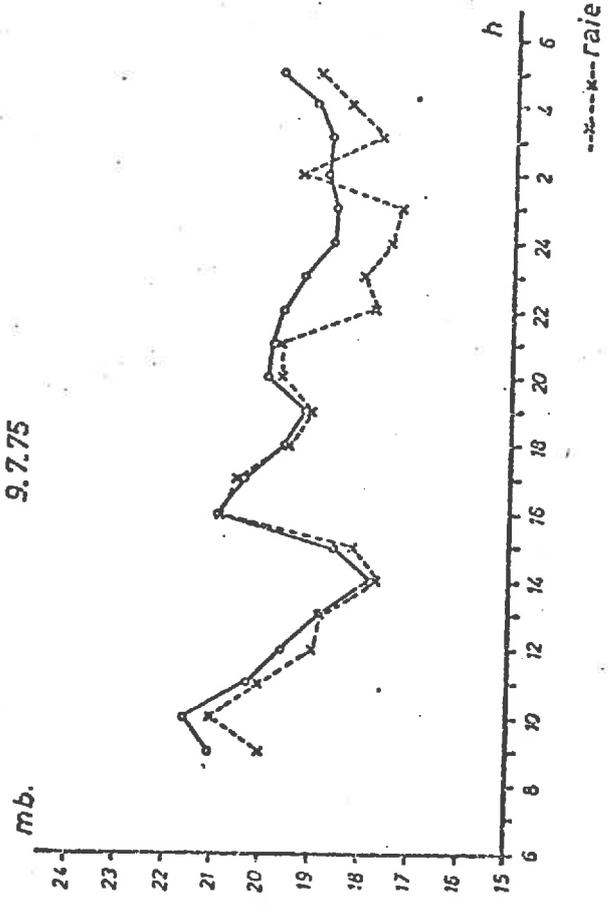
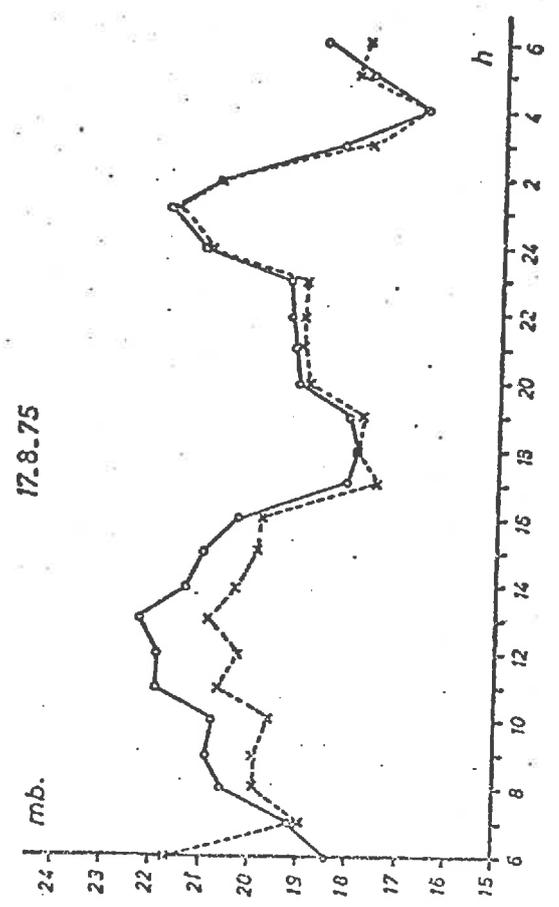
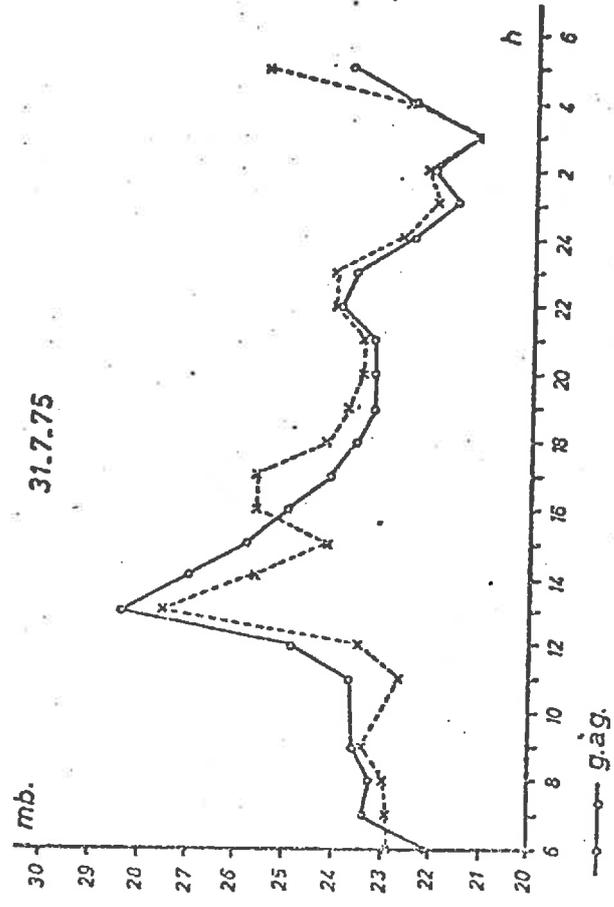
Les mesures d'humidité de l'air, effectuées indépendamment des mesures précédentes, montrent la même tendance. La tension de vapeur au niveau du feuillage (50 cm), pratiquement équivalente dans les deux traitements en début de période, devient progressivement plus importante dans le cas du goutte à goutte (écart de 1.0 mb au 31.07; 1.2 mb au 06.08; 1.5 mb au 16.08). Il s'ensuit une évolution à peu près similaire pour l'humidité relative avec des écarts un peu différents compte tenu de l'abaissement simultané de la température de l'air.

c) Température dans le sol - (Fig. 9)

Les relevés à -10 cm mettent en évidence une réduction à l'intérieur du bulbe du goutte à goutte. Cette réduction est stable (de 1.5 à 2°) sur toute la période de mesures de nuit. De jour, on note une montée plus rapide le matin dans le goutte à goutte, qui peut être temporairement plus chaud. Cette montée est stoppée, vers 11 - 12 H, par contrecoup du déclenchement de l'irrigation vraisemblablement et le goutte à goutte redevient plus froid (de 1° en juillet à 3° d'écart fin août) pour tout l'après-midi.

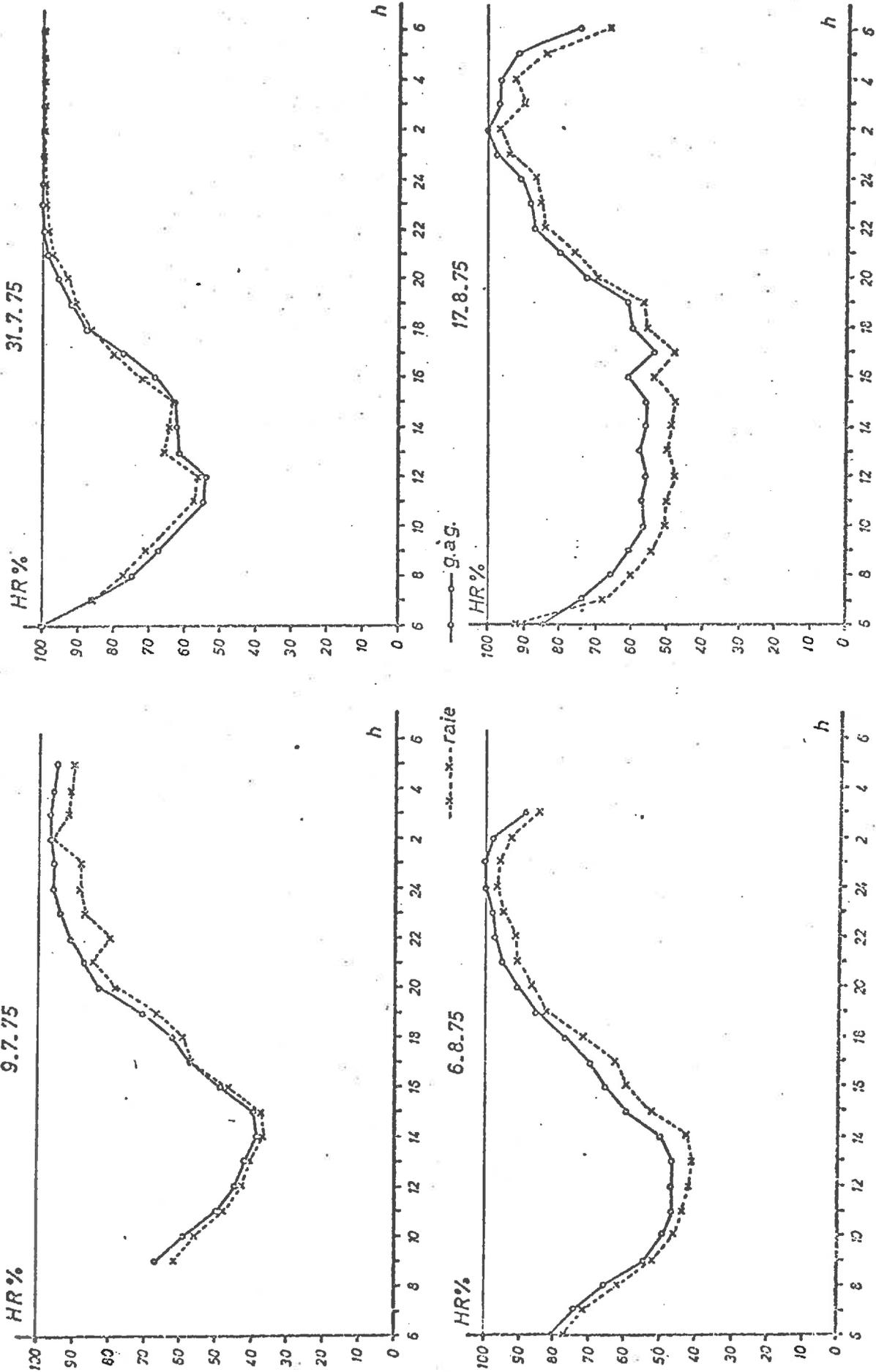
d) Conclusions brèves -

Le microclimat est assez nettement modifié très près du bulbe d'humidification, ainsi que l'on pouvait s'y attendre (réduction de l'interface air-sol d'environ 2 à 3° dans les deux milieux). Cet écart évolue pendant la période de culture. Il semble ainsi déplacer peu à peu l'ensemble du milieu atmosphérique de la culture, dans le sens d'une tendance à la réduction des contraintes exercées par le climat. Le milieu semble ainsi légèrement plus favorable à la plante mais le déplacement créé est faible. Il est difficile d'en évaluer les conséquences agronomiques directes indépendamment des autres facteurs étudiés par ailleurs.



Tension de vapeur actuelle (+50cm)

Fig. n° 8

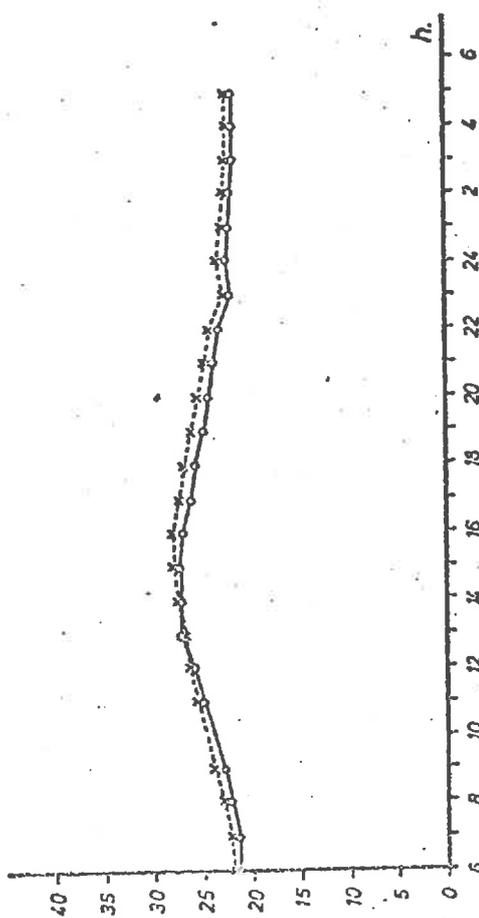


Humidité relative à 50 cm

Fig. n° 9

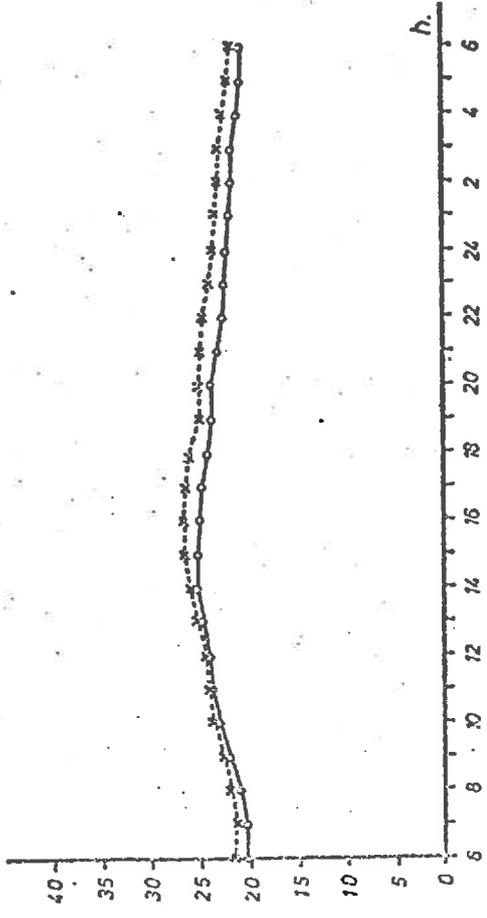
31.7.75

T°C.



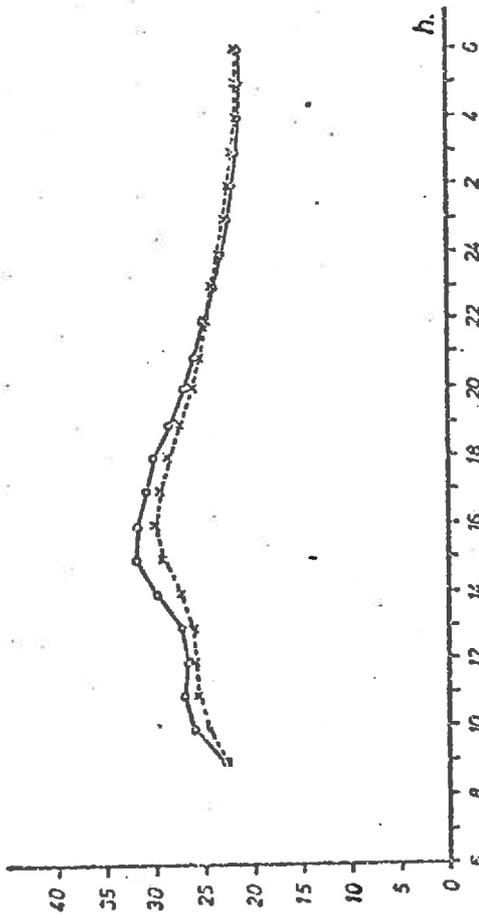
17.8.75

T°C.



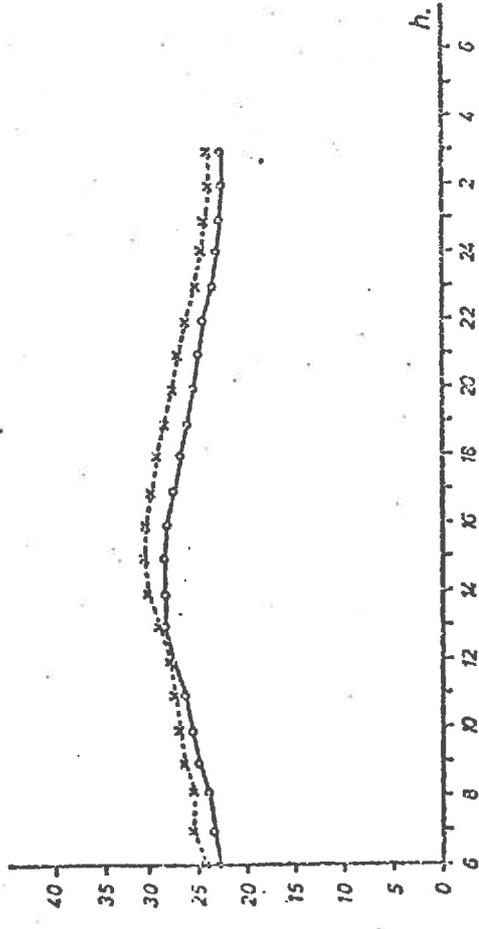
9.7.75

T°C.



6.8.75

T°C.



g. à g.

raie

Températures dans le sol à -10cm. —

III - DISTRIBUTION DE L'EAU APPORTEE DANS LE SOL

1/ - MESURES DE L'HUMIDITE DU SOL -

a) In situ -

Les cinétiques d'humectation et de dessèchement du sol en fonction du type d'irrigation sont étudiées dans les parcelles expérimentales plantées en "Violette de Barbentane". Elles sont établies à partir de mesures neutroniques effectuées à l'aide d'une sonde densité-humidité de type NEA.

Pour permettre les mesures, une implantation de tubes pour sondages neutroniques a été réalisée dans quatre situations caractéristiques : irrigation raie plein champ, irrigation par capillaire plein champ, irrigation raie dans lysimètre, irrigation par capillaire dans lysimètre. Dans ces deux dernières situations, les tubes ont été placés lors du remplissage des cuves à la mise en place des lysimètres dans les parcelles expérimentales. Dans les situations plein champ, la mise en place des tubes a suivi la mise en place de la culture.

Les dispositions relatives des tubes par rapport aux plantes et au système d'irrigation (fig. n°10), associées à un pas vertical de mesures fixé à 10 cm, devaient permettre - dans chaque situation considérée - une prise optimale des informations nécessaires à l'étude des répartitions de l'eau apportée dans le sol par irrigation.

b) Au laboratoire -

Les mesures d'humidité sont obtenues par séchage à 105°C d'échantillons de sol prélevés par sondage destructif. Pour l'ensemble des parcelles plein champ des cartographies de l'état d'humidité du sol ont ainsi été obtenues à un moment t donné fixé par rapport à la dernière irrigation effectuée.

2/ - CINETIQUES D'IRRIGATION ET DE DESSECHEMENT -

a) Système d'irrigation à la raie plein champ -

L'analyse des cinétiques hydriques schématisées aux figures n° 11 et n° 12 montre :

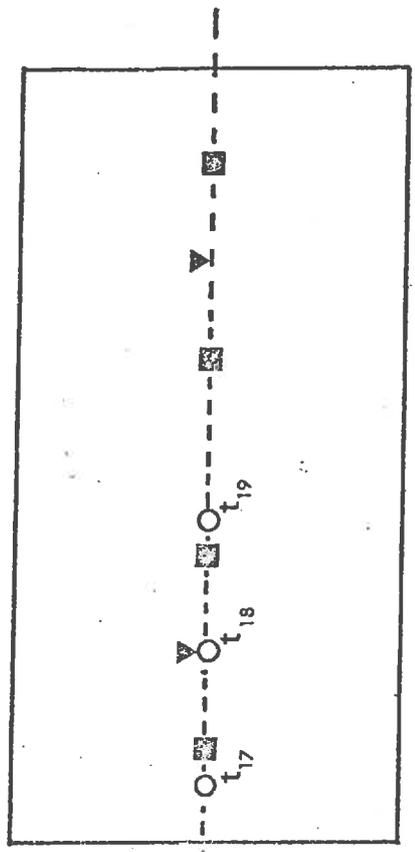
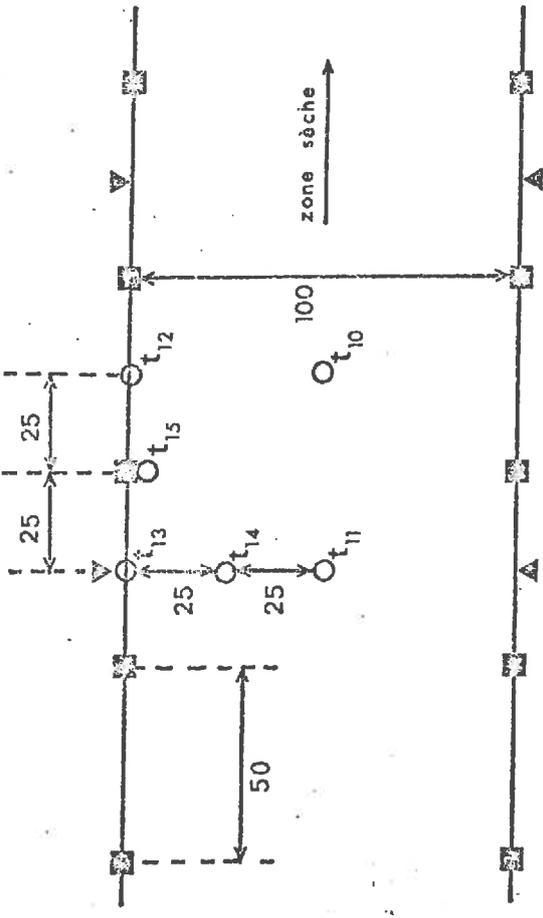
- Que sous irrigation, il y a propagation dans le sol d'un front d'humectation, d'allure parabolique, se déplaçant perpendiculairement au plan de la raie d'irrigation, à partir d'une zone saturée centrée sous la raie d'irrigation et dont l'extension en profondeur est fonction de la dose d'eau apportée.

La fissuration, due à la dessiccation, très importante dans les raies d'irrigation est à l'origine d'une pénétration primaire turbulente de l'eau apportée au sol; elle provoque vraisemblablement l'approfondissement de la zone saturée, donc du niveau de fonctionnement du système.

- Que le plan horizontal de diffusion maximale de l'eau dans le sol se situe généralement à une profondeur voisine de celle de la zone saturée d'alimentation.

- Que la zone humide atteint latéralement la verticale passant par l'axe de la zone sèche située entre deux raies d'irrigation. Il y a donc sous cette zone sèche interpénétration des fronts d'humectation provenant de deux raies d'irrigation voisines.

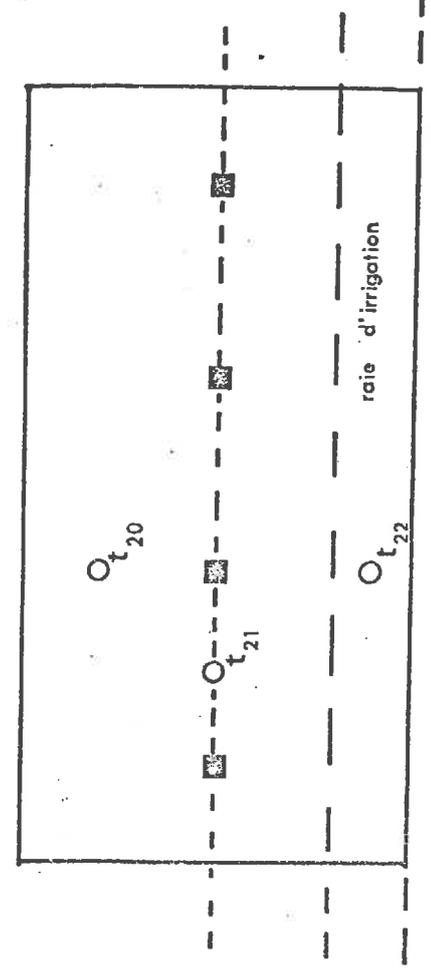
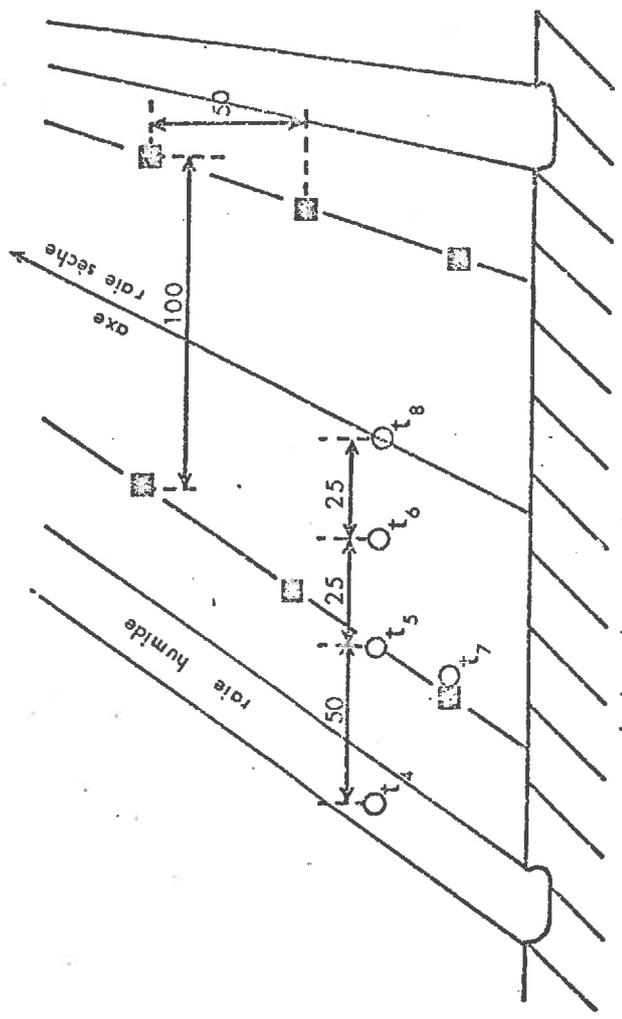
FIG. N° 10



localisation plein champ

localisation lysimetre

○ tube neutronique
 ▼ microtubes
 ■ plant d'aubergine



irrigation raie plein champ

irrigation raie lysimetre

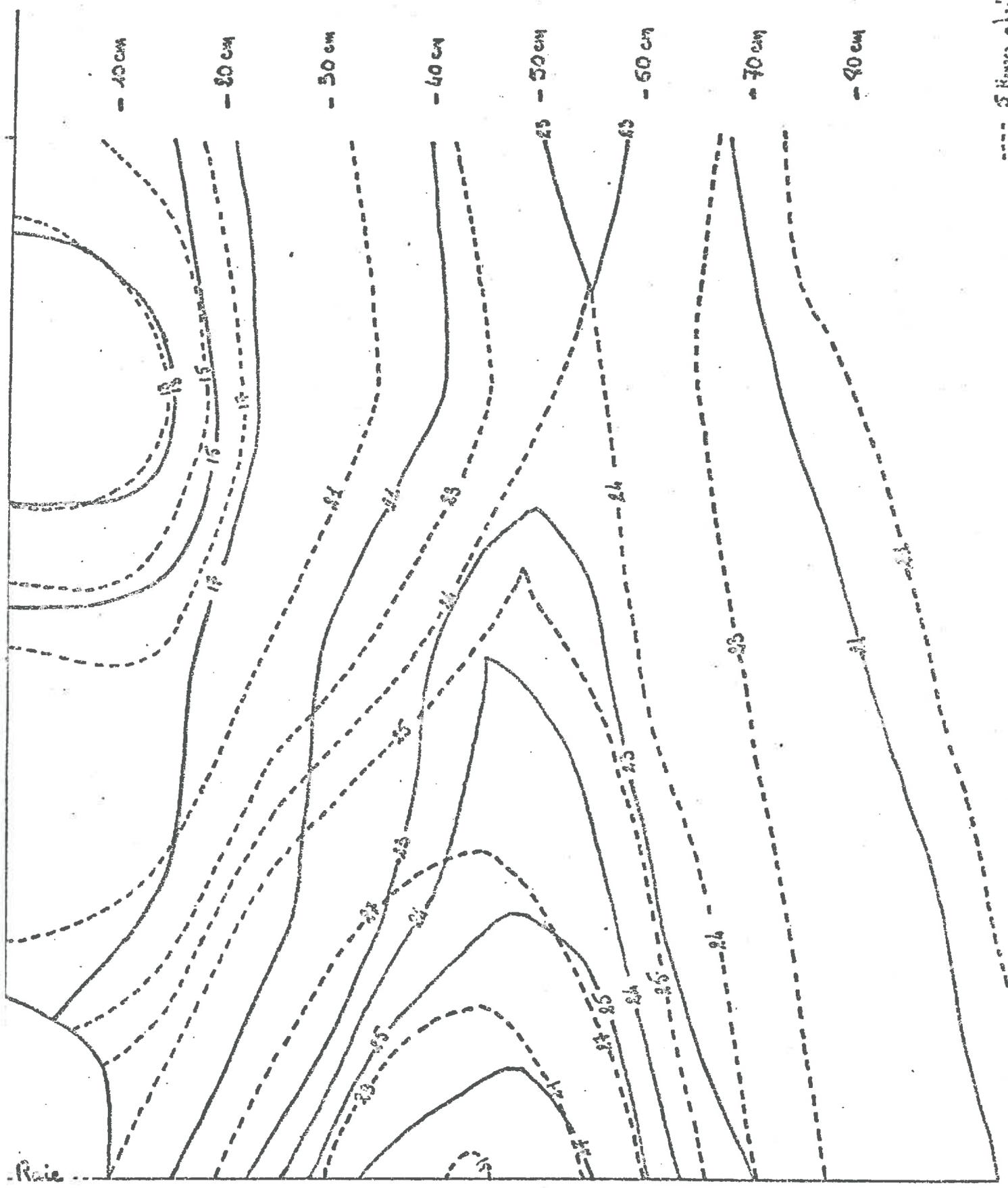


Fig No 11 : Syst. Raie plein champ (Violette de Bonboure) : Substitutions des Humidités sans la sel :
 - - - - 5 Jours après l'irrigation
 ——— 98 " " "

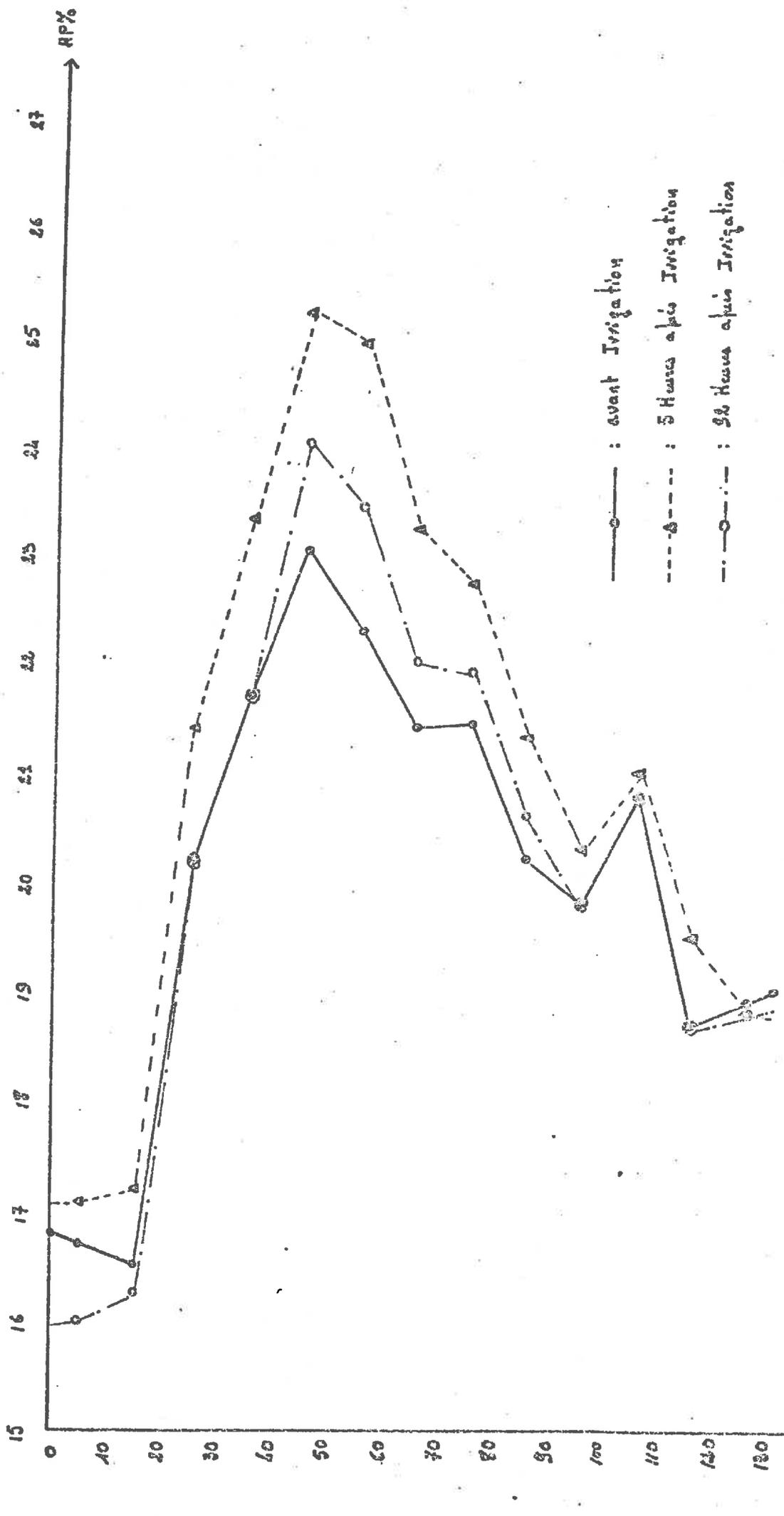


Fig N° 10 - Systeme Ruis plein champ (Vitesse de Penetration): 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690, 700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790, 800, 810, 820, 830, 840, 850, 860, 870, 880, 890, 900, 910, 920, 930, 940, 950, 960, 970, 980, 990, 1000, 1010, 1020, 1030, 1040, 1050, 1060, 1070, 1080, 1090, 1100, 1110, 1120, 1130, 1140, 1150, 1160, 1170, 1180, 1190, 1200, 1210, 1220, 1230, 1240, 1250, 1260, 1270, 1280, 1290, 1300, 1310, 1320, 1330, 1340, 1350, 1360, 1370, 1380, 1390, 1400, 1410, 1420, 1430, 1440, 1450, 1460, 1470, 1480, 1490, 1500, 1510, 1520, 1530, 1540, 1550, 1560, 1570, 1580, 1590, 1600, 1610, 1620, 1630, 1640, 1650, 1660, 1670, 1680, 1690, 1700, 1710, 1720, 1730, 1740, 1750, 1760, 1770, 1780, 1790, 1800, 1810, 1820, 1830, 1840, 1850, 1860, 1870, 1880, 1890, 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060, 2070, 2080, 2090, 2100, 2110, 2120, 2130, 2140, 2150, 2160, 2170, 2180, 2190, 2200, 2210, 2220, 2230, 2240, 2250, 2260, 2270, 2280, 2290, 2300, 2310, 2320, 2330, 2340, 2350, 2360, 2370, 2380, 2390, 2400, 2410, 2420, 2430, 2440, 2450, 2460, 2470, 2480, 2490, 2500, 2510, 2520, 2530, 2540, 2550, 2560, 2570, 2580, 2590, 2600, 2610, 2620, 2630, 2640, 2650, 2660, 2670, 2680, 2690, 2700, 2710, 2720, 2730, 2740, 2750, 2760, 2770, 2780, 2790, 2800, 2810, 2820, 2830, 2840, 2850, 2860, 2870, 2880, 2890, 2900, 2910, 2920, 2930, 2940, 2950, 2960, 2970, 2980, 2990, 3000, 3010, 3020, 3030, 3040, 3050, 3060, 3070, 3080, 3090, 3100, 3110, 3120, 3130, 3140, 3150, 3160, 3170, 3180, 3190, 3200, 3210, 3220, 3230, 3240, 3250, 3260, 3270, 3280, 3290, 3300, 3310, 3320, 3330, 3340, 3350, 3360, 3370, 3380, 3390, 3400, 3410, 3420, 3430, 3440, 3450, 3460, 3470, 3480, 3490, 3500, 3510, 3520, 3530, 3540, 3550, 3560, 3570, 3580, 3590, 3600, 3610, 3620, 3630, 3640, 3650, 3660, 3670, 3680, 3690, 3700, 3710, 3720, 3730, 3740, 3750, 3760, 3770, 3780, 3790, 3800, 3810, 3820, 3830, 3840, 3850, 3860, 3870, 3880, 3890, 3900, 3910, 3920, 3930, 3940, 3950, 3960, 3970, 3980, 3990, 4000, 4010, 4020, 4030, 4040, 4050, 4060, 4070, 4080, 4090, 4100, 4110, 4120, 4130, 4140, 4150, 4160, 4170, 4180, 4190, 4200, 4210, 4220, 4230, 4240, 4250, 4260, 4270, 4280, 4290, 4300, 4310, 4320, 4330, 4340, 4350, 4360, 4370, 4380, 4390, 4400, 4410, 4420, 4430, 4440, 4450, 4460, 4470, 4480, 4490, 4500, 4510, 4520, 4530, 4540, 4550, 4560, 4570, 4580, 4590, 4600, 4610, 4620, 4630, 4640, 4650, 4660, 4670, 4680, 4690, 4700, 4710, 4720, 4730, 4740, 4750, 4760, 4770, 4780, 4790, 4800, 4810, 4820, 4830, 4840, 4850, 4860, 4870, 4880, 4890, 4900, 4910, 4920, 4930, 4940, 4950, 4960, 4970, 4980, 4990, 5000, 5010, 5020, 5030, 5040, 5050, 5060, 5070, 5080, 5090, 5100, 5110, 5120, 5130, 5140, 5150, 5160, 5170, 5180, 5190, 5200, 5210, 5220, 5230, 5240, 5250, 5260, 5270, 5280, 5290, 5300, 5310, 5320, 5330, 5340, 5350, 5360, 5370, 5380, 5390, 5400, 5410, 5420, 5430, 5440, 5450, 5460, 5470, 5480, 5490, 5500, 5510, 5520, 5530, 5540, 5550, 5560, 5570, 5580, 5590, 5600, 5610, 5620, 5630, 5640, 5650, 5660, 5670, 5680, 5690, 5700, 5710, 5720, 5730, 5740, 5750, 5760, 5770, 5780, 5790, 5800, 5810, 5820, 5830, 5840, 5850, 5860, 5870, 5880, 5890, 5900, 5910, 5920, 5930, 5940, 5950, 5960, 5970, 5980, 5990, 6000, 6010, 6020, 6030, 6040, 6050, 6060, 6070, 6080, 6090, 6100, 6110, 6120, 6130, 6140, 6150, 6160, 6170, 6180, 6190, 6200, 6210, 6220, 6230, 6240, 6250, 6260, 6270, 6280, 6290, 6300, 6310, 6320, 6330, 6340, 6350, 6360, 6370, 6380, 6390, 6400, 6410, 6420, 6430, 6440, 6450, 6460, 6470, 6480, 6490, 6500, 6510, 6520, 6530, 6540, 6550, 6560, 6570, 6580, 6590, 6600, 6610, 6620, 6630, 6640, 6650, 6660, 6670, 6680, 6690, 6700, 6710, 6720, 6730, 6740, 6750, 6760, 6770, 6780, 6790, 6800, 6810, 6820, 6830, 6840, 6850, 6860, 6870, 6880, 6890, 6900, 6910, 6920, 6930, 6940, 6950, 6960, 6970, 6980, 6990, 7000, 7010, 7020, 7030, 7040, 7050, 7060, 7070, 7080, 7090, 7100, 7110, 7120, 7130, 7140, 7150, 7160, 7170, 7180, 7190, 7200, 7210, 7220, 7230, 7240, 7250, 7260, 7270, 7280, 7290, 7300, 7310, 7320, 7330, 7340, 7350, 7360, 7370, 7380, 7390, 7400, 7410, 7420, 7430, 7440, 7450, 7460, 7470, 7480, 7490, 7500, 7510, 7520, 7530, 7540, 7550, 7560, 7570, 7580, 7590, 7600, 7610, 7620, 7630, 7640, 7650, 7660, 7670, 7680, 7690, 7700, 7710, 7720, 7730, 7740, 7750, 7760, 7770, 7780, 7790, 7800, 7810, 7820, 7830, 7840, 7850, 7860, 7870, 7880, 7890, 7900, 7910, 7920, 7930, 7940, 7950, 7960, 7970, 7980, 7990, 8000, 8010, 8020, 8030, 8040, 8050, 8060, 8070, 8080, 8090, 8100, 8110, 8120, 8130, 8140, 8150, 8160, 8170, 8180, 8190, 8200, 8210, 8220, 8230, 8240, 8250, 8260, 8270, 8280, 8290, 8300, 8310, 8320, 8330, 8340, 8350, 8360, 8370, 8380, 8390, 8400, 8410, 8420, 8430, 8440, 8450, 8460, 8470, 8480, 8490, 8500, 8510, 8520, 8530, 8540, 8550, 8560, 8570, 8580, 8590, 8600, 8610, 8620, 8630, 8640, 8650, 8660, 8670, 8680, 8690, 8700, 8710, 8720, 8730, 8740, 8750, 8760, 8770, 8780, 8790, 8800, 8810, 8820, 8830, 8840, 8850, 8860, 8870, 8880, 8890, 8900, 8910, 8920, 8930, 8940, 8950, 8960, 8970, 8980, 8990, 9000, 9010, 9020, 9030, 9040, 9050, 9060, 9070, 9080, 9090, 9100, 9110, 9120, 9130, 9140, 9150, 9160, 9170, 9180, 9190, 9200, 9210, 9220, 9230, 9240, 9250, 9260, 9270, 9280, 9290, 9300, 9310, 9320, 9330, 9340, 9350, 9360, 9370, 9380, 9390, 9400, 9410, 9420, 9430, 9440, 9450, 9460, 9470, 9480, 9490, 9500, 9510, 9520, 9530, 9540, 9550, 9560, 9570, 9580, 9590, 9600, 9610, 9620, 9630, 9640, 9650, 9660, 9670, 9680, 9690, 9700, 9710, 9720, 9730, 9740, 9750, 9760, 9770, 9780, 9790, 9800, 9810, 9820, 9830, 9840, 9850, 9860, 9870, 9880, 9890, 9900, 9910, 9920, 9930, 9940, 9950, 9960, 9970, 9980, 9990, 10000.

Z (m)

APX%

- Qu'en profondeur, les mouvements d'eau ne sont perceptibles que jusqu'à -90 cm; au-delà de cette profondeur, les teneurs en eau restent constantes et voisines de la capacité de rétention. Tout apport d'eau dans cette zone du fait de l'irrigation doit donc être transféré dans les couches plus profondes.

En effet, dans ce sol, caractérisé par une faible différence des teneurs en eau correspondantes à la capacité de rétention et à la saturation, tout transfert doit être la conséquence d'un accroissement très faible de la teneur en eau, au-delà de la capacité de rétention, accroissement d'humidité inférieur ou limite aux possibilités de détection et de mesures de la méthode utilisée.

- Que l'extension maximale de la zone mouillée est généralement atteinte pour les irrigations maximales effectuées (22 mm) 5 heures après irrigation. Au-delà de ce temps, des cinétiques de dessèchement du sol sont mis en évidence. L'irrigation n'affecte que peu ou pas la surface du sol, hors de la raie d'irrigation; la profondeur restant "sèche", donc jouant le rôle d'un mulch, croît avec la distance à la raie d'apport de l'eau. Dès lors, les profils de dessèchement enregistrés sont essentiellement le fait de la suction racinaire des aubergines. Ils permettent donc de schématiser les enveloppes enracinaires des plants et des volumes de sol exploités. C'est ainsi que l'analyse des profils hydriques à la verticale de l'interligne non irriguée permet de conclure que seule la tranche de sol (30-70 cm) située sous la zone sèche participe à l'alimentation hydrique des plantes.

b) Irrigation localisée plein champ -

L'étude des cinétiques, schématisées à la figure n° 13 montre :

. Sous irrigation .

- Que la surface de sol mouillée est une circonférence dont le rayon est au plus égal à 20 cm. Elle n'atteint donc jamais les plants d'aubergine.

- Que la zone mouillée sous le goutteur est saturée ou proche de la saturation, de forme générale tronconique et que sa profondeur est variable en fonction de la dose d'eau apportée.

- Qu'en profondeur existe un sous-sol, constamment à la capacité de rétention : la cote de cette zone est plus faible sous les plantes que sous le capillaire. Aucune variation d'humidité n'est ici décelable par mesures neutroniques sous irrigation. Tout apport doit donc se traduire, à la verticale du point d'apport d'eau, par un simple transfert de cette eau vers les couches de sol plus profondes.

. En dessèchement .

- Qu'après une phase de redistribution à partir de la zone saturée, seule la tranche de sol 0-35 cm semble être le siège d'un prélèvement d'eau dû à l'évapotranspiration et que ce phénomène est particulièrement sensible à la périphérie du bulbe humide.

- Que la teneur en eau du sol, notamment dans les dix premiers centimètres de profondeur, à la verticale du goutteur et pour des temps maxima de dessèchement (24 h) est toujours proche ou égale à la capacité de rétention, qui constitue dès lors l'humidité initiale du sol au déclenchement de l'irrigation localisée suivante.

- Que les teneurs en eau dans la zone où se développent les systèmes racinaires sont généralement plus élevées et moins fluctuantes, pour un intervalle de temps séparant deux irrigations par capillaires, par rapport au système d'irrigation à la raie. L'eau du sol est donc plus facilement disponible et de façon plus continue pour les plantes sous irrigation localisée.

Repartitions des Humidités Sous le sol :

----- fin Irrigation

— Avant Irrigation suivante soit
20 heures après.

Système Irrigation Capillaire plein champ.

Fig No 13

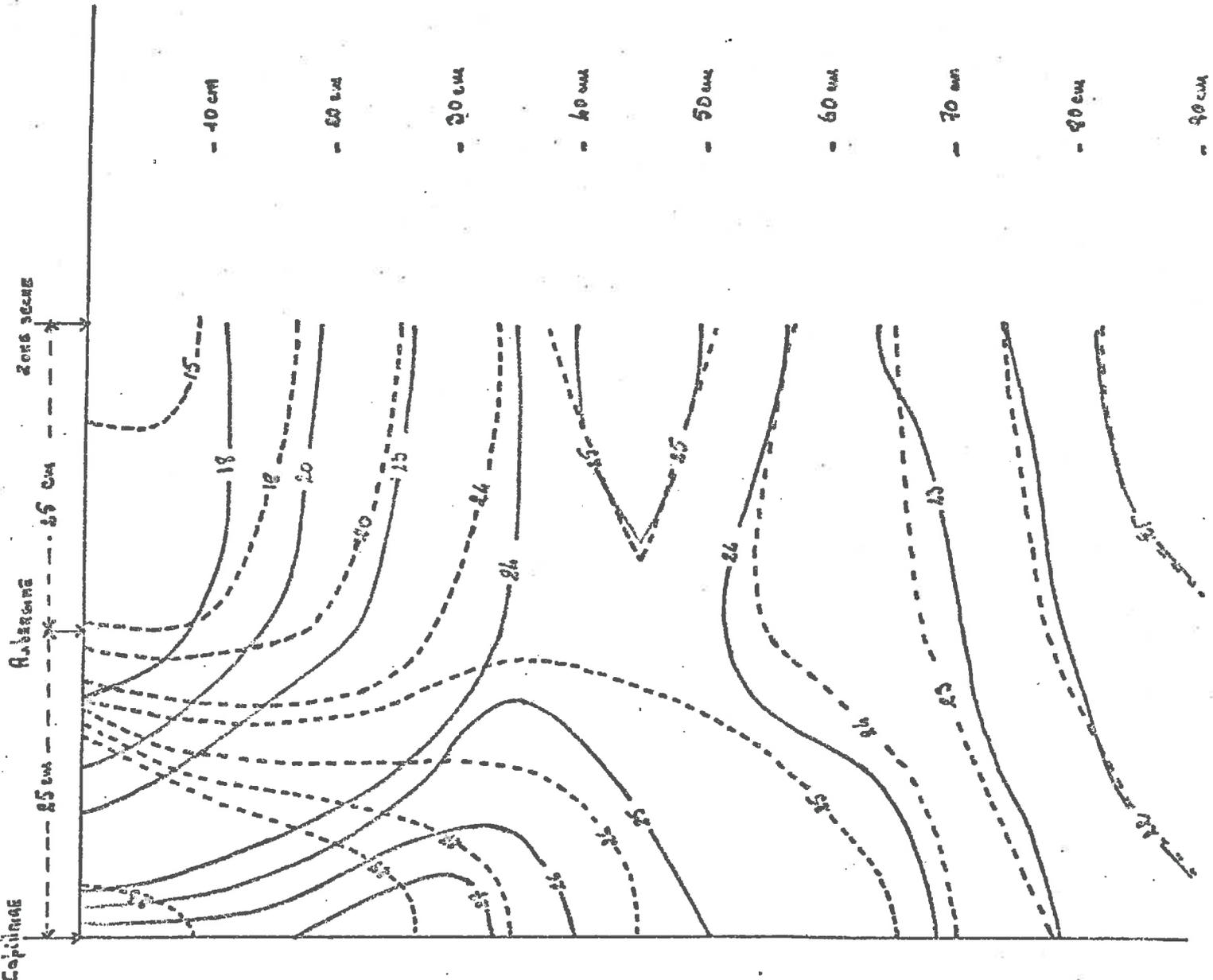
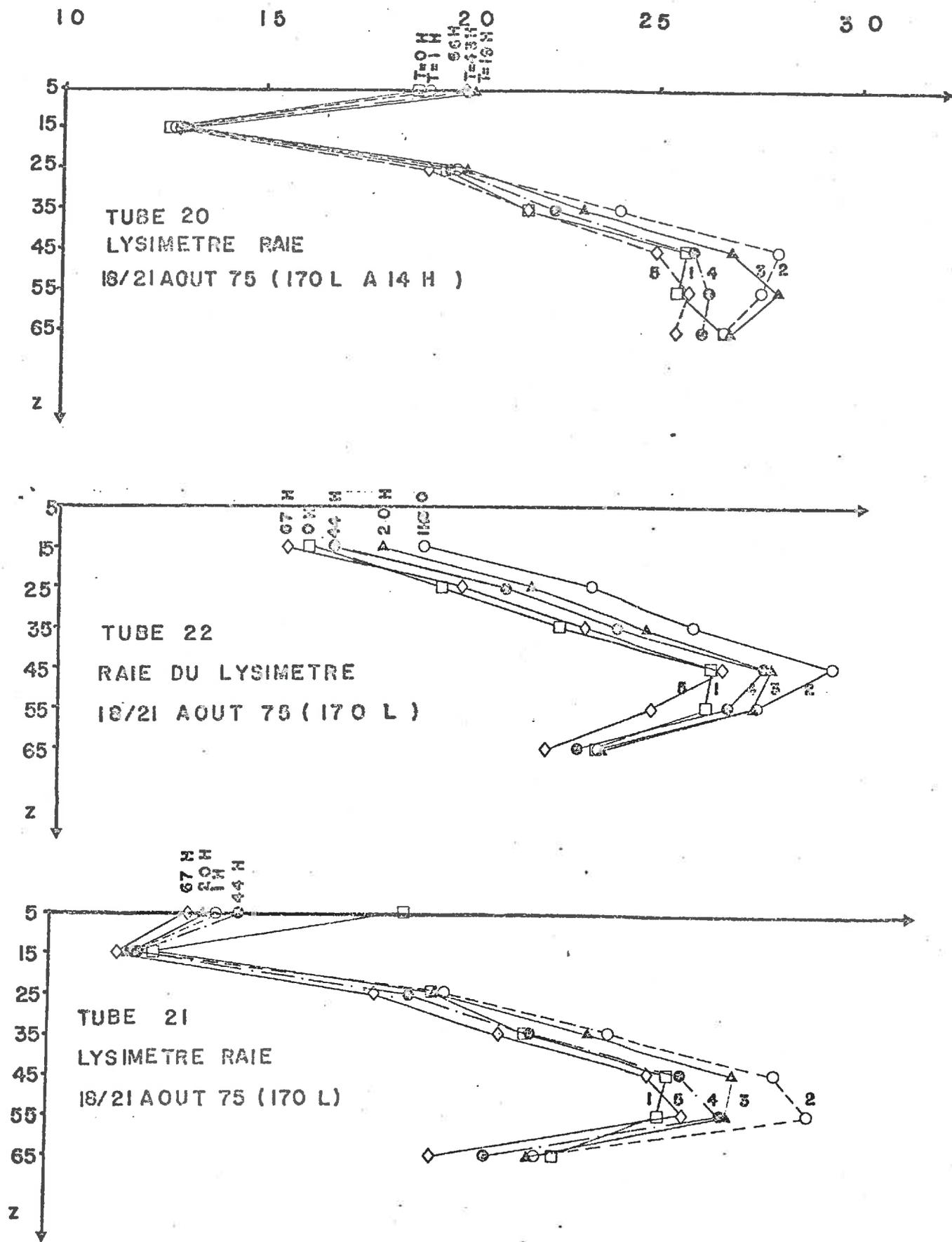
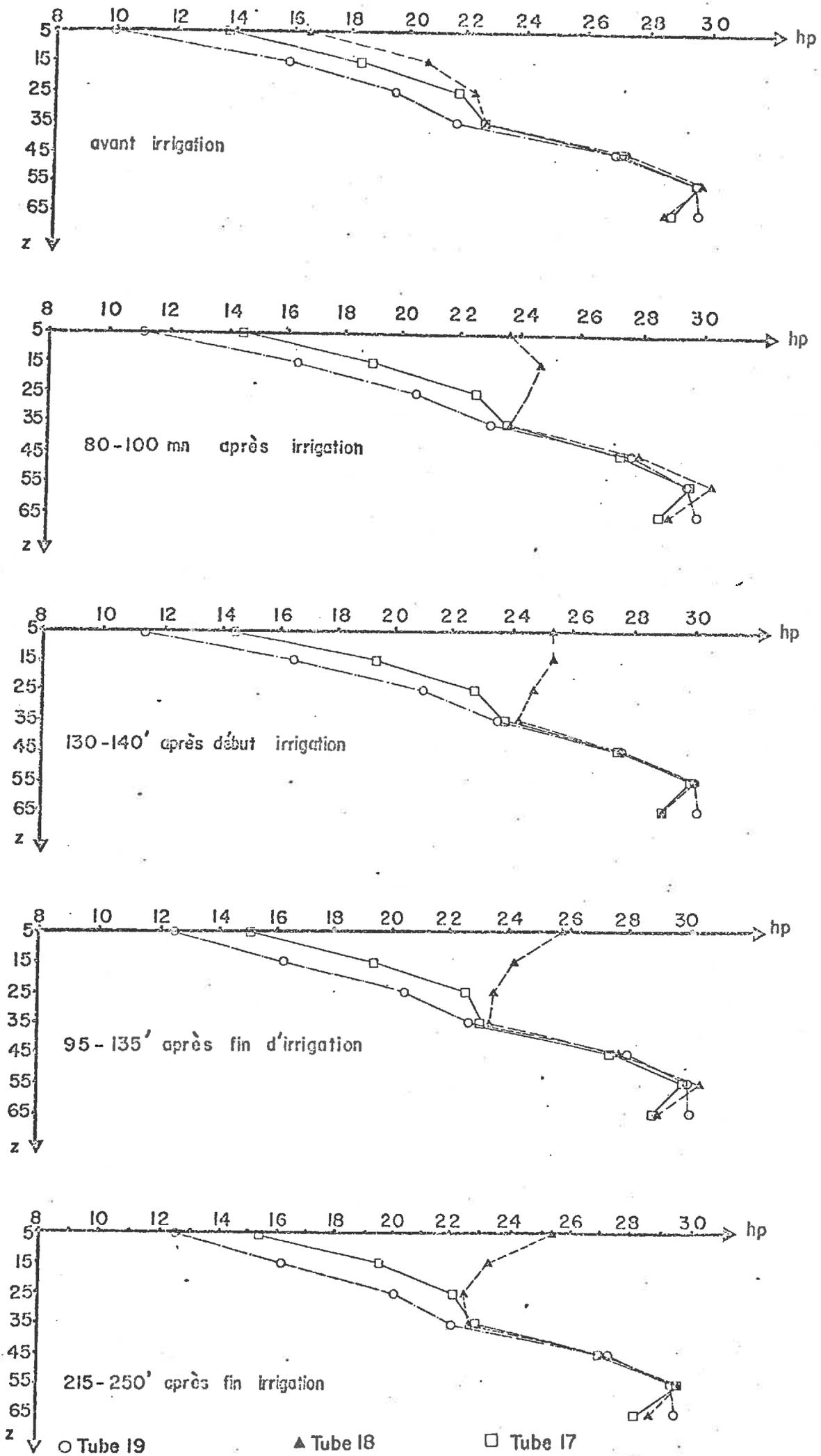


FIG. 14 CINETIQUES D'IRRIGATION





avant irrigation

80-100 mn après irrigation

130-140' après début irrigation

95-135' après fin d'irrigation

215-250' après fin irrigation

c) Irrigation en lysimètres -

Les résultats obtenus sur la circulation de l'eau en lysimètre montrent que ceux-ci ne sont généralement pas comparables, pour une technique d'irrigation donnée, à ceux obtenus en plein champ. La migration de l'eau est, dans ces conditions de milieu, étroitement liée dans tous les cas à la réalisation technique des lysimètres, à la mise en place du sol et aux conséquences découlant de l'environnement particulier à ces installations (fissuration accrue, circulation le long des parois, présence notable d'une nappe à la base du lysimètre, dessiccation superficielle du sol plus intense).

- Sous irrigation à la raie tout apport d'eau se traduit essentiellement par un transfert important de cette eau dans les couches profondes qui sont alors soumises au drainage.

L'humectation des zones adjacentes, distantes de 50 cm et moins de la raie d'irrigation s'effectue alors presque exclusivement par la base du lysimètre (fig. n° 14).

- Sous irrigation localisée, l'analyse des cinétiques hydriques permet de vérifier et de confirmer l'existence d'une zone de sol humectée par irrigation, de forme tronconique, de faibles rayons et dont les humidités sont proches ou égales à la saturation.

On constate néanmoins une migration horizontale de l'eau plus importante en lysimètre qu'en plein champ, pour un même débit et une même dose d'irrigation; cet accroissement de migration latérale est associé à une plus forte dessiccation du sol au point d'apport de l'eau dans le sol du lysimètre.

3/ - CONCLUSIONS -

Les études entreprises sur la circulation de l'eau dans le sol, dans les conditions expérimentales d'apport de l'eau choisies, montrent que sous irrigation le type de distribution des humidités, l'extension et la localisation de la zone mouillée sont fonction du type d'irrigation et que pour chaque type d'irrigation existent une ou plusieurs variables principales gouvernant le phénomène.

C'est ainsi que :

- Dans le système d'irrigation à la raie qui aboutit à une distribution de l'eau bidimensionnelle, la localisation de la zone mouillée (profondeur, extension, distribution des teneurs en eau) et son fonctionnement à partir du point d'apport de l'eau sont essentiellement dépendants de la zone d'irrigation, de débit d'apport et de l'état physique du sol dans la raie d'apport de l'eau.

- Dans le système d'irrigation localisée, qui aboutit à une distribution tridimensionnelle de l'eau, les caractéristiques de la zone mouillée paraissent essentiellement dépendantes de l'humidité initiale au point d'apport de l'eau et secondairement de la dose d'irrigation pour un débit donné au niveau des capillaires.

L'existence d'une humidité initiale proche de la capacité de rétention au déclenchement de l'irrigation localisée a certainement induit, dans un sol irrigué tous les jours, l'existence définitive de bulbes humides étroits et fortement allongés vers la profondeur.

Le type d'irrigation, par sa composante fréquence d'apport de l'eau, est également déterminant quant aux teneurs en eau trouvées en fonction du temps en un point du sol et quant au gradient de ces teneurs, notamment dans la zone occupée par les systèmes racinaires.

Une irrigation par capillaire paraît favoriser une plus grande disponibilité de l'eau dans le sol pour la plante, tant en quantité qu'en continuité dans le temps.

Les études en lysimètre ont montré qu'il serait vain de vouloir comparer les résultats obtenus dans ces conditions expérimentales à ceux obtenus en plein champ; pour un type d'irrigation, la migration de l'eau est en effet étroitement liée à des paramètres propres à l'existence même du lysimètre.

Néanmoins, les résultats ont permis de confirmer d'une part l'allure générale des phénomènes mis en évidence dans les conditions de plein champ et, d'autre part, de mettre en évidence l'importance particulière de certaines variables sur la répartition de l'eau apportée dans le sol (humidité initiale du sol avant irrigation dans le cas d'un apport d'eau localisé, fissuration du sol dans la raie d'apport de l'eau dans le cas d'une irrigation à la raie).

On notera enfin qu'une analyse des profils d'humidités du sol, obtenus en mesures neutroniques, peut constituer une réelle approche de l'évaluation de l'E.T.R. instantanée dans le cas d'une culture en lysimètre.

La condition essentielle à une telle approche serait l'existence de cycles courts de mesures de l'humidité, du drainage et de l'E.T.P.

* * *

IV - COMPORTEMENT HYDRIQUE DU VEGETAL

1/ - VARIATIONS DES QUANTITES D'EAU ET DE MATIERES SECHES DANS LE FEUILLAGE -

Au champ, nous avons étudié le comportement de deux variétés d'aubergine (Ronde de Valence et Violette de Barbentane) en fonction du mode d'irrigation (goutte à goutte et raie). Les observations effectuées pendant toute la durée de végétation ont fourni d'utiles renseignements. (Fig. 16, 17, 18).

Nous retrouvons le comportement hydrique différent pour les deux variétés d'aubergine.

Violette de Barbentane accumule beaucoup plus d'eau dans ses tissus. Cette variété réagit fortement au type d'irrigation tandis que Ronde de Valence montre un comportement plus neutre.

Le mode d'irrigation agit sur l'état hydrique du végétal.

Il apparaît une plus grande accumulation d'eau dans la feuille "standard" pour les deux variétés quand on irrigue avec le système goutte à goutte. Ce système permet à Violette de Barbentane d'accumuler une plus grande quantité de matière sèche par unité de surface.

L'intervalle compris entre 18 et 22 p. cent de matière sèche correspond à une teneur moyenne pour la feuille standard.

2/ - DEFICIT DE SATURATION -

La mesure de ce déficit peut donner une indication sur les contraintes hydriques subies par le feuillage. Malheureusement, l'erreur d'échantillonnage est toujours très grande et il n'est pas possible de manipuler un grand nombre de disques foliaires car les prélèvements doivent être faits dans un temps aussi court que possible. Huit prélèvements ont été effectués du 25.06 au 20.08, à raison de 5 disques par parcelle élémentaire.

Le déficit en eau au moment choisi (c'est à dire entre onze heures et midi) est exprimé en p.cent du poids après saturation du disque foliaire : $De = (Ps - Pi)Ps \cdot 100$, (Pi = poids initial, Ps = poids à saturation c'est à dire après 20 h de contact avec des éponges humides). "De" varie de 4 à 10 % les valeurs les plus fortes étant obtenues en fin de saison.

On ne note pas de différences systématiques au profit de l'un ou l'autre mode d'arrosage. Le seul prélèvement où des différences significatives apparaissent (23/07) montre un déficit de 4,4 % pour l'irrigation localisée et 3,2 % pour l'irrigation "à la raie" (significatif au niveau 1 %).

Les différences variétales sont plus nettes : dans tous les cas, "Ronde de Valence" montre des déficits plus élevés que "Violette de Barbentane" (en moyenne 6,6 % contre 5,1 %). A trois dates différentes, les différences sont significatives.

ACTION DU MODE D'APPORT D'EAU SUR LE COMPORTEMENT HYDRIQUE DE L'AUBERGINE

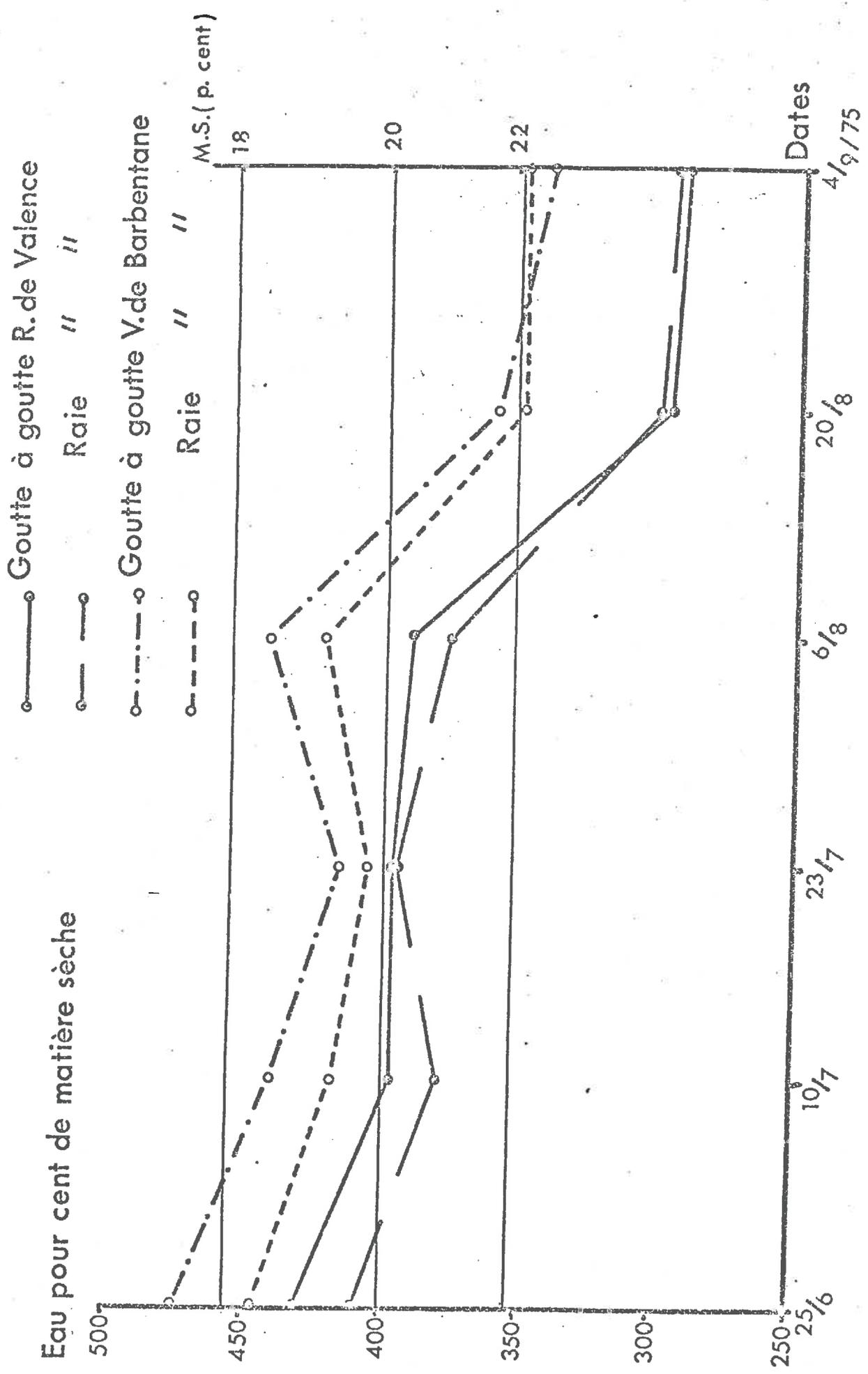


Fig. n° 16 :

... par unie de surface

ACTION DU MODE D'APPORT D'EAU SUR LE COMPORTEMENT HYDRIQUE DE L'AUBERGINE

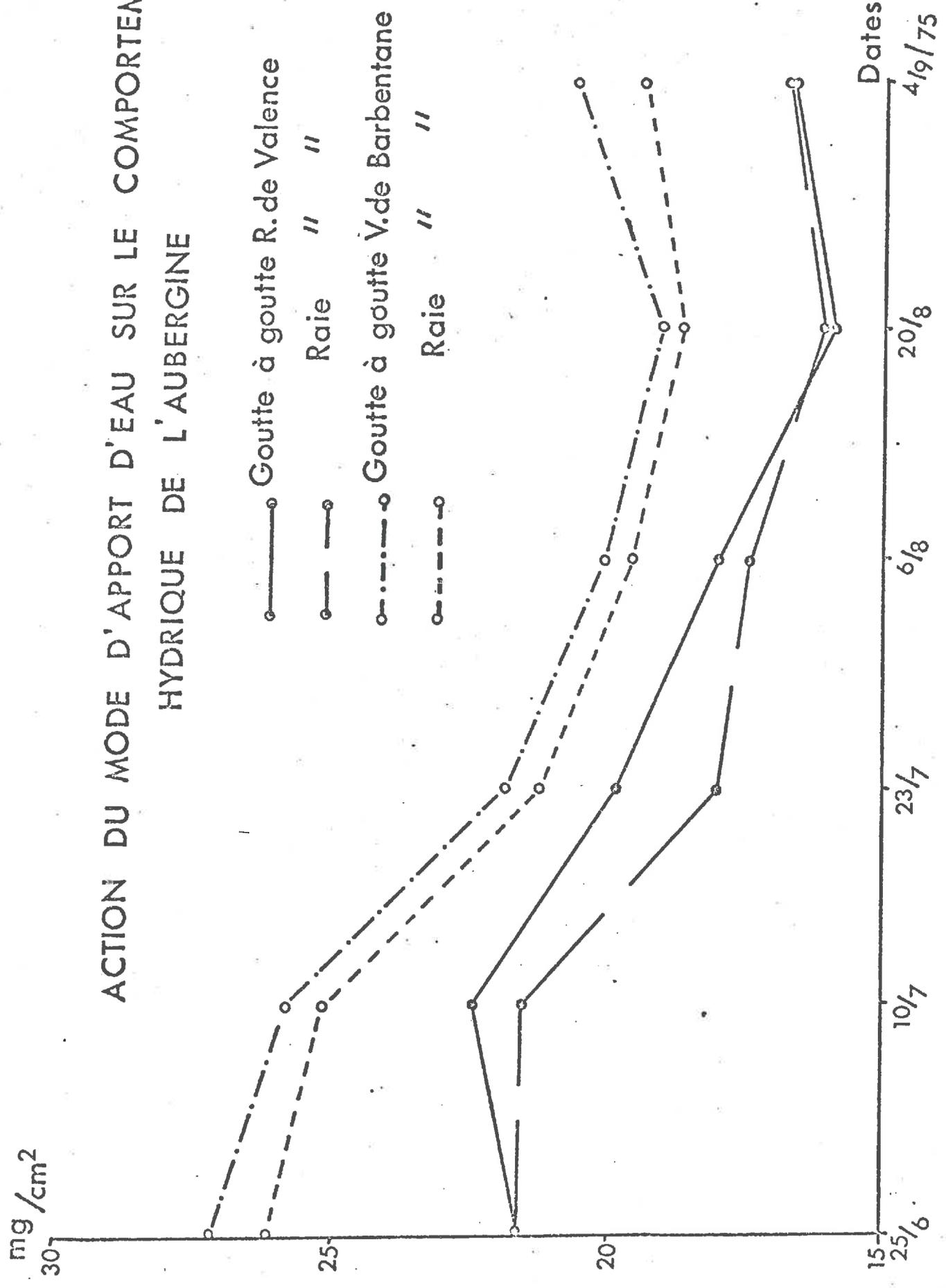


Fig. n° 17

ACTION DU MODE D'APPORT D'EAU SUR LE COMPORTEMENT
HYDRIQUE DE L'AUBERGINE

matiere seche par
unite de surface

mg/cm²

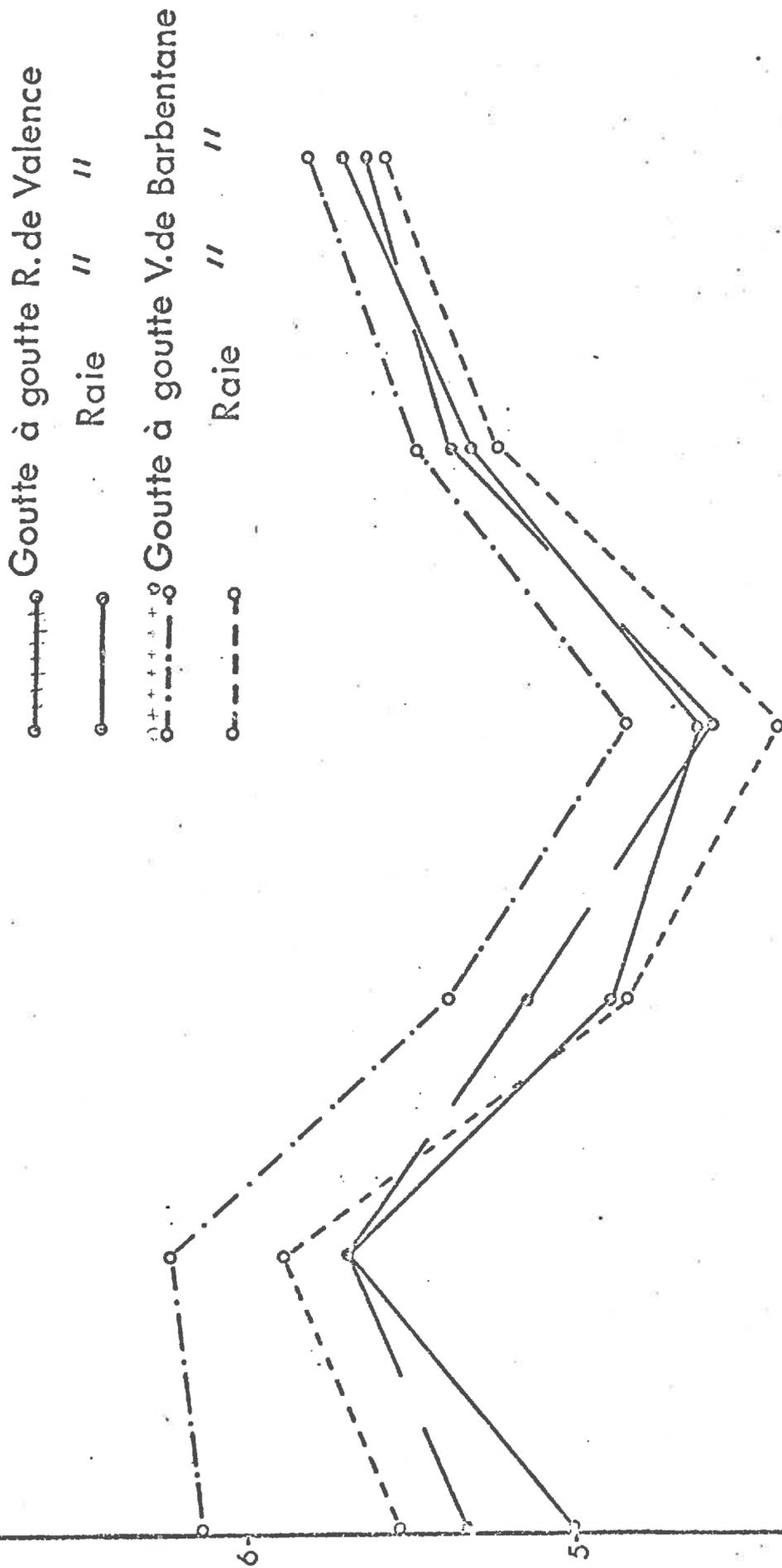


Fig. n° 18

Dans l'ensemble, les contraintes subies paraissent modérées et la supériorité éventuelle de l'un des systèmes d'irrigation n'est pas apparente. Des prélèvements faits en début d'après-midi donneraient sans doute des résultats différents.

3/ - POTENTIEL HYDRIQUE -

La pompe de SCHOLANDER a été utilisée pour mesurer les variations de potentiel dans les feuilles standard au cours d'une période de 24 h (du 12 au 13.08) (graphiques n° 19,20).

Entre 8 h et 18 h, les valeurs observées sont élevées (en valeur absolue) puisqu'elles oscillent entre -8 et -19 bars. La nuit, elles sont comprises entre -1 et -3 bars.

"Ronde de Valence" est presque constamment supérieure à l'autre variété (en valeur absolue toujours) et, chez elle, le traitement au "goutte à goutte" a des valeurs plus faibles que "à la raie" au milieu de la journée ; ceci est sans doute le reflet d'une meilleure hydratation des tissus au moment où la demande hydrique est la plus forte : le matin et le soir, le classement est inversé.

Chez "Violette de Barbentane", les différences entre traitements ne sont que très peu sensibles, sauf - peut-être - la nuit; là aussi l'irrigation localisée donne des potentiels plus proches de 0.

4/ - RESISTANCE STOMATIQUE -

Deux poromètres de type VAN BAVEL ont été utilisés en parallèle et cela a permis de mener simultanément deux types de comparaisons.

En ce qui concerne la mesure de l'effet du mode d'irrigation, on constate un comportement différent chez les deux variétés.

Chez "Violette de Barbentane", la résistance est toujours plus faible à l'irrigation localisée, ce qui est l'indice d'un effet favorable de ce mode d'irrigation. Rien de tel n'est décelable chez l'autre variété (graphique 21).

L'analyse plus précise des différences pouvant exister entre les deux variétés a été conduite uniquement sur la partie irriguée au "goutte à goutte" car les plantes étaient manifestement en meilleur état sur ce traitement (graphique 22). Sur les deux faces de la feuille, on note des résistances plus élevées chez la variété considérée comme la moins bien adaptée au climat du plein champ : "Ronde de Valence". De plus, alors que la "Violette de Barbentane" a des valeurs pratiquement inchangées de 7 h 30 à 15 h 30, une modulation assez importante apparaît chez la "Ronde de Valence", la valeur la plus forte apparaissant à 13 h 30.

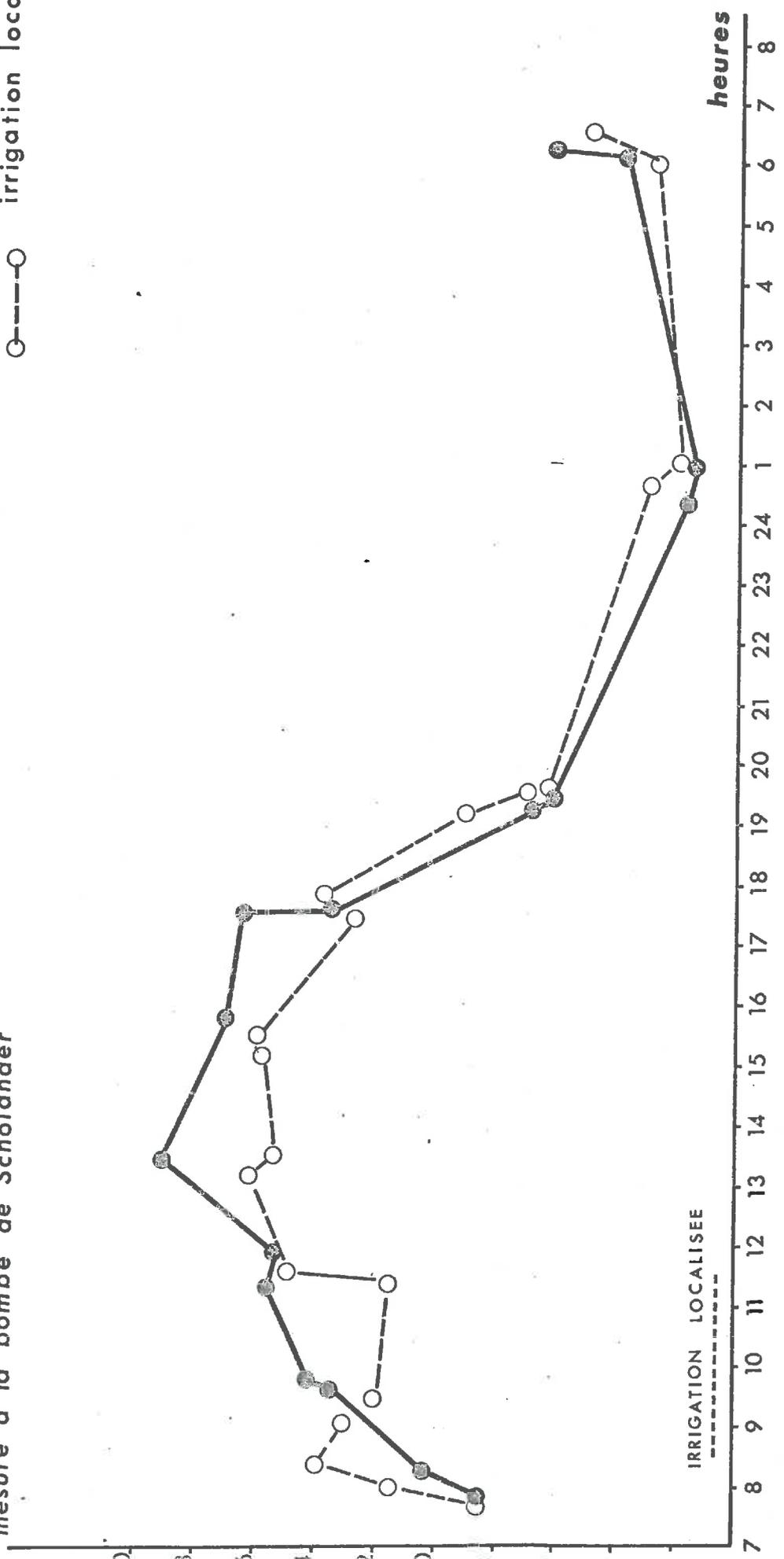
Les deux séries de mesures montrent que la fermeture vespérale des stomates apparaît dès 15 h et parfois plus tôt. Rien de tel n'a jamais été observé en serre où cette fermeture n'apparaît qu'à la chute du jour.

19 VARIATION DU POTENTIEL HYDRIQUE DANS LES FEUILLES STANDARD

" Ronde de Valence "

●—● irrigation à la raie
○- - -○ irrigation localisée

potentiel en bar
mesuré à la bombe de Scholander



12 Août

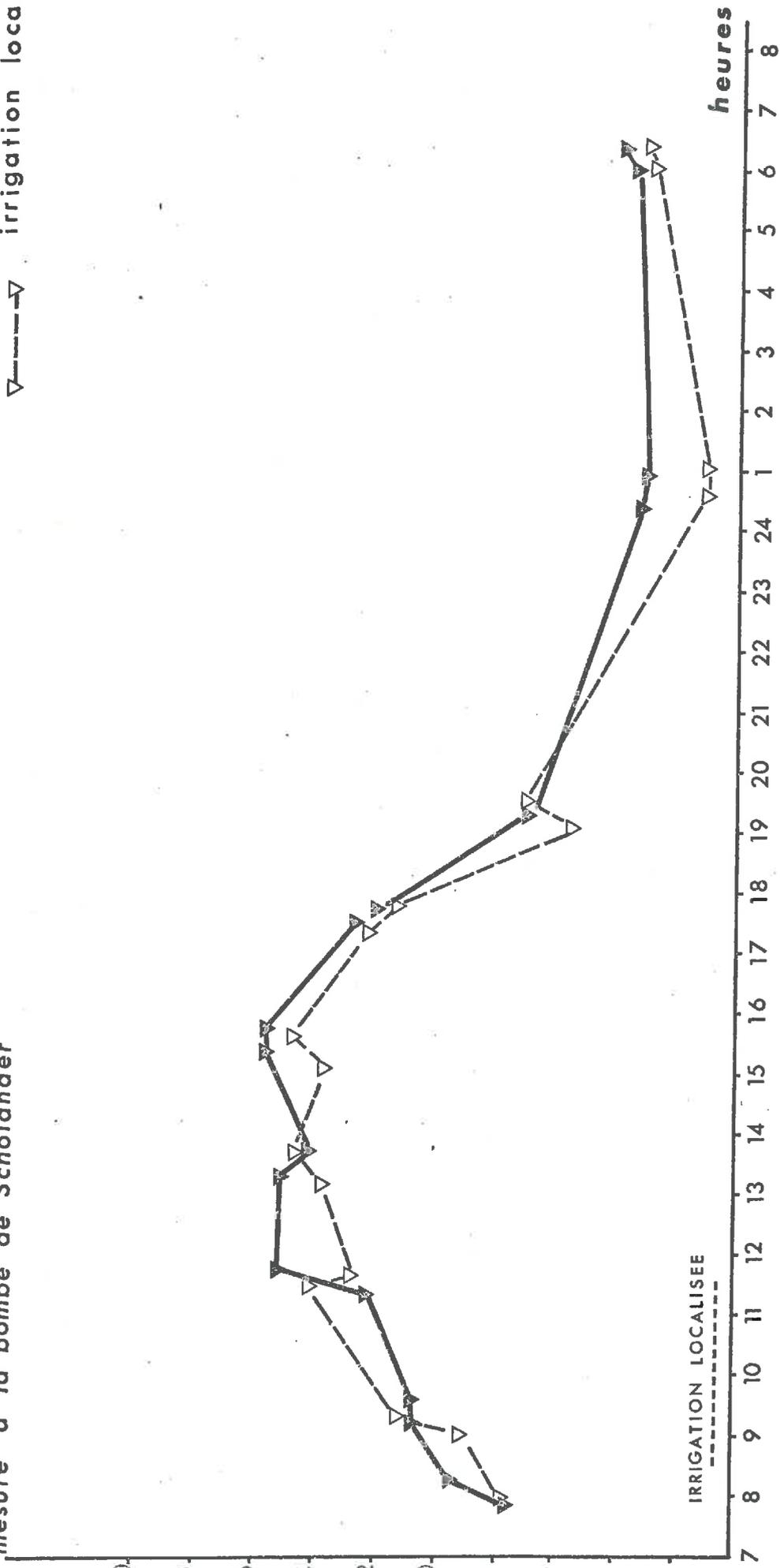
13 Août

(20) VARIATION DU POTENTIEL HYDRIQUE DANS LES FEUILLES STANDARD

"Violette de Barbentane"

→ irrigation à la raie
▽ irrigation localisée

potentiel en bar
mesuré à la pompe de Scholander



12 Août

13 Août

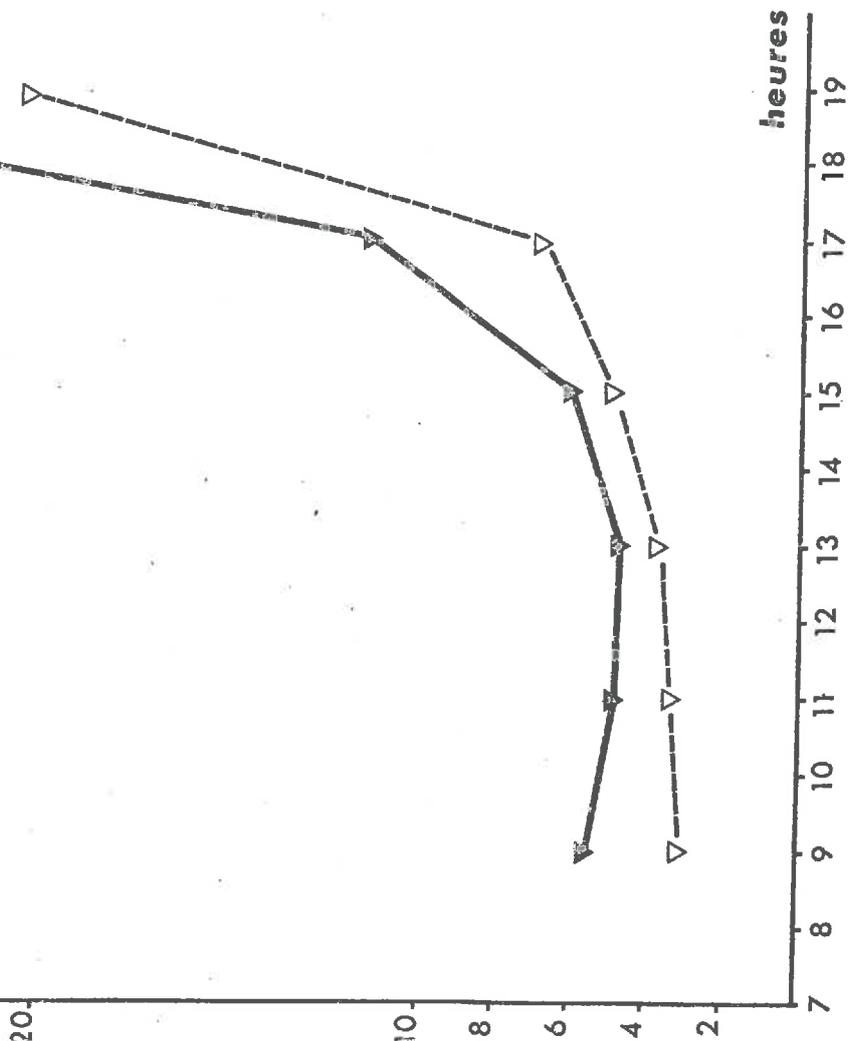
(21) VARIATION DE LA RESISTANCE STOMATIQUE AU COURS DE LA JOURNEE
 face inférieure des feuilles standard
 comparaison des deux types d'irrigation

résistance
stomatique
s. cm⁻¹

"Violette de Barbentane"

→ irrigation à la raie
 ▽ irrigation localisée

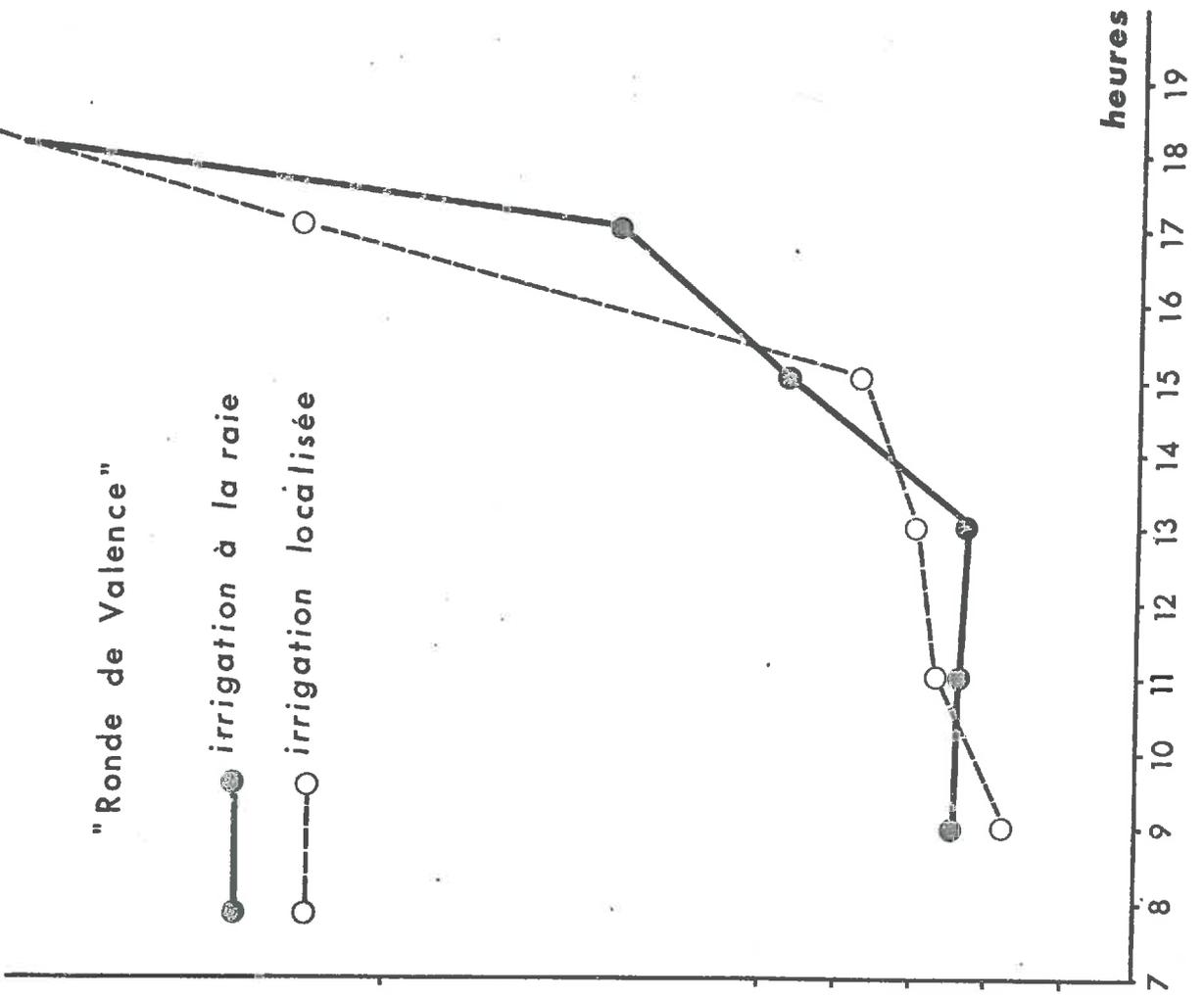
>30



"Ronde de Valence"

● irrigation à la raie
 ○ irrigation localisée

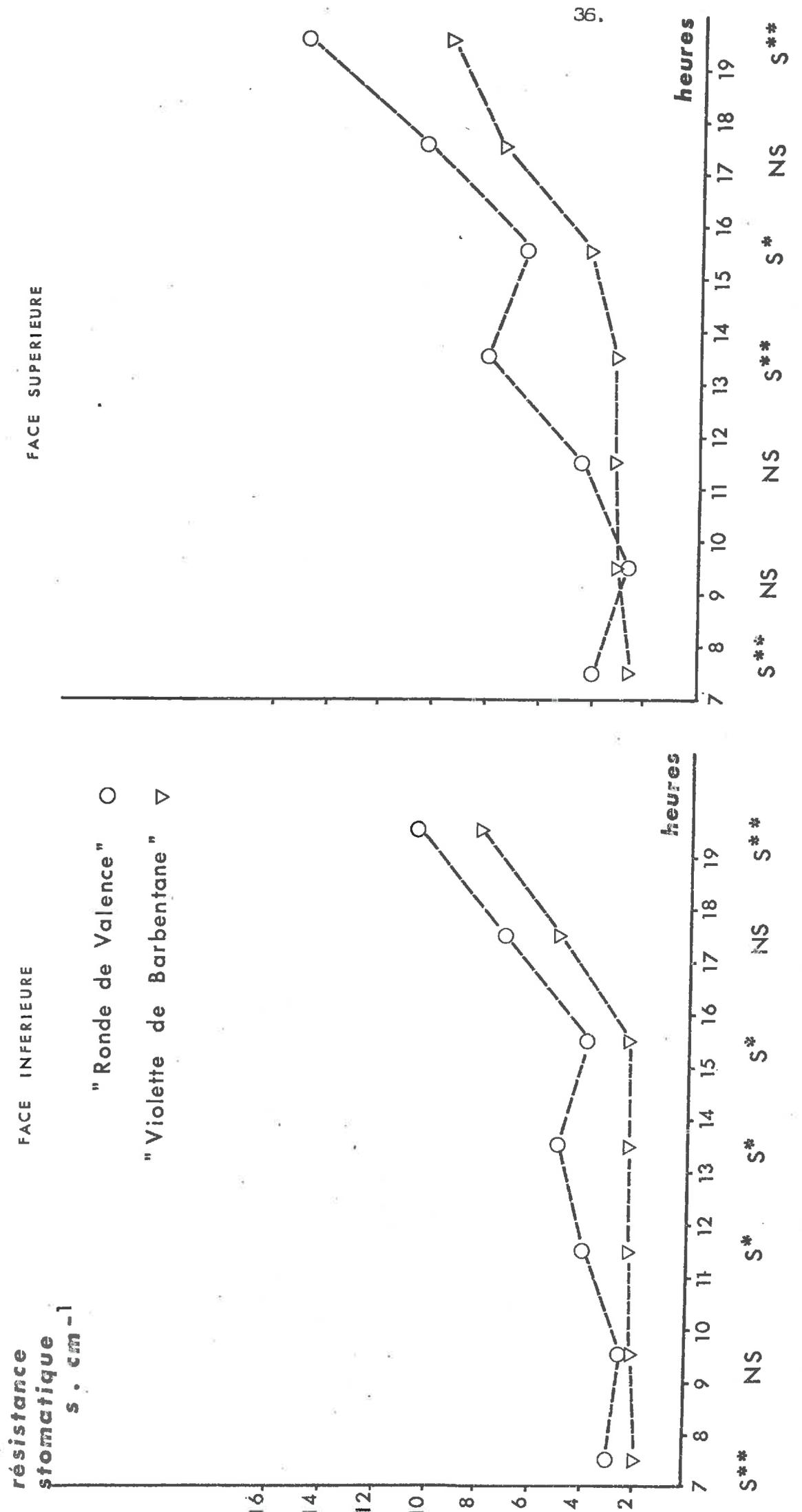
>30



(22) VARIATION DE LA RESISTANCE STOMATIQUE AU COURS DE LA JOURNEE

irrigation localisée : comparaison des faces inférieures et supérieures et supérieures des feuilles

(mesures effectuées sur la parcelle B avec un poromètre différent)
différences variétales significatives : S* (prob. < 0,05) et S** (prob. < 0,01)



V - NUTRITION MINERALE

La nutrition minérale des plantes d'aubergine a été appréciée selon deux des approches possibles : d'une part l'analyse des éléments contenus dans l'eau de drainage des cases lysimétriques et, d'autre part, par le diagnostic foliaire.

L'analyse des eaux de drainage dans le temps permet de rendre compte de l'aspect dynamique de la fertilisation avec les phénomènes successifs de solubilisation et de migration dont le sol est le siège. Mais elle ne rend pas suffisamment compte des mouvements des éléments minéraux et des produits du métabolisme à travers les divers organes du végétal. Aussi le diagnostic foliaire permet de préciser certains de ces aspects par des prélèvements successifs dans le temps.

1/ - LESSIVAGE DES NITRATES -

L'analyse des eaux de drainage recueillies à partir des deux lysimètres montre :

- Que les pertes en N sont globalement équivalentes sous les deux types d'irrigation. Elles atteignent, pour la campagne de mesure 3 juin - 31 août, 70 unités soit 17,5 % des apports d'azote réalisés (fig. 23).

- Que les rythmes des pertes en N sont liés aux types de fractionnement de la fertilisation et aux types d'irrigation appliqués (apport tous les 15 jours ou tous les jours, débit-dose d'irrigation) (Fig. 24).

a) Sous irrigation fertilisante, les pertes en N croissent régulièrement avec le temps. Les taux de drainage et les concentrations en NO_3 des eaux drainées sont en effet journalièrement comparables, sauf en fin de période d'irrigation où les taux de drainage diminuent et où les concentrations en NO_3 augmentent.

b) Sous irrigation à la raie, tout apport d'engrais au sol simultanément à une irrigation importante - effectuée sous fort débit - est suivi d'une perte importante d'azote associée au fort drainage qui s'ensuit; la perte en N peut atteindre 20 % de l'apport réalisé.

Ces phénomènes doivent donc induire des fluctuations beaucoup plus importantes du stock d'azote disponible pour les plantes dans le sol soumis à des irrigations à la raie et cela, bien que les quantités d'azote apportées soient égales.

Pour ce type d'apport d'eau, on devra donc réduire la dose d'azote ou augmenter son fractionnement dans le temps pour réduire les pertes d'azote par lessivage améliorant ainsi la disponibilité de cet élément minéral pour la plante.

Dans le cas de l'irrigation localisée, seule une réduction de la dose devrait permettre de limiter les pertes de NO_3 par lessivage sans pour autant modifier la disponibilité de l'azote pour la culture.

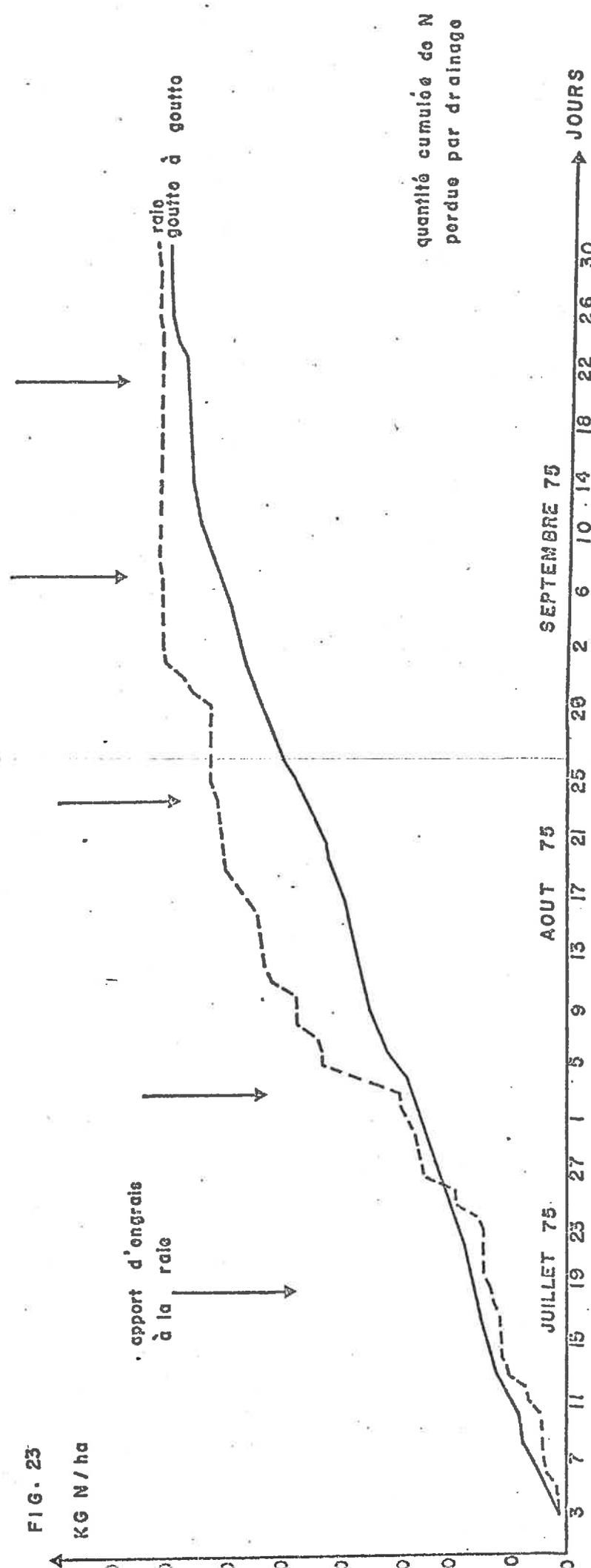
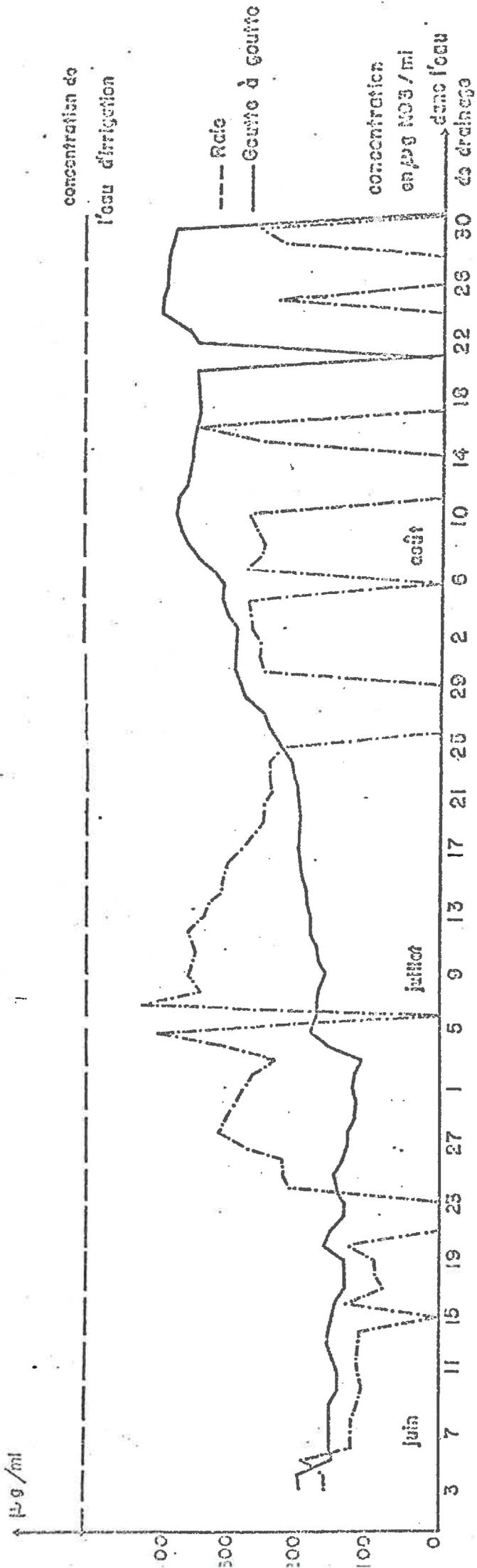


FIG 24



2/ - DIAGNOSTIC FOLIAIRE -

Cette méthode permet de fournir une image du mode de nutrition de l'ensemble de la plante en faisant apparaître les insuffisances ou des déséquilibres éventuels.

Nous avons choisi d'analyser la feuille, en séparant rapidement le limbe du pétiole, parce que l'analyse factorielle des correspondances a montré que c'est le meilleur organe pour le diagnostic.

En effet, le limbe est le siège de la photosynthèse et de nombreuses réactions chimiques fondamentales pour élaborer la substance de la plupart des organes. On retrouve d'autre part dans la feuille la majeure partie des matières minérales absorbées.

En début de végétation, nous avons prélevé à trois reprises et à deux semaines d'intervalle des feuilles "standard" qui correspondent à la feuille jeune adulte. L'insertion de cette feuille s'effectue sur la tige au-dessous de la fleur épanouie.

Cette technique de prélèvement permet une comparaison précise entre les variétés et les traitements pour une date, mais ne donne pas d'indication valable pour l'évolution dans le temps. En effet, les feuilles d'un rameau ont une concentration minérale et azotée différente selon leur position.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire d'analyse végétale de Bordeaux selon les méthodes classiques (cf. tableaux ci-après).

La nutrition minérale paraît normale pour la plupart des échantillons analysés au cours du temps. En effet, les pourcentages d'azote, de potassium, de calcium et de magnésium sont normaux. Seule la teneur en phosphore apparaît faible surtout dans le pétiole.

En ce qui concerne l'azote, nous devons noter l'apport tardif de la fumure : le 9 juin pour l'irrigation à la raie et - surtout - en ce qui concerne le traitement "goutte à goutte" où le premier épandage est effectué à la mi-juin.

Il semble malgré tout apparaître une meilleure alimentation azotée de la plante avec l'irrigation à la raie jusqu'à la mi-juillet environ.

Après deux mois, les différences observées s'inversent du fait de l'apport journalier de l'azote dans l'eau d'irrigation du système goutte à goutte. Il paraît exister un temps de latence entre le moment où l'apport d'azote est appliqué au sol et l'époque à laquelle la plante réagit à cet épandage.

La variété "Violette de Barbentane" montre de meilleures possibilités d'absorption pour l'azote et cette différence avec "Ronde de Valence" est d'autant plus grande que la comparaison est plus tardive.

La nutrition en phosphore est peu affectée par le traitement appliqué et par la variété utilisée.

L'alimentation potassique est bien jugée par la comparaison des teneurs dans le pétiole. Nous pouvons noter dans cet organe non seulement une différence en fonction du traitement, mais aussi avec les variétés.

Les trois analyses effectuées montrent que l'irrigation à la raie favorise la nutrition potassique des plantes. En effet, malgré un apport journalier de potassium soluble avec le système d'irrigation "goutte à goutte", les teneurs sont plus élevées dans les pétioles des plantes recevant l'irrigation à la raie de façon discontinue.

Contrairement à l'azote, un temps de dessiccation du sol favorise l'absorption du potassium par la plante.

Mais pour un même traitement, la variété Violette de Barbentane absorbe mieux le potassium que la Ronde de Valence pendant toute la période végétative.

En ce qui concerne les alcalino-terreux, calcium et magnésium, leur absorption par la plante est meilleure avec l'irrigation goutte à goutte pendant toute la période d'observation. Mais les différences observées sont assez faibles surtout pour les analyses de magnésium.

Dans la plupart des cas, la variété Ronde de Valence absorbe mieux le calcium et le magnésium par rapport à Violette de Barbentane.

Les observations effectuées montrent que les différences observées restent en général assez faibles pour tous les éléments nutritifs sur lesquels des analyses ont été faites.

Les différences observées entre traitements ou variétés ne sont parfois pas plus importantes que celles observées entre répétitions.

* * *

% de Matière sèche Phosphore	FEUILLES											
	25/6				9/7				23/7			
	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole
Bloc	I	0,28	0,16	0,22	0,12	0,27	0,17	0,22	0,12	0,27	0,17	0,18
	II	0,30	0,19	0,21	0,12	0,21	0,11	0,22	0,11	0,21	0,11	0,11
Goutte à goutte (0) <u>Irrigation</u>		0,33	0,22	0,22	0,11	0,24	0,12	0,24	0,11	0,24	0,12	0,12
	Raie (1)	0,26	0,14	0,21	0,11	0,21	0,11	0,21	0,11	0,21	0,11	0,11
Ronde de Valence (1) <u>Variété</u>		0,33	0,19	0,22	0,11	0,24	0,12	0,24	0,11	0,24	0,12	0,12
	Violette de Barbentane (2)	0,26	0,17	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,16
Irrigation X Variété	0 - 1	0,33	0,25	0,24	0,12	0,24	0,12	0,24	0,12	0,24	0,12	0,16
	0 - 2	0,28	0,19	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,13
	1 - 1	0,28	0,14	0,21	0,10	0,21	0,10	0,21	0,10	0,21	0,10	0,09
	1 - 2	0,24	0,14	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,21	0,13	0,15

% de Matière sèche Potassium		FEUILLES							
		25/6			9/7			23/7	
		Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole
Bloc	I	4,21	4,33	4,22	7,29	4,32	6,64	4,32	6,64
	II	4,41	5,22	4,06	6,64	4,18	7,59	4,18	7,59
Goutte à goutte (0) <u>Irrigation</u>		4,09	4,35	4,06	6,96	4,35	6,45	4,35	6,45
	Raie (1)	4,53	5,21	4,22	6,97	4,16	7,78	4,16	7,78
Ronde de Valence (1) <u>Variétés</u>		4,26	3,98	3,92	6,25	3,95	6,16	3,95	6,16
	Violette de Barbentane (2)	4,26	5,57	4,35	7,67	4,56	7,77	4,56	7,77
Irrigation	0 - 1	4,03	4,01	3,88	6,45	3,92	6,49	3,92	6,49
	X	4,19	4,68	4,25	7,48	4,48	6,17	4,48	6,17
Variétés	1 - 1	4,53	3,95	3,98	6,06	3,98	6,50	3,98	6,50
	1 - 2	4,53	6,47	4,46	7,87	4,34	9,07	4,34	9,07

% de Matière sèche Calcium		F E U I L L E S											
		25/6				9/7				23/7			
		Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole				
Bloc	I	3.88	1.76	3.69	1.91	3.24	1.74						
	II	4.26	2.19	4.09	2.35	2.72	1.86						
Goutte à goutte (0) <u>Irrigation</u>		4.75	1.95	4.19	2.29	3.59	1.93						
	Raie (1)	3.98	2.00	3.58	1.97	3.02	1.67						
Ronde de Valence (1) <u>Variété</u>		4.01	1.90	4.24	2.15	3.68	2.60						
	Violette de Barbantane (2)	4.12	2.05	3.53	2.11	2.93	1.73						
Irrigation	0 - 1	4.16	1.98	4.56	2.34	4.02	2.07						
	X	4.16	1.93	3.82	2.25	3.16	1.80						
Variété	1 - 1	3.87	1.82	3.93	1.97	3.33	1.67						
	1 - 2	4.10	2.18	3.25	1.97	2.71	1.67						

% de Matière sèche	FEUILLES						
	25/6		9/7		23/7		
	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	Limbe	Pétiole	
MAGNESIUM	I	0,35	0,20	0,25	0,21	0,25	0,21
	II	0,32	0,24	0,24	0,25	0,28	0,22
Goutte à goutte (0) <u>Irrigation</u>		0,36	0,23	0,25	0,27	0,27	0,24
	Raie (1)	0,31	0,21	0,23	0,20	0,26	0,19
Ronde de Valence (1) <u>Variété</u>		0,36	0,24	0,29	0,23	0,29	0,21
	Violette de Barbentane (2)	0,31	0,20	0,20	0,24	0,24	0,24
Irrigation	0 - 1	0,39	0,26	0,30	0,27	0,30	0,26
	X	0,34	0,20	0,23	0,27	0,22	0,20
Variété	1 - 1	0,33	0,23	0,28	0,20	0,26	0,16
	1 - 2	0,29	0,20	0,19	0,21	0,27	0,22

VI - PATHOLOGIE1/ - INFLUENCE DU MODE D'IRRIGATION SUR LE DEVELOPPEMENT DE LA VERTICILLIOSE -

En cours de culture, s'est rapidement manifestée une attaque de Verticilliose due au champignon du sol Verticillium dahliae Kleb. (l'aubergine est très sensible à ce champignon).

De nombreuses plantes ont montré des symptômes, souvent intenses. Cependant, la répartition n'était pas homogène et une notation détaillée a paru utile pour déceler d'éventuelles relations entre l'intensité de la maladie et les facteurs pris en compte dans l'essai - essentiellement les deux types d'irrigation et les deux variétés - à situer par rapport à la distribution naturelle de l'inoculum dans le sol.

2/ - CARACTERISTIQUES DE LA NOTATION -

- Date : 12-13 août (pratiquement au maximum de l'attaque).
- Echelle : 0 à 4 pour une plante selon la proportion de feuillage affecté et le type de symptôme (feuilles jaunes, flétries, desséchées).
- Echantillonnage : une plante sur deux dans une ligne sur deux.

3/ - RESULTATS -

Irrigation Variété	Goutte à goutte	A la raie	Σ	\bar{m}
Violette de Barbentane	0,75	0,52	1,27	0,65
Ronde de Valence	1,8	1,15	2,95	1,47
Σ	2,55	1,67		
\bar{m}	1,27	0,84		

4/ - CONCLUSION, DISCUSSION -

L'effet "variété" est très net. Cela recoupe le résultat d'études antérieures où la sensibilité de ces deux variétés au Verticillium était comparée en conditions contrôlées.

L'effet "mode d'irrigation" semble, par ailleurs, important (en dépit du manque de répétitions du dispositif). Compte-tenu du développement des plantes, cela nous paraît logique : les aubergines irriguées au goutte à goutte connaissent une croissance bien supérieure à celle des autres; or, l'extension du Verticillium dans les plantes est favorisée par une végétation active.

. Remarque 1 : Compte-tenu de la distribution des notes dans les parcelles, il ressort que la répartition du Verticillium dans le sol n'est pas homogène. Mais, en fait, il apparaît un gradient Nord-Sud de telle sorte que chaque bloc est infesté de façon homogène : la notation globale traduit donc bien des écarts systématiques.

. Remarque 2 : La gravité d'ensemble de l'attaque, comme celle de certaines manifestations ponctuelles, est due à l'importance de l'inoculum présent dans le sol de la parcelle. L'étude du pouvoir pathogène des souches de Verticillium isolées à partir de diverses plantes, très sévèrement affectées, a en effet révélé des niveaux de virulence assez élevés mais se situant dans la gamme des intensités communément observées.

VII - CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT

Les diverses équipes de Bioclimatologie de Versailles, de la Science du Sol, de l'Amélioration des Plantes et d'Agronomie ont effectué sur le terrain une série de mesures concernant la croissance et le développement.

Elles se sont intéressées plus particulièrement à la détermination d'un indice foliaire, aux relations débit des capillaires-production de matière végétale, aux problèmes de floraison et de nouaison et au grossissement du fruit.

1/ - INDICE FOLIAIRE -

Cet indice a été déterminé sur une seule variété - Ronde de Valence - le 12 août 1975, à une époque où les plantes étaient adultes.

Quatre pieds de Ronde de Valence ont été prélevés dans chacun des traitements d'irrigation et leurs surfaces foliaires totales déterminées par mensurations directes.

Les résultats mettent en évidence une valeur de l'indice foliaire nettement plus élevée pour le système d'irrigation goutte à goutte (1,77) par rapport à l'irrigation à la raie (1,29).

Quand on observe la répartition de la matière fraîche et de la matière sèche entre les tiges et les feuilles, nous notons une augmentation nette de production de matière végétale.

L'indice 100, pour l'irrigation à la raie, subit un accroissement de 120 à 128 selon l'organe pour le poids frais ou le poids sec.

2/ - RELATION MATIERE VEGETALE PRODUITE-DEBIT DES CAPILLAIRES -

L'ensemble des capillaires fonctionnant dans le système n'étant pas rigoureusement calibré (diamètre compris entre 62 et 67 mm), on a recherché l'influence éventuelle des différences de débit appliqué réellement sur la production de matière végétale, en corrélant au débit réel de chaque capillaire :

- la production de matière verte : poids de la partie aérienne de la plante correspondante au capillaire;

- la production de matière sèche : poids de la partie aérienne de la plante correspondante au capillaire après séchage à 105° C.

L'analyse des résultats, schématisés en figures 25 et 26, montre que dans les conditions expérimentales précédemment indiquées il n'existe pas de corrélations entre la production de matière végétale et le débit-dose des capillaires.

Ce résultat peut être le fait :

- soit d'une compensation de la demande climatique par l'ensemble du couvert végétal, équilibrant les différentes demandes ponctuelles;

- soit d'une efficacité très faible ou nulle de l'eau apportée en excès dans l'hypothèse d'une irrigation supérieure aux besoins.

3/ - RYTHME DE FLORAISON ET MISE A FRUIT -

a) Date de floraison -

Sur les deux premiers étages, on note une avance significative de la "Violette de Barbentane" (VB) (lignées LF₃) sur la "Ronde de Valence" (RV) : 3 jours et 2 jours respectivement (1er et 2ème étage).

Le mode d'irrigation n'a d'influence que sur la première fleur; le plus précoce est le traitement "goutte à goutte" : 1 jour d'avance en moyenne (hautement significatif).

b) Rythme d'apparition des fleurs -

Par la suite, on a noté le flux d'apparition de fleurs par périodes de deux semaines. On note, à partir du 21 juillet et pendant une période d'un mois (arrêt des observations le 18 août), un avantage très net du traitement goutte à goutte : 13,7 fleurs (deux fois) contre 10,5 et 9,2 pour l'irrigation à la raie, soit un avantage de 30 et de 50 % respectivement.

D'abord un peu inférieure, Violette de Barbentane devient finalement très supérieure à Ronde de Valence (14,3 fleurs au lieu de 8,6) (traitements d'irrigation confondus).

c) Formation des fruits (nouaison) -

On a noté la proportion de fleurs donnant effectivement un fruit sur le premier et le deuxième étages (3 fleurs au total).

Le taux de nouaison est significativement plus grand au premier étage pour l'irrigation goutte à goutte.

Au deuxième étage, les effets ne sont pas significatifs. Sur cet étage, le niveau est faible (20 à 25 % généralement et parfois en-dessous de 10 %) : cela résulte de conditions de milieu défavorables ou d'une erreur culturale.

Fig. 25 - Relation Nature Fraiche. Debit Capillaires

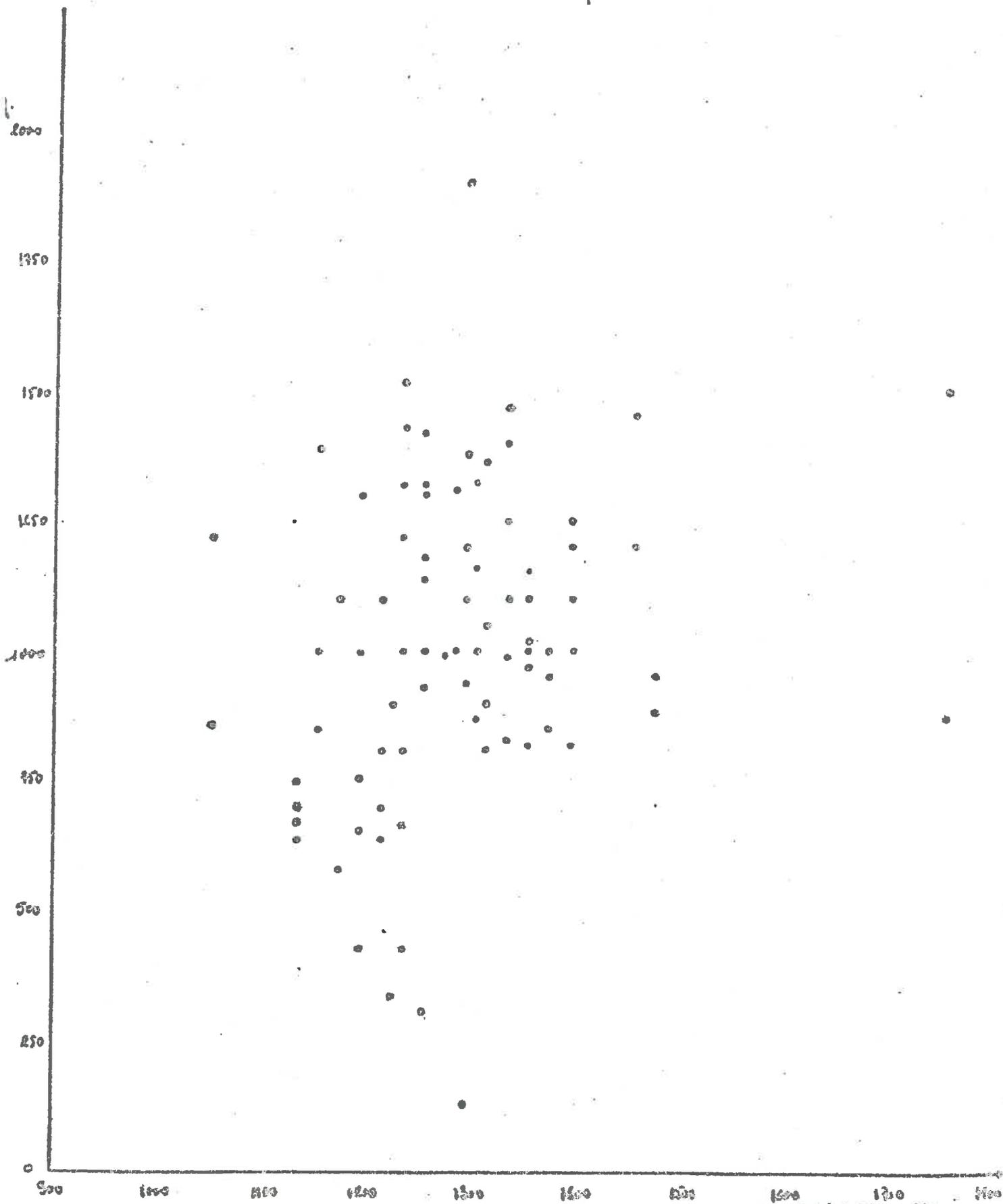
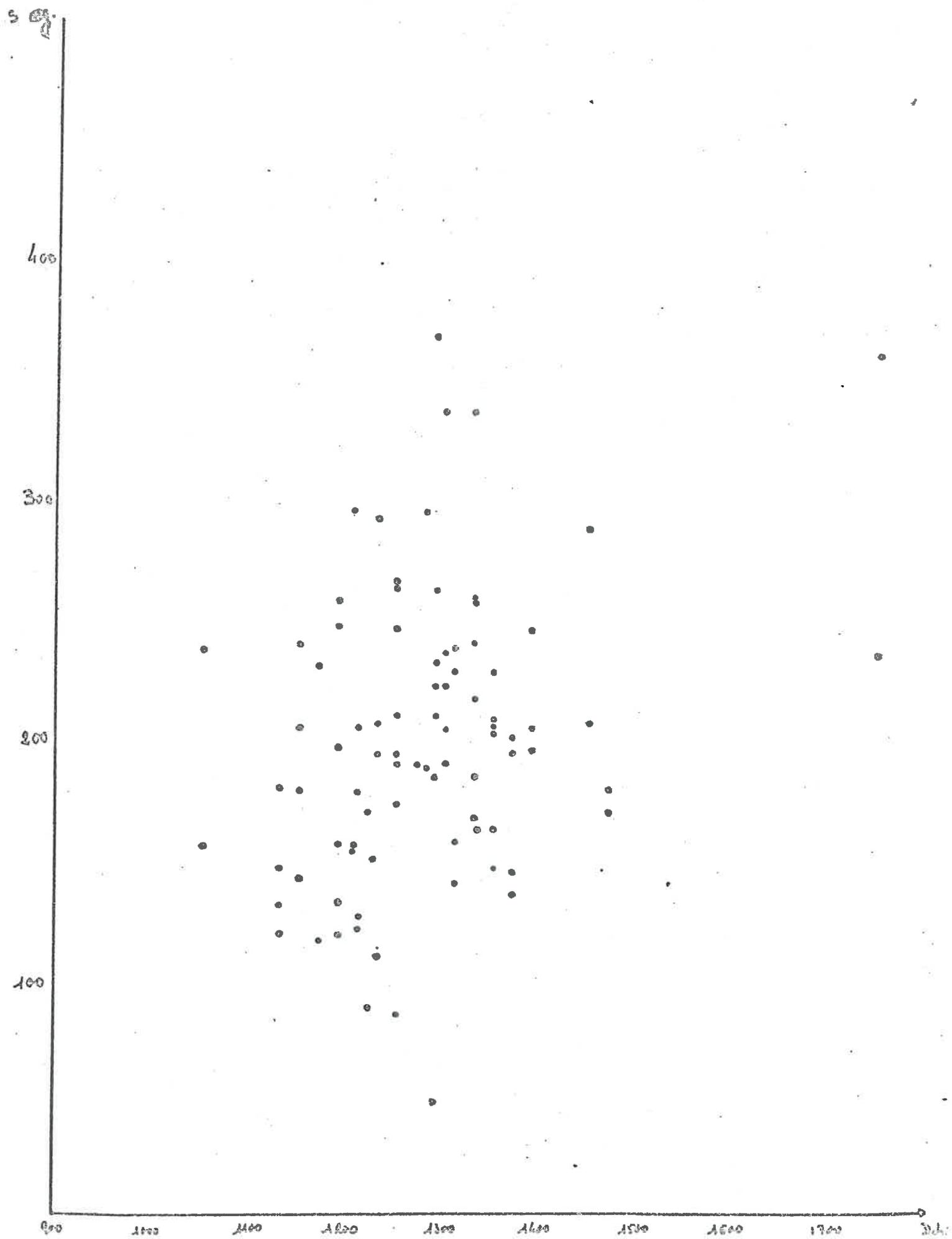


Fig. 26 - Relation Hauteur sèche - Débits Capillaires



Sur ces trois critères, on peut donc constater un effet favorable de l'irrigation localisée dès le début de la phase reproductive. L'adaptation au milieu, appréciée par la rupture d'apparition des fleurs, paraît meilleure pour la variété "Violette de Barbentane".

4/ - GROSSISSEMENT DU FRUIT - (Fig. 27)

Nous avons effectué des mesures de croissance du fruit en notant l'évolution du volume du fruit depuis le stade fleur fanée jusqu'à la récolte.

Il s'écoule généralement de 3 à 5 jours entre le stade fleur épanouie et le stade fleur fanée. Cette mesure présente deux difficultés majeures : le choix de la fleur et celui de la date de récolte.

Ainsi avons-nous systématiquement choisi des fleurs sur des axes principaux, mais certaines tombent rapidement et d'autres ne donnent pas un fruit normal. De plus, au moment de la récolte, certains fruits étaient encore à un stade de croissance accéléré.

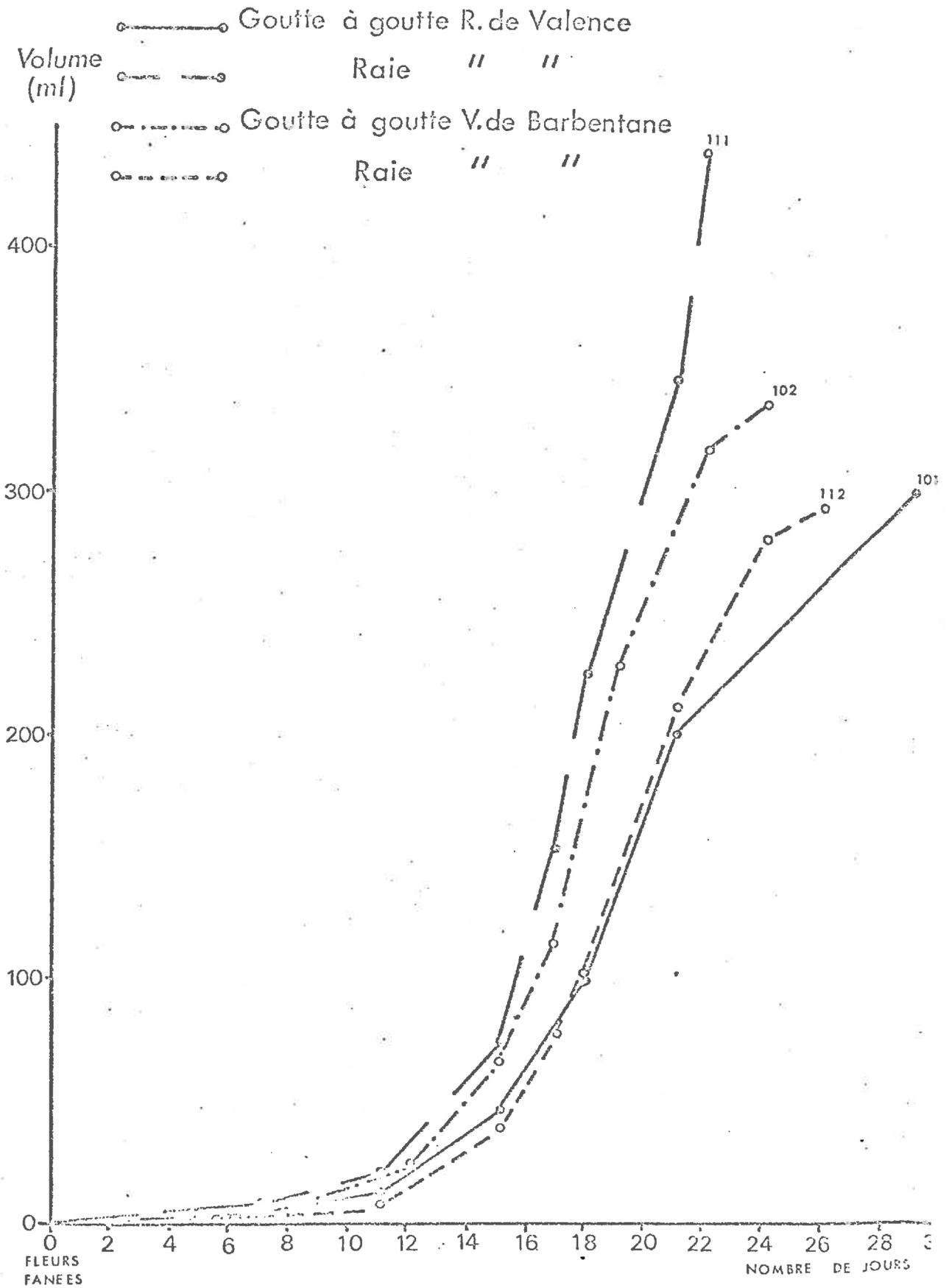
Le traitement, irrigation goutte à goutte ou irrigation à la raie, possède un effet parfaitement opposé selon la variété étudiée. En effet, l'irrigation "goutte à goutte" favorise le grossissement du fruit pour Violette de Barbentane; par contre, c'est l'irrigation à la raie qui accélère la croissance du fruit de Ronde de Valence.

La réaction parfaitement opposée des deux variétés en ce qui concerne le grossissement du fruit paraît comme une nouvelle indication du comportement hydrique différent mis en évidence par E. POCHARD lors de cultures au champ ou en serre selon la saison.

Nous devons noter en outre l'accélération notable de croissance obtenue sur la variété Ronde de Valence avec l'irrigation à la raie par rapport à l'autre traitement.

En effet, à volume égal nous gagnons une semaine environ pour une période de croissance légèrement supérieure à un mois. Cet effet précocité de l'irrigation goutte à goutte sur la Violette de Barbentane existe aussi mais il apparaît moins nettement.

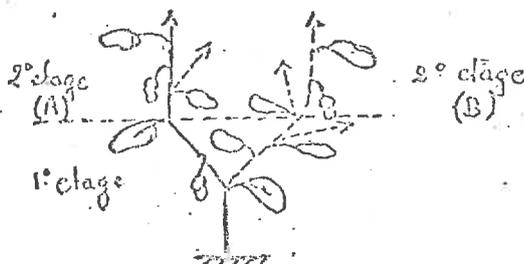
Il semble apparaître un facteur limitant au niveau de la croissance du fruit. En effet, même quand les fleurs sont parfaitement situées sur un axe majeur de la plante des fleurs pollinisées chutent ou ne donnent pas des fruits normaux.



CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES MESUREES

DATES DE FLORAISON DES DEUX PREMIERS ETAGES FLORAUX

On note, ou on évalue, le jour d'épanouissement du bouton floral à raison de 2 passages par semaine. Ainsi seront notés systématiquement les dates de floraison du 1er étage floral (1 fleur) et du 2ème étage floral (2 fleurs).



- Moyennes de floraisons parcelaires (1er et 2ème étages floraux)

Blocs	I				II			
	Goutte à goutte		Raie		Goutte à goutte		Raie	
Variétés	RV	VB	RV	VB	RV	VB	RV	VB
1er étage	24.57	20.02	25.04	22.97	25.28	22.64	25.06	21.95
2ème étage (A)	33.70	30.45	33.98	33.02	33.57	32.31	32.45	31.53
(B)	36.91	35.63	37.21	38.02	35.85	35.60	34.63	35.15

RV = Ronde de Valence, VB = Violette de Barbentane

Notations floraison 0 = 31 Mai 1975. 51 plantes par parcelle élémentaire.

- Comparaison des "effets" Bloc, traitement, variété par test "t" de Student

Effet étudié / Critère mesuré	Effet bloc			Effet traitement			Effet variétal		
	Moyennes	"t"	sign.	Moyennes	"t"	sign.	Moyennes	"t"	sign.
Floraison 1° ét	I : 23.40	1.42	NS	1 : 24.38	2.77	S 0.01	1 : 25.09	9.07	S 0.001
	II: 23.89			0 : 23.42			2 : 21.93		
Floraison 2° ét (A)	I : 32.80	0.95	NS	1 : 32.79	0.88	NS	1 : 34.12	3.27	S 0.001
	II: 32.51			0 : 32.52			2 : 31.87		
Floraison 2° ét (B)	I : 36.94	5.24	Signif	1 : 36.28	1.21	NS	1 : 35.74	1.22	NS
	II: 35.30			0 : 36.76			2 : 36.13		

Bloc I = Côté Nord

Traitement (1) = raie

Variété 1 = Ronde de Valence

Bloc II = Côté Sud

Traitement (0) = goutte à goutte

Variété 2 = Violette de Barbentane

Aptitude à la conservation des fruits

5 fruits sont récoltés par parcelle. Ces fruits pesés à la récolte subissent deux pesées successives à 4 et 8 jours d'intervalle. On exprime le taux de perte de poids de ces fruits par rapport à leur poids initial (Pi)

$$\left[\frac{P_i - P_{4j}}{P_i} \times 100 ; \frac{P_i - P_{8j}}{P_i} \times 100 \right]$$

Les fruits en cagette sont placés dans le hangar (milieu ambiant).

Blocs		1				2			
Traitements		goutte à goutte		Raie		goutte à goutte		Raie	
Variétés		RV	VB	RV	VB	RV	VB	RV	VB
Prélèvement 4/8/75	% perte de poids 4 j.	4.52	9.47	5.73	8.00	4.44	8.85	6.67	10.68
	% perte de poids 8 j.	7.02	16.60	8.47	13.60	7.14	13.00	10.80	19.80
	% m. s.	7.73	6.08	7.36	6.40	7.03	6.14	6.80	6.46
Prélèvement 19/8/75	% perte de poids 4 j.	4.32	8.00	5.27	8.77	3.85	6.49	4.70	8.71
	% perte de poids 8 j.	7.19	13.56	9.29	16.11	6.20	11.34	8.27	14.86

		Effet bloc	Effet traitement	Effet variétal
Prélèvement 4/8/75	% perte de poids 4 j.	1 : 6.93 2 : 7.66 t = 0.41 NS	0 : 6.82 1 : 7.77 t = 0.54 NS	1 : 5.34 2 : 9.25 t = 5.04 S 0,01 (VB > 73 % / R)
	% perte de poids 8 j.	1 : 11.42 2 : 12.68 t = 0.36 NS	0 : 10.94 1 : 13.16 t = 0.65 NS	1 : 8.36 2 : 15.75 t = 4.12 S 0,01 (VB > 88 % / R)
	Taux m. s.	1 : 6.89 2 : 6.60 t = 0.67 NS	0 : 6.73 1 : 6.65 t = 0.64 NS	1 : 7.22 2 : 6.27 t = 4.22 S 0,01 (RV > 15 %)
Prélèvement 19/8/75		Effet bloc	Effet traitement	Effet variétal
	% perte de poids 4 j.	1 : 6.59 2 : 5.93 t = 0.43 NS	0 : 5.66 1 : 6.86 t = 0.82 NS	1 : 4.53 2 : 7.99 t = 5.67 S 0,01 (VB > 76 %)
	% perte de poids 8 j.	1 : 11.53 2 : 10.16 t = 0.49 NS	0 : 9.57 1 : 12.13 t = 0.97 NS	1 : 7.73 2 : 13.97 t = 5.11 S 0,01 (VB > 81 %)

Remarque : Taux de nouaison : (Z) sur 1° étage et 2° étage (A) et (B)

Blocs	1				2			
	Goutte à goutte		Raie		Goutte à goutte		Raie	
	RV	VB	RV	VB	RV	VB	RV	VB
1er étage	54.90	62.74	23.52	41.47	39.21	56.86	7.84	40.81
2° étage (A)	23.52	17.64	40.21	17.64	5.88	21.56	19.60	25.49
2° étage (B)	25.49	7.84	45.09	11.76	21.56	10.00	25.49	25.49

Observations : Analyse statistique des données.

1° étage floral :

- Effet bloc : Bloc 1 : 45.58 % t = 0,70 NS
Bloc 2 : 36.18 %

- Effet traitement : Goutte à goutte : 0 = 53.43 % t = 2.66 S 0,05
Raie : 1 = 28.33 %

- Effet variétal : RV, 1 : 31.36 % t = 1,64 NS
VB, 2 : 50.39 %

2° étage floral : pas d'effets significatifs.

Rythme de floraison

On a noté tous les 15 jours le flux d'apparition de fleurs sur un échantillonnage de 5 plantes par parcelle. Toutes les fleurs épanouies entre deux passages ou en floraison au 2° passage sont comptabilisées.

Blocs	1				2			
	Goutte à goutte		Raie		Goutte à goutte		Raie	
	RV	VB	RV	VB	RV	VB	RV	VB
7.7.75/21.7.75	8.0	7.6	9.4	8.0	10.8	10.2	10	8.5
21.7.75/4.8.75	12.6	13.4	10.2	13.2	14.0	15.0	9.8	9.0
4.8.75/18.8.75	8.6	14.0	13.0	19.2	9.0	13.6	5.6	10.4

Nombre de fleurs épanouies en 15 jours.

Comparaison des effets bloc, traitement, variété par test "t" de Student.

Effets Périodes de notation	Effet Bloc			Effet traitement			Effet variétal		
	\bar{m}	t	signif.	\bar{m}	t	signif.	m	t	signif.
7.7.75/21.7.75	1 : 8.25 2 : 9.95	2.85	S 0.05	0 : 9.15 1 : 9.05	0.15	NS	1 : 9.55 2 : 8.65	1.41	NS
21.7.75/4.8.75	1 : 12.35 2 : 11.30	0.49	NS	0 : 13.75 1 : 10.50	4.30	S 0.01	1 : 11,60 2 : 12,65	1.15	NS
4.8.75/18.8.75	1 : 13.70 2 : 9.15	2.96	S 0.05	0 : 13.70 1 : 9.15	2.96	S 0.05	1 : 8.55 2 : 14.30	4.03	S 0.01

Bloc 1 : Nord
Bloc 2 : Sud

Traitement 1 : Raie
Traitement 0 : Goutte à goutte

Variété 1 : Ronda de Valence
Variété 2 : Violette de Barbantane.

VIII - PRODUCTION DE FRUITS

Les dimensions des parcelles ayant été choisies assez grandes, l'effet de masse a permis de simuler les conditions normales d'une culture commerciale. Aussi une étude de la production commerciale a pu être effectuée quantitativement et qualitativement.

1/ - RESULTATS QUANTITATIFS -

Les tableaux I et II présentent les résultats de l'ensemble des récoltes successives.

En première approximation, il apparaît :

- Pour la variété Violette de Barbentane, une action positive de l'irrigation au goutte à goutte par rapport au ruissellement. La différence peu importante dans le bloc Nord est par contre beaucoup plus accusée au Sud. La parcelle C paraît avoir été pénalisée par rapport au reste de l'essai. Les rendements y sont les plus faibles et le pourcentage d'écart le plus élevé.

Quel que soit le mode d'irrigation, l'évolution des rendements est régulière. A l'arrêt de l'essai, les plantes gardaient un potentiel de production intéressant.

- Pour la variété Ronde de Valence, en faisant abstraction des récoltes postérieures au 26 août (dégâts avec bris de branches occasionnés par le Mistral) sur la parcelle C, on observe une action positive sur les rendements de l'apport d'eau au goutte à goutte. Peu importante dans le bloc Nord, elle est très sensible dans le bloc Sud.

Le bloc C semble également avoir été pénalisé par rapport au reste de l'essai.

Les rendements rapportés à l'hectare en aubergines commercialisables sont les suivants :

. Violette de Barbentane :	à la raie	32 T 310
	goutte à goutte	43 T 490
. Ronde de Valence :	à la raie	27 T 360
	goutte à goutte	33 T 730

2/ - RESULTATS QUALITATIFS -

a) Tenue des fruits après cueillette (tableau en annexe) -

La mesure de la perte de poids des fruits après cueillette est une indication sur la valeur qualitative de la récolte en même temps qu'un moyen de préciser les caractéristiques structurales des fruits (perméabilité à l'eau).

COMPARAISON ENTRE SYSTEMES D'IRRIGATION

Variété : Violette de Barbentane

kg/parcelles

Dates	A = raie			B = goutte à goutte			Différence B rapport A		
	1 + 2 C	ECARTS	TOTAL	1 + 2 C	ECARTS	TOTAL	1 + 2 C	ECARTS	TOTAL
	29/7	21,030	-	21,030	23,020	-	23,020	+ 1,990	-
13/8	66,980	9,420	76,400	69,515	11,410	80,925	+ 2,535	+ 1,990	+ 4,525
2/9	113,600	17,810	131,440	119,965	19,930	139,895	+ 6,365	+ 2,120	+ 8,485
17/9	148,900	28,010	176,910	160,665	34,380	195,045	+ 11,765	+ 6,370	+ 18,135
C = raie									
D = goutte à goutte									
29/7	22,140	-	22,140	32,750	-	32,750	+ 10,610	-	+ 10,610
13/8	77,110	11,765	88,875	130,500	11,130	141,630	+ 53,390	- 0,635	+ 52,755
2/9	100,510	23,995	124,505	175,010	27,730	202,740	+ 74,500	+ 3,735	+ 78,235
17/9	125,760	37,895	163,655	209,060	45,530	254,590	+ 83,300	+ 7,635	+ 90,935
A - C									
B - D									
Différence sur total général									
	23,140	- 9,885	13,255	- 48,405	- 11,150	- 59,545			

Tableau I

COMPARAISON ENTRE SYSTEMES D'IRRIGATION

variété : Ronde de Valence

kg/parcelles

Dates	A = raie			B = goutte à goutte			Différence A - B		
	1 + 2 C	ECARTS	TOTAL	1 + 2 C	ECARTS	TOTAL	1 + 2 C	ECARTS	TOTAL
29/7	21,020	-	21,020	21,960	-	21,960	+ 0,940	-	+ 0,940
13/8	67,120	11,940	79,060	72,065	10,200	82,265	+ 4,945	- 1,740	+ 3,205
2/9	99,770	41,680	141,450	100,285	28,930	129,215	+ 0,515	- 12,750	- 12,235
17/9	123,770	62,730	186,500	112,185	49,430	161,615	- 11,585	- 13,300	- 24,885
	C = raie			D = goutte à goutte			Différence C - D		
29/7	23,040	-	23,040	40,850	-	40,850	+ 17,810	-	+ 17,810
13/8	71,775	15,655	87,430	110,900	14,730	125,630	+ 39,125	- 0,925	+ 38,200
2/9	90,065	42,685	132,750	155,090	36,890	191,980	+ 65,025	- 5,795	+ 59,230
17/9	108,815	61,885	170,700	174,590	61,990	236,580	+ 65,775	+ 0,105	+ 65,880
Différence sur total général	14,955	0,845	15,800	-62,405	-12,560	-74,965			
	A - C			B - D					

Tableau II

On note une meilleure conservation des fruits obtenus en irrigation localisée : perte d'eau 10,3 % en huit jours au lieu de 12,6 %; classement inversé seulement une fois sur huit mesures.

Les différences variétales sont toujours significatives au niveau 1 % car la perte d'eau est presque deux fois moins rapide chez la Ronde de Valence : 8 % en huit jours au lieu de 15 % chez Violette de Barbentane.

Sans doute la forme subsphérique et la masse plus grande des fruits de la première sont-ils la cause de ce phénomène ?

b) Importance des écarts -

Le tableau III ci-après donne l'évolution en pourcentage des écarts par rapport à la récolte totale.

L'apport d'eau au goutte à goutte n'a pas d'action apparemment significative au niveau de la qualité de la récolte. Le pourcentage d'écarts de triage reste assez voisin pour les deux traitements.

c) Caractéristique du fruit -

Nous avons mesuré, au moment de la récolte sur des échantillons de fruits frais, diverses caractéristiques pour donner une image du type de fruits obtenus. Chaque échantillon est composé d'au moins 10 fruits dont on prélève une partie aliquote représentative de l'ensemble du fruit.

Les analyses sont effectuées sur les jus bruts non dilués provenant d'un moulin centrifugeur. Ces extractions donnent une très bonne reproductibilité des mesures et d'autre part, elles permettent d'opérer sur un échantillonnage très important de portions de fruits.

L'effet du traitement et de la variété est peu marqué sur les caractéristiques du fruit. En effet, le type d'irrigation agit uniquement sur la valeur de l'extrait sec, sur les cendres et l'azote tandis que les variétés se différencient surtout par la densité, les cendres et le potassium.

Quand on compare l'irrigation au goutte à goutte avec le système traditionnel à la raie, ce dernier augmente la valeur de l'extrait sec et le taux d'azote du fruit mais diminue la teneur en cendres et plus particulièrement celle du potassium.

En ce qui concerne les variétés, le fruit de Violette de Barbentane est moins dense mais plus riche en azote et en matières minérales avec une action marquée sur le taux de potassium. Seule l'irrigation goutte à goutte réduit notablement la valeur de l'extrait sec du fruit qui est une caractéristique intéressante. Le pouvoir calorifique lié aux protides (azote) reste faible dans tous les cas.

EVOLUTION EN POURCENTAGE DES ECARTS
PAR RAPPORT A LA RECOLTE TOTALE

Violette de Barbentane				
dates	Raie		Goutte à goutte	
	A	C	B	D
29/7	0	0	0	0
13/8	12,3	13,2	14,0	7,0
2/9	13,5	19,2	14,2	13,6
17/9	15,8	23,1	17,6	17,8
Ronde de Valence				
dates	Raie		Goutte à goutte	
	A	C	B	D
29/7	0	0	0	0
13/8	15,1	17,9	12,3	11,7
2/9	29,4	32,1	22,3	19,2
17/9	33,06	36,2	30,5	26,2

Tableau III

A T P - Aubergine 1975 - Composition du Fruit

	Extrait sec % du poids frais	Densité du fruit	Acidité libre en meq. %	pH	% du Poids sec					
					Cendres	Azote	Phosphore	Potassium	Magnésium	Calc
Moyennes de 3 dates de récolte	I	0,603	1,40	5,59	8,22	2,44	0,30	3,33	0,17	0,11
	II	0,580	1,44	5,51	8,16	2,50	0,24	3,36	0,19	0,11
Scutte à goutte (0)		0,603	1,39	5,59	8,20	2,54	0,30	3,44	0,18	0,12
	Raie (1)	0,579	1,44	5,51	7,87	2,72	0,24	3,24	0,17	0,15
Variétés	Ronde de Valence (1)	0,630	1,38	5,53	7,45	2,33	0,26	3,06	0,17	0,16
	Violette de Barbentane (2)	0,553	1,45	5,57	8,76	2,61	0,29	3,62	0,19	0,17
Irration	0 - 1	0,641	1,34	5,60	7,67	2,40	0,30	3,13	0,18	0,17
	0 - 2	0,566	1,45	5,59	8,99	2,69	0,30	3,76	0,19	0,18
Variété X	1 - 1	0,610	1,42	5,47	7,23	2,26	0,22	2,99	0,16	0,16
	1 - 2	0,539	1,46	5,55	8,53	2,53	0,28	3,50	0,19	0,16

IX - CONCLUSION PARTIELLE SUR LES ASPECTS BIOLOGIQUES

L'ensemble des observations biologiques tend à montrer un effet favorable de l'irrigation localisée, particulièrement net sur la variété Violette de Barbentane.

La floraison se déroule à un rythme plus soutenu, la nouaison est plus régulière et le grossissement des fruits plus rapide chez ce génotype. Cela se traduit finalement par un rendement augmenté de 35 %.

Chez Ronde de Valence où les rendements sont plus faibles en valeur absolue, il y a aussi un avantage de l'irrigation localisée mais il n'est plus que de 23 %

Parmi les mesures de l'état hydrique, deux semblent particulièrement intéressantes. Il s'agit d'une part de la mesure des quantités d'eau et de matière sèche par unité de surface de limbe, d'autre part des mesures de résistance à la diffusion par une méthode porométrie.

Il est indéniable que les différences biologiques signalées plus haut varient dans le même sens que les taux d'hydratation du feuillage mesurés par le rapport Eau/ms.

Violette de Barbentane est toujours plus hydratée que l'autre variété et l'effet favorable de l'irrigation localisée est, chez elle, plus importante.

Les mesures porométriques (qui ne concernent cependant qu'une seule journée) indiquent une ouverture stomatique plus grande et plus stable chez la même variété et un effet positif de l'irrigation localisée sensible seulement sur elle.

Tous ces faits semblent montrer que la croissance et la fructification de l'espèce étudiée dépendent, en grande partie, des possibilités de fournir à la plante les quantités d'eau dont elle a besoin pour maintenir le système assimilateur dans un état d'hydratation favorable.

* * *

CONCLUSION GÉNÉRALE

Il convient tout d'abord de rappeler l'objectif général du travail entrepris. Moins que d'un essai d'irrigation proprement dit, dans lequel on s'efforce de mesurer l'efficacité de l'eau apportée, il s'agissait d'un essai d'analyse des différents aspects du fonctionnement de divers systèmes "sol-plante-atmosphère".

Toutefois, pour des raisons pratiques ou liées à la nécessité d'aboutir à un compromis compatible avec les exigences expérimentales des différentes équipes travaillant sur le dispositif, ce dernier n'a pas toujours représenté l'outil idéal pour chacune d'entre elles. En particulier, le choix comme référence de l'irrigation à la raie et ses modalités de mise en oeuvre, liées aux exigences de la culture testée, a quelque peu atténué l'opposition des traitements du double point de vue "localisation dans l'espace" et "continuité dans le temps" des apports d'eau.

Telles quelles, les mesures et les comparaisons réalisées permettent de formuler quelques conclusions importantes d'ordre méthodologique et sur le fond du problème étudié; on peut aussi en tirer différentes indications sur la poursuite éventuelle du travail entrepris.

- DU POINT DE VUE METHODOLOGIQUE -

. Il est apparu en premier lieu que, convenablement localisées sur le terrain, des cinétiques précises de diffusion d'eau dans le sol par la méthode neutronique pourraient permettre, outre l'étude de la distribution de l'eau apportée, une approche utile du fonctionnement du système racinaire. Réalisées sur lysimètres, de telles études permettraient de plus des évaluations d'évapotranspiration réelles ou maximales instantanées.

. Le contrôle neutronique du fonctionnement hydrique des lysimètres avait été au départ considéré comme plus important que la comparaison des mouvements d'eau dans le sol sous les deux variétés étudiées. De fait, on en a tiré un moyen important de critique des bilans établis grâce aux études de drainage : la dynamique de l'eau en lysimètre s'est avérée très influencée par la présence d'une couche saturée en fond de cuve.

Une réserve doit donc être faite sur les possibilités d'extrapolation à l'ensemble de l'essai des bilans réalisés en lysimètres.

. La comparaison des différents types d'appréciation de l'état hydrique du végétal s'est avérée instructive. Dans l'ensemble, elles ont fourni des résultats convergents.

Il semble que des tests simples, faciles à mettre en oeuvre tels que les teneurs en eau surfacique des feuilles, présentent un grand intérêt pour assurer un contrôle pratique.

Par ailleurs, les mesures de résistance stomatique et de potentiel hydrique, plus laborieuses mais plus à même de fournir des informations sur les processus de transfert sol-plante-atmosphère, devraient encore faire l'objet de recherches quant à leur modalité de mise en oeuvre (période de la journée, choix des organes ...).

. Enfin, ce travail a clairement mis en évidence l'intérêt d'une collaboration pluridisciplinaire suffisamment large. Les disciplines classiquement concernées par les problèmes d'alimentation hydrique (Bioclimatologie, Agronomie-Science du Sol) ont vu l'efficacité de leur recherche propre considérablement accrue par le travail réalisé par des spécialistes d'Amélioration des Plantes concernés par le critère "comportement hydrique des cultivars" d'aubergine, mais aussi par ceux de la Pathologie Végétale (interaction irrigation x variété sur la gravité des attaques de Verticilliose).

- SUR LE FOND -

. Dans le domaine de la distribution de l'eau apportée, outre une meilleure connaissance de l'eau dispensée à la raie, il apparaît que dans l'irrigation localisée, l'ensemble des caractéristiques physiques et hydriques du profil conditionnent la forme de la zone humectée. Dans les conditions de l'essai (maintien général de l'humidité au voisinage de la capacité au champ, proximité de cette dernière et de l'humidité à la saturation en raison de la texture), la zone mouillée sous capillaire est beaucoup plus limitée qu'après irrigation à la raie.

. Parallèlement, l'enracinement est également beaucoup plus localisé. Par contre, la probabilité de trouver de l'eau à faible potentiel (valeur absolue) dans la zone des racines est plus élevée.

. Le bilan hydrique réalisé, avec les incertitudes mentionnées, suggère une consommation d'eau inférieure dans le cas de l'apport localisé et "a fortiori" une meilleure efficacité de l'eau consommée puisque la production est plus élevée. Ce point gagnerait à être vérifié par un véritable essai d'irrigation comportant la comparaison de plusieurs taux de rationnement.

. L'étude des différentes conditions expérimentales visait à fournir un ensemble cohérent de données sur le système "eau dans le sol-eau dans la plante".

Les observations enregistrées parallèlement au niveau de la floraison, de la nouaison et du grossissement du fruit, montrent que l'aubergine, et singulièrement le cultivar "Violette de Barbentane", est très sensible aux conditions de son alimentation hydrique. L'autre cultivar "Ronde de Valence" réagit beaucoup moins mais c'est parce qu'il semble mal adapté aux conditions climatiques locales, singulièrement en période caniculaire.

. Dans l'ensemble, le système d'irrigation localisée - dont on peut noter qu'il a fonctionné sans incident notable tout au long de la culture sans autre travail que l'ouverture quotidienne d'une vanne volumétrique - s'est montré nettement supérieur à l'irrigation à la raie, tant au point de vue du volume du feuillage que de la production de fruits.

Deux observations doivent ici être faites :

1°) Ce gain de production a été acquis malgré une attaque importante de verticilliose, favorisée par l'irrigation localisée et malgré une plus grande sensibilité des parcelles arrosées par capillaire à tout retard dans l'apport d'eau quotidien et même, semble-t-il, aux conditions climatiques extrêmes (flétrissement plus fréquent les jours très chauds en début d'après-midi).

2°) Le dispositif ne permettait pas de mesurer l'influence du mode de distribution des engrais associés aux traitements d'irrigation. On note cependant par diagnostic foliaire une meilleure nutrition azotée à partir de la mi-juillet .

- PERSPECTIVES -

Les problèmes posés, dont certains n'ont reçu en 1975 que des réponses fragmentaires ou indicatives, suggèrent la poursuite des recherches dans trois directions principales.

1/ En premier lieu, une évaluation des possibilités de rationnement de l'eau d'irrigation selon la technique d'apport. La réalisation d'un tel objectif nécessite des moyens spécifiques (main d'oeuvre et complément de matériel) importants et ne peut être envisagée en 1976 sans un effort particulier décidé rapidement.

2/ Un deuxième type de recherches regroupe une série d'études beaucoup plus sectorielles sur certains aspects fondamentaux du fonctionnement du système étudié. De telles recherches, qui devraient pour être efficaces rester étroitement coordonnées, peuvent toutefois beaucoup plus facilement être entreprises dans le cadre propre des différentes disciplines concernées pour autant que leur importance soit reconnue.

Il s'agirait notamment des sujets suivants :

- Analyse des conditions microclimatiques selon les modalités d'irrigation.
- Influence de l'état physique et surtout, dans un premier temps, de l'état hydrique initial du sol sur la distribution de l'eau.
- Influence des modalités d'apport sur les "profils de fonctionnement racinaire".
- Poursuite des recherches de méthodologie comparée sur l'état hydrique de la plante.
- Etude des relations entre cet état et d'une part, la réalisation de certains stades de développement (floraison, nouaison notamment), d'autre part la sensibilité à différents parasites (*Verticillium*).

3/ Enfin, devrait être envisagée une première étape de diversification et de généralisation des résultats cultureux obtenus en 1975 :

- Application aux cultures fruitières;
- Etude en culture sous serre en particulier dans le cas du chauffage au sol;
- Enquête sur des réalisations diverses dans des exploitations agricoles.

--- /// ---

ANNEXE I

FICHE CULTURALE

FICHE CULTURALE

- PREPARATION DU TERRAIN -

- . Labour à 40 cm (charrue bisocs) sur l'ensemble de la parcelle, en mars 1975.
- . Labour de reprise (30 cm) le 12 mai.
- . Finition du terrain (passage de rotavator) le 13 mai (le tour des cases lysimétriques et l'intérieur ont été repris à la main les 14 et 15 mai).
- . Piquetage et ouverture des raies de plantation les 20 et 21 mai.

- ELEVAGE DES PLANTS -

- . Semis en terrine (TK 52) le 4 avril.
- . Repiquage en mottes (TK 52) de 8 x 8 x 8 le 29 avril.

- PLANTATION -

- . Le 22 mai, aux distances suivantes :
 - interligne : 1,00 m
 - sur la ligne : 0,50 m.
- . Nombre de plants par parcelle élémentaire = 255
- . Nombre de plants par ligne = 17
- . Nombre de plants par variété ou traitement = 1020
- . Nombre de plants par case lysimétrique = 4

- FUMURE -

a) de fond -

- P_2O_5 = 26,5 kg pour la parcelle
- K_2O = 26,5 kg pour la parcelle.

ce qui correspond à 276 kg/ha pour chaque élément épandu avant le labour de reprise du terrain (12 mai).

b) de couverture -

1) à la raie -

- . 09 juin : ammonitrate = 321 g - nitrate de potasse = 187 g par raie d'arrosage, soit pour 16,5 m².
- . 03 juillet : - idem -
- . 24 juillet : - idem -
- . 07 août : - idem -
- . 21 août : - idem -

ce qui correspond à des apports totaux de :

- 416 kg/ha d'azote
- 260 kg/ha de potasse.

2) goutte à goutte -

Les mêmes quantités globales ont été apportées sous forme d'engrais liquides et fractionnées en apport journalier. La première irrigation fertilisante a été faite le 19 juin.

- IRRIGATION -

Les quantités d'eau à apporter ont été calculées à partir de l'E.T.P. fétuque, fournie journallement par la Station de Bioclimatologie.

a) à la raie -

Le rythme choisi a été de deux apports d'eau par semaine :

- . jeudi : 300 litres par raie, soit 18,2 mm.
- . lundi : complément pour couvrir l'E.T.P. de la semaine précédente.

b) goutte à goutte -

- . du mardi au vendredi : apport de l'E.T.P. de la veille
- . samedi et dimanche : apport de l'E.T.P. du jeudi précédent, sauf en cas de pluie importante (30 juillet : 3,4 et 31 août, 6, 7, 13 et 14 septembre).
- . lundi : rectification après calcul des E.T.P. des vendredi, samedi, dimanche (voir cahier d'observations).

- TRAITEMENTS -

Quatre traitements insecticides contre : doryphore, acariens et pucerons ont été pratiqués les 26 juin, 7 et 30 juillet, 14 août.

- RECOLTE -

Elles ont été effectuées du 16 juillet au 17 septembre, à raison d'une cueillette par semaine, tous les mardis.

Les contrôles ont porté sur 5 lignes par parcelle élémentaire. Pour chacune, après tri en premier, deuxième choix et écarts, les fruits étaient comptés et pesés.

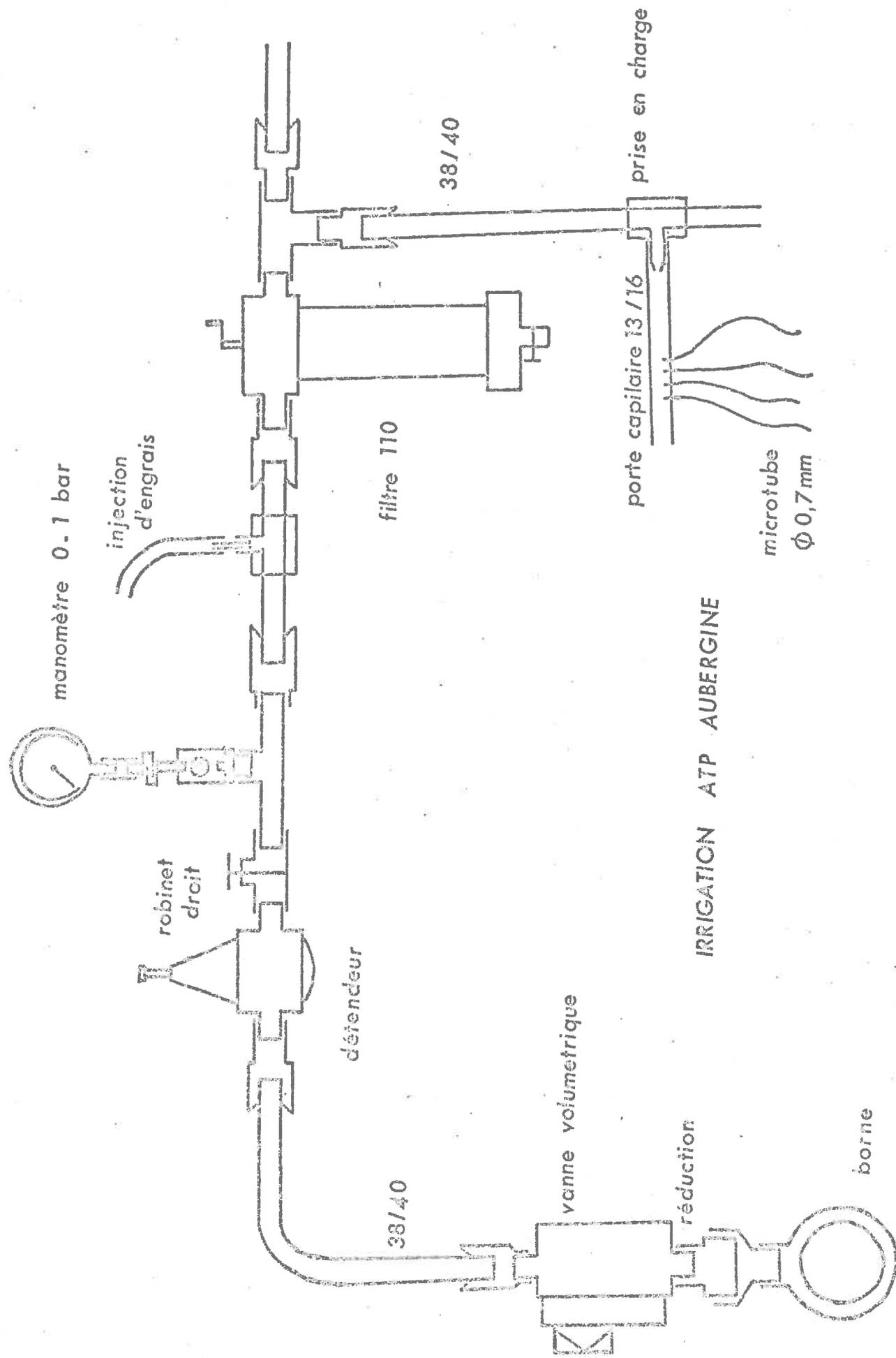
- OBSERVATIONS -

Une attaque sérieuse et généralisée de verticilliose a été enregistrée sur l'ensemble de l'essai. Il est certain que les rendements globaux ont été assez sérieusement diminués. Une application au sol de fongistatique aurait pu limiter l'action du parasite. Elle n'a pas été faite pour ne pas perturber l'essai, les apports devant s'accompagner d'un arrosage abondant sur l'ensemble des surfaces traitées.

Une reprise régulière des raies d'irrigation a été rendue nécessaire par l'apparition au fond de celles-ci de fentes de retrait parfois importantes. Leur présence rendait difficile, voire impossible, des apports d'eau homogènes.

Un violent coup de Mistral, enregistré du 22 au 26 août, a occasionné quelques dommages à l'essai. Les dégâts ont été très faibles sur les rangs de contrôle de récolte, sauf pour la parcelle B où un nombre important de branches cassées a été noté. De ce fait, le rendement des 5 lignes de mesure a été perturbé à partir de cette date.

* * *



ANNEXE II

CARACTERISATION DU TERRAIN D'ESSAI

NOTE CONCERNANT L'ETUDE PEDOLOGIQUE

EFFECTUEE SUR UNE PARCELLE DU TERRAIN "BARRE"

La superficie de la parcelle est d'environ 4.500 m²; elle est située en bordure N du domaine d'expérimentation et a la forme d'un trapèze dont la longueur moyenne est de 145 m et la largeur de 30 m.

Une première reconnaissance a été faite en 1969 par J. ROYERE et portait sur la superficie totale du terrain "Barre" (9 ha).

Les profils n° 33, 34 et 36, d'une profondeur de 1,20 m, sont situés sur la parcelle qui nous intéresse. Les couches 0-20 et 40-60 cm de ces profils ont fait l'objet d'analyses granulométriques.

Le but de cette étude est l'implantation d'un dispositif d'irrigation expérimental avec lysimètres et la pose de tubes métalliques pour mesures de l'humidité à l'aide de la sonde à neutrons.

Une bonne homogénéité du milieu est recherchée et les critères morphologiques de sol prépondérants sont :

- la texture des horizons,
- la présence d'éléments siliceux grossiers (à 2 mm) dans les horizons supérieurs (0 à 1 m),
- l'hydromorphie apparente, décelée par la présence de taches, de concrétions ferro-manganiques, de pseudo-gley et de gley,
- la profondeur d'apparition de ces phénomènes,
- la nature du substratum et la présence d'un horizon caillouteux dense.

L'étude a été effectuée au moyen de 38 sondages à la tarière de 1,70 m. Les sondages sont disposés en quinconce de part et d'autre de l'axe le plus long de la parcelle qui est orientée E-W; ils sont déterminés par un quadrillage de 10 x 10 m.

La densité des observations est de 1 pour 120 m².

Chaque sondage a fait l'objet d'une fiche descriptive des caractères morphologiques de 20 en 20 cm.

Les sondages n° 2, 5, 9, 14, 17, 21, 24 et 27 ont donné lieu à des prélèvements d'humidité, correspondant aux profondeurs d'observations.

- COUCHE SUPERIEURE DU SOL (0 à 1 m) -

Le sol est formé par les alluvions modernes du confluent Rhône-Durance. Les matériaux sont calcaires (30 à 40 % CaCo₃).

Les textures sont assez homogènes, de types limono-argileux à argile-limoneuse; le premier type de texture dominant principalement dans le tiers W de la parcelle.

La couche 0-1 m est dépourvue d'éléments siliceux grossiers, sauf aux sondages n° 9, 10 et 18 où une faible charge en graviers apparaît vers 50 cm.

Les horizons ne portent presque pas de traces d'hydromorphie avant 90 cm, sauf aux sondages n° 12 et 37 où les marques de ce phénomène commencent vers 50 cm et affectent les profils jusqu'à 1,70 m.

Aux sondages n° 3 et 4, vers 60 cm, l'horizon est affecté sur 10/15 cm par la présence de gley avec des taches de couleur "rouille".

Même phénomène au sondage n° 11 vers 25 cm, avec une intensité nettement plus faible; ces caractères d'hydromorphie s'amenuisent ensuite et ne réapparaissent qu'en profondeur.

Il se dégage un secteur très perturbé face à la ferme. Il pourrait s'agir d'un ancien chemin vraisemblablement bordé par un fossé qui auraient été comblés et nivelés (nombreux gravats et morceaux de briques à cet emplacement). On pouvait, avant labour, remarquer à cet endroit la présence d'un "rond" de mauvaises herbes.

Les sondages n° 5, 6, 31, 32, 34, 36 et 37 sont fortement marqués par ce remaniement; les sondages n° 4, 23, 24 et 29 en portent aussi les traces dans une plus faible proportion.

Cette zone anthropique traverse la parcelle dans le sens NE-SW et affecte une largeur d'environ 25 m.

- SUBSTRATUM (1 m à 1,70 m) -

Formé également par les alluvions modernes, il apparaît entre 1 m et 1,20 m. Les matériaux sont dans l'ensemble plus grossiers et calcaires.

La texture est limono-argileuse à limoneuse dans le tiers W de la parcelle dépourvue d'éléments siliceux grossiers (à 2 mm) et fortement marquée par des panachures de pseudo-gley; cette marmorisation apparaît en moyenne à 1,40 m.

Le substratum est constitué d'argile limoneuse, brun-jaune foncé, avec une charge variable en graviers et occupe les deux tiers restants de la parcelle.

Une bande graveleuse insondable à la tarière, d'une largeur évaluée à 25/30 m, traverse la parcelle à peu près perpendiculairement à l'axe E-W. Les arrêts varient entre 1,30 m et 1,50 m sur ce cailloutis.

L'hydromorphie est bien moins marquée que dans le premier tiers pour ne pas apparaître du tout au centre du terrain.

Pour ce qui est de la zone anthropique, le substratum est tantôt de type limoneux à pseudo-gley (sondages n° 4, 23, 24, 30, 32 et 34), tantôt de type argile limoneuse (sondages n° 5, 6, 29 et 31). Il n'y a pas de substratum caractéristique aux sondages n° 35 et 37. L'hydromorphie est très prononcée au n° 37.

- PROFILS HYDRIQUES -

Les mesures d'humidités faites au laboratoire confirment les textures appréciées sur le terrain.

Elles sont de l'ordre de 18/19 % pour le premier mètre et 17 % dans le substratum limoneux à pseudo-gley.

Elles gagnent 1 à 2 points au centre de la parcelle et 3 à 4 points dans le tiers E pour ce qui est du premier mètre. Il n'y a pas de différence dans le substratum argile limoneuse pourvu ou non de graviers.

- CONCLUSION -

Du fait des dimensions de l'essai, seule la partie la plus argileuse de la parcelle est utilisable (ce qui permet de prévoir 8 à 10 m de garde, côté remanié), bien que possédant une faible hétérogénéité dans la couche 0-1 m due à une légère charge en graviers et à une hydromorphie plus marquée dans le tiers E.

En ce qui concerne la pose de tubes métalliques, la difficulté consiste dans la bande graveleuse dense située au centre de l'essai et limitant la profondeur de pose à 1,30 m/1,40 m.

*

- Date d'examen du profil cultural : 26 mars 1975.
- Localité : Montfavet-Cantarel
- N° référence ou n° parcelle : parcelle BARRE 0 Lysimètre Sud.
- Situation topographique : Vallée Rhône-Durance
- Nature du sol : Alluvions.
- Dernière culture : Maraîchage.
- Dernier travail du sol et date : Labour fin 1974.
- Dernier amendement et date :
- Façon superficielle et date :

1 HORIZON Ap - 0-30 cm, sol frais à ressuyé, très humide à la base. Texture limono-argileuse à argile limoneuse. Vive effervescence avec HCl (10 à 30 % CaCO₃).

Structure fragmentaire polyédrique émoussée, moyenne à fine, nette. Sous-structure grumeleuse fine à très fine. Sol meuble, un peu plus cohérent à la base du labour. Pas de semelle ni de lissage apparents.

Volume des vides assez important, pores nombreux fins et très fins. Appréciation synthétique : Poreux à très poreux. Matières organiques d'aspect bien humifié.

Activité biologique visible, quelques vers à la base de l'Ap et traces de leur activité (galeries, coprolithes). Transition avec l'horizon sous-jacent distincte, limite inférieure régulière.

2 HORIZON B_s - 30-50 cm, sol frais à ressuyé, couleur brun-olivâtre clair (2,5 Y 4,5/2). Texture argile limoneuse. Vive effervescence avec HCl.

Structure fragmentaire bien développée, forme polyédrique anguleuse, très nette, taille moyenne. Quelques faces ~~lycantes~~ ^{obliques}. Sol cohérent.

Volume des vides assez important, pores nombreux fins et très fins. Quelques petites fissures (de retrait) assez continues avant séchage de la paroi. Appréciation synthétique : très poreux. Matières organiques bien humifiées, quelques débris de racines mortes sans odeur.

Activité biologique marquée par la présence de coprolithes. Peu de galeries de vers. Transition avec l'horizon sous-jacent graduelle, limite inférieure ondulée.

3 HORIZON B_g/C - 50-100 cm, sol ressuyé, couleur brun-olivâtre-clair (2,5 Y 4,5/2). Texture argile limoneuse. Vive effervescence avec HCl.

Structure fragmentaire graduellement moins développée, forme polyédrique anguleuse moyenne à grossière, assez nette. Vers 90 cm, tendance à la structure massive à éclats anguleux. Sol très cohérent.

Volume des vides faible. Pores encore nombreux fins et très fins. Appréciation synthétique : poreux. Matières organiques indécélables. Quelques taches gris-verdatre (5 GY 5/1) à partir de 75 cm; pas d'activité biologique visible, ni traces.

Base du lysimètre.

4 HORIZON C₁ - 100-130 cm, sol ressuyé, couleur brun-grisâtre foncé à brun-olive (2,5 Y 4/3). Texture argile limoneuse graveleuse. Vive effervescence avec HCl.

Structure fragmentaire polyédrique peu nette, la tendance à la structure massive s'affirme. Sol très cohérent.

Volume des vides assez faible à faible, pores nombreux fins et très fins. Appréciation synthétique : poreux. Quelques taches gris-verdatre peu contrastées (5 GY 5/1). Présence de débris coquilliers fossiles.

Transition avec l'horizon sous-jacent distincte, limite inférieure légèrement ondulée.

5 HORIZON C₂ - 130-170 cm, sol ressuyé, couleur brun-grisâtre foncé (2,5 Y 4/2). Texture argile limoneuse très chargée en graviers et cailloux polis et de forme arrondie (+ de 50 %). Vive effervescence avec HCl.

Structure massive très nette. Sol très cohérent. Transition avec l'horizon sous-jacent nette, limite régulière.

6 HORIZON C_{3g} - 170-190 et +. Sol frais, couleur olive pale (5 Y 5,5/3). Texture limoneuse à sablo-limoneuse dépourvue de graviers et cailloux alluviaux. Vive à très vive effervescence avec HCl (CaCO₃ sup. à 30 %).

Structure massive très nette à éclats anguleux. Sol très résistant à la pénétration d'une lame (cohérent). Volume des vides très faible. Pores nombreux fins et très fins. Appréciation synthétique : peu poreux.

Présence de taches formant un panachage du type pseudo-gley; la couleur brun-grisâtre (2,5 Y 5/2) représentant 20 % et la couleur brun-jaunâtre (10 YR 5/6) 20 %.

Basse du profil.

Nota : Quelques blocs de calcaire du Barrémien vers 120 cm.

Coté lysimètre Nord : Le nivellement de la parcelle a laissé des traces nettement plus marquées.

- Limons d'apport formant poches de couleur brun-grisâtre (10 YR 4,5/2).
- Morceaux de briques et détritiques (verre).

Taches abondantes en auréoles entre 30 et 60 cm de couleur brune (7,5 YR 4/4) et gris foncé (5 Y 4/1). La porosité apparente (vides et pores) semble plus faible. L'activité biologique est très faible dans l'horizon Bs.

* * *

Origine: Monty (A) - (A) - (A)

PROFIL BARRE 0
lyonaise Sud

Géologie: AKU... (A) - (A)

Topographie: V. (A) - (A)

Analyse granulométrique

Hori- zon	Prof. cm.	Couleur MUNSELL	Arg. 0-2 %	Lins		Sablés					T. fine T. tot. %	M.O. %	C %	N %	C/N
				2-20 %	20-50 %	50- 100 %	100- 200 %	200- 500 %	500- 1000 %	1000- 2000 %					
A ₀	0.30	2.5Y 4.5/2	35	10.5	11.5	9.8	2.2				99	3.04	15.2	1.95	2.6
B ₀	10.20	2.5Y 4.5/2	37.9	11.3	10.9	7.7	2.2				96.5	3.04	10.2	1.40	6.3
B _{1/2}	50.00	2.5Y 4.5/2	39.7	10.1	6.2	3.0	0.9				100	1.33	0.9	1.40	2.2
C ₁	10.40	2.5Y 4.5/2	28.9	5.00	11.7	10.7	8.3				85	0.94	2.7	0.77	3.4
C ₂	10.10	2.5Y 4.5/2	35.8	27.9	9.2	13.0	9.8				34	0.99	1.0	0.81	2.0
C _{3g}	10.40	5Y 5.5/3	14.8	22.1	22.5	33.9	6.7				100	0.50	2.5	0.40	6.2

Analyse chimique

Hori- zon	pH		Calcaire %		en méq. pour 100 g de terre à pH 7,0						S/T x 100	Fe lib. Fe ₂ O ₃ %	Aluminium		Ca %	Mg %
	eau	KCl	tot.	act.	T	Ca	Mg	K	Na	S			éch. méq. %	libre %		
A ₀	8.1		35.2	13.5	12.0	33.1	1.32	0.46	0.05	20.13	S>T			0.20	25	
B ₀	8.4		30.1	15.0	11.6	30.1	1.31	0.27	0.08	11.21	S>T			0.00	22	
B _{1/2}	8.2		35.8	18.0	9.9	33.9	1.34	0.15	0.11	11.70	S>T			0.00	21	
C ₁	8.2		31.0	/	0.2	33.7	1.30	0.27	0.09	10.52	S>T			/	23	
C ₂	8.2		28.7	/	11.7	33.9	1.33	0.35	0.11	11.33	S>T			/	20	
C _{3g}	9.4		14.5	/	5.9	32.6	0.97	0.07	0.06	33.70	S>T			/	34	

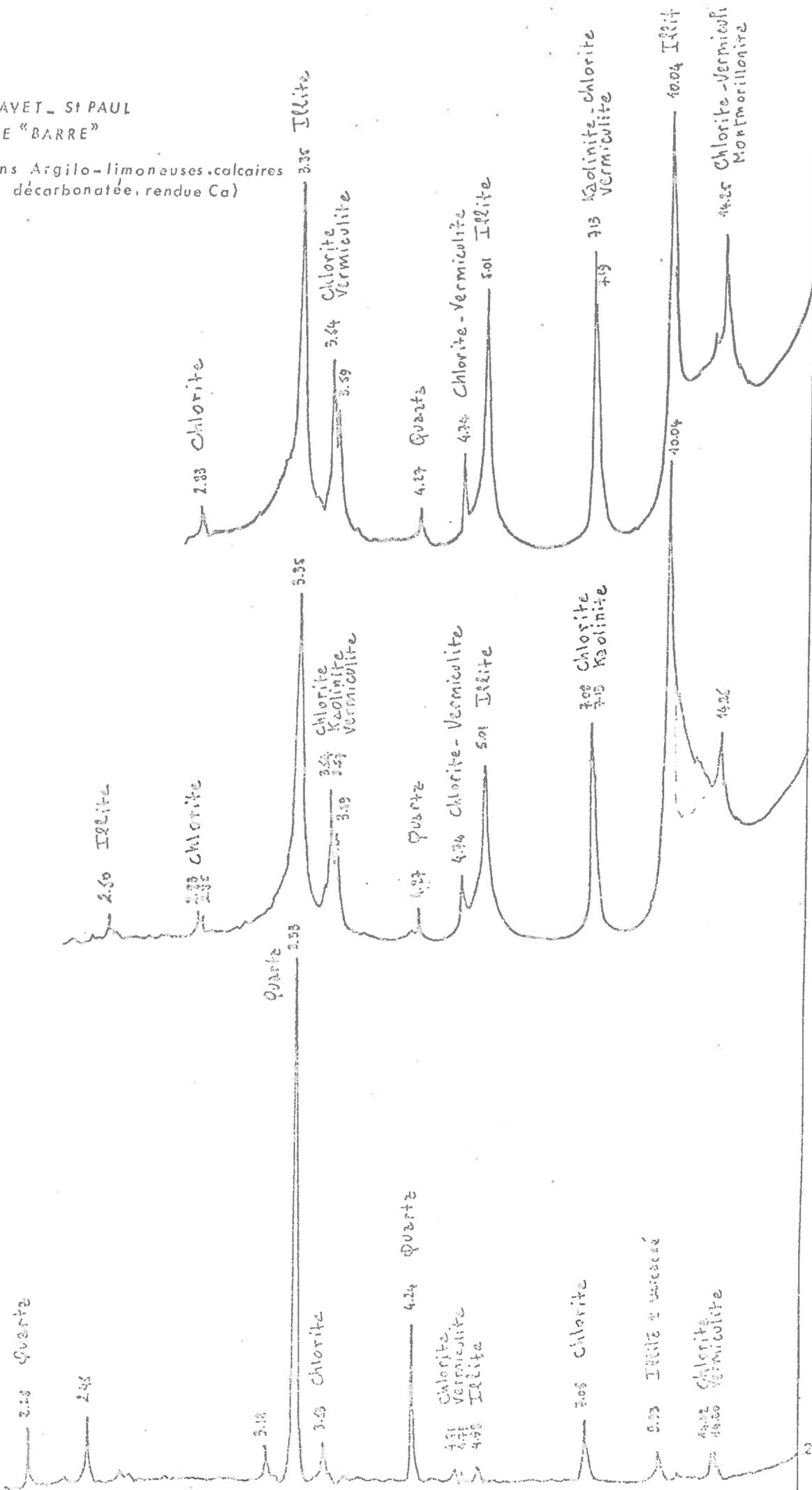
Caractéristiques physiques

Hori- zon	Densité		Poros. %	H ₂ O _g %	P.F. pF 4,2	E.U. %	Agréats stables			log 10 Is	log 10 K			PROCTOR		
	app.	réelle					alc.	benz.	air		1h	2h	3h	W ₁ %	W ₂ %	L.P.
A ₀				25.9										15.2	10.2	
B ₀				26.5										10.2	1.40	
B _{1/2}				27.6										0.9	1.40	
C ₁				21.1										2.7	0.77	
C ₂				22.9										1.0	0.81	
C _{3g}				17.0										2.5	0.40	

ORIGINE ET RÉFÉRENCES ÉCHANTILLON	TRAITEMENT	EQUIDISTANCE APPARENTE EN ANGSTROM (001)						OBSERVATIONS		
		17	14	12	10	7	4,15		3,33	
PACOMAN "BARRE" Alluvions modernes Rhône-Durance.	Décarbonatée à froid avec HCl. Argile Ca.	-	++	+	++++	+++	-	+	Avec la méthode classique de dispersion, assez gros paquet de minéraux inter- stratifiés 10-14 Angström. Cette interstratification tend à disparaître avec le traitement aux Ultra-sons. Illite prédominante. Quantité notable de Vermif- culite. Très peu de Quartz. Très peu de Montmorillon- te. La fermeture incomplète des feuillets après chau- fage atteste de la prése- ce de Chlorite. Le traitement HCl à chau- élimine les Chlorites, le pic à 7 s'atténue. Présence de Kaolinite. Très peu de minéraux phy- liteux restent dans la fraction limons. Surtout Quartz.	
	Hexan. Na méthode classique. Glycérol.	+	++	-	++++	+++	-	-		
	Hexan. Na + 20 mn Ultra-sons 500 KHZ	-	++++	-	++++	++++	-	-		+
	Glycérol. (+)	(+)	++	-	++++	+++	-	-		
	350-400°	-	++	-	++++	++++	-	-		
	Traitée HCl.	-	-	+++	+++	++	-	-		
	2-50 microns.	-	(+)	-	(+)	+	-	-		+++++

MONTFAVET - ST PAUL
ARCELLE "BARRE"

Alluvions Argilo-limoneuses calcaires
Argile décarbonatée, rendue Ca)

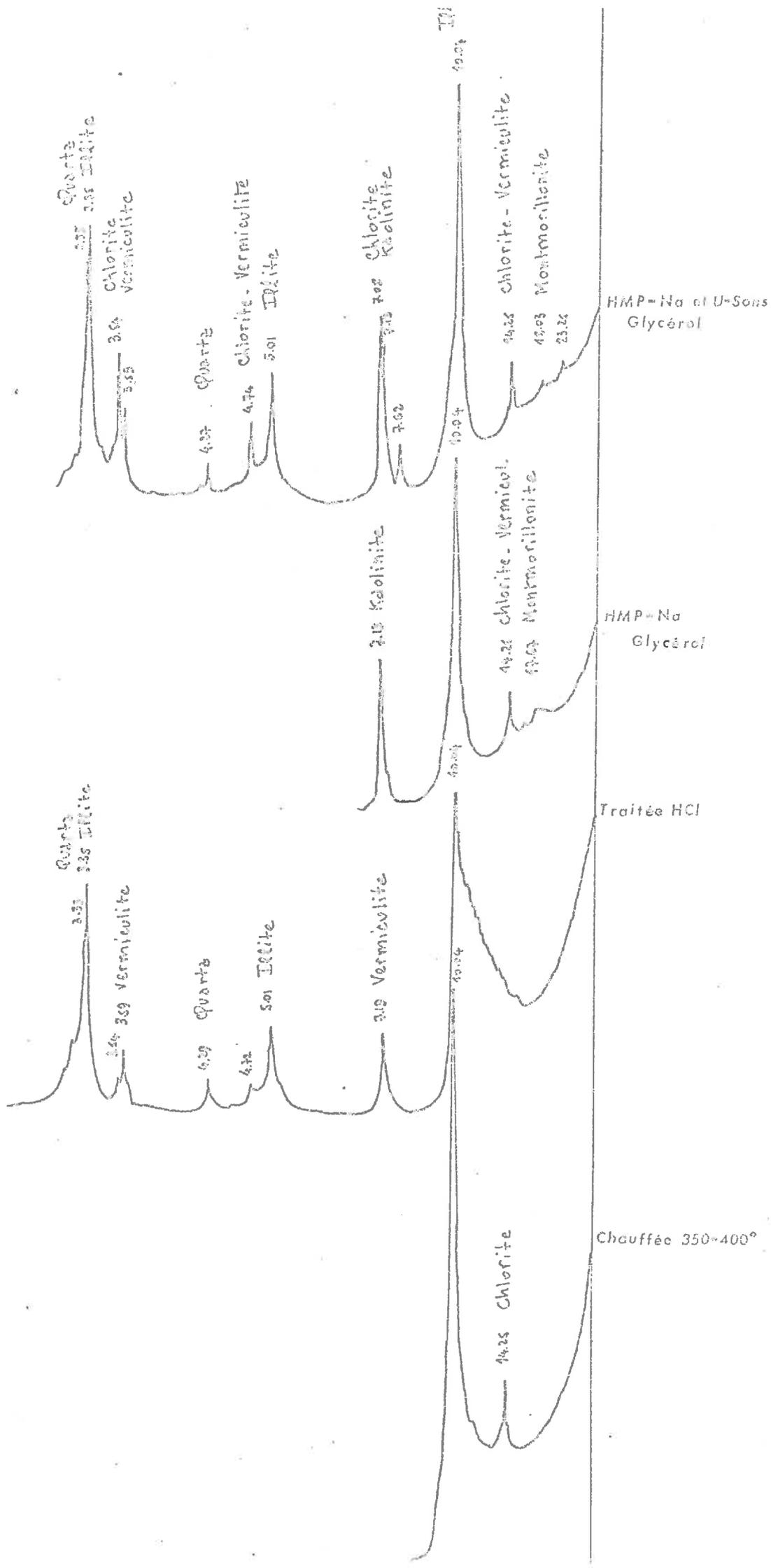


Dispersée H-M-P-Na
et 20 mn U-Sons = 500 K.

Dispersée H.M.P-Na.

2 = 50 microns.

feuille BARRE



DOMAINE St PAUL

PARCELLE "BARRE"

1/500^e



SOL: 0 à 1m

TEXTURE

-  argile-limoneuse à argile limoneuse.
-  argile limoneuse à limono-argileuse.
-  zone perturbée.

GRAVIERS

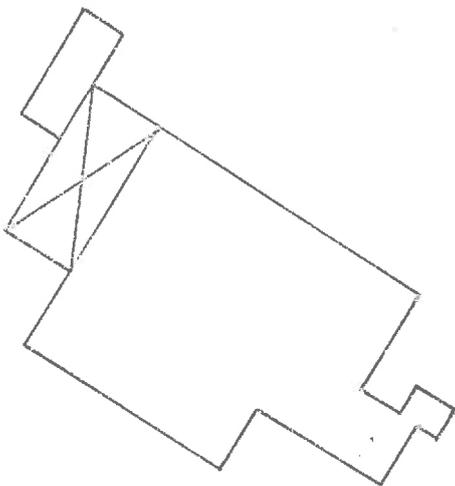
-  1. peu graveleux
- 2. graveleux
- 3. très graveleux

HYDROMORPHIE

-  peu marquée
-  très marquée

- sondage
- (18,69) profil hydrique

-  lysimètre



SUBSTRATUM

TEXTURE

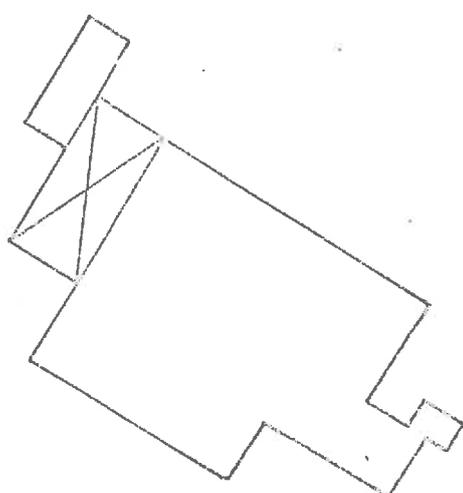
-  argile limoneuse.
-  argile limoneuse avec cailloutis dense
-  limoneuse à limone-argileuse:

GRAVIERS

-  1. peu graveleux.
2. graveleux.

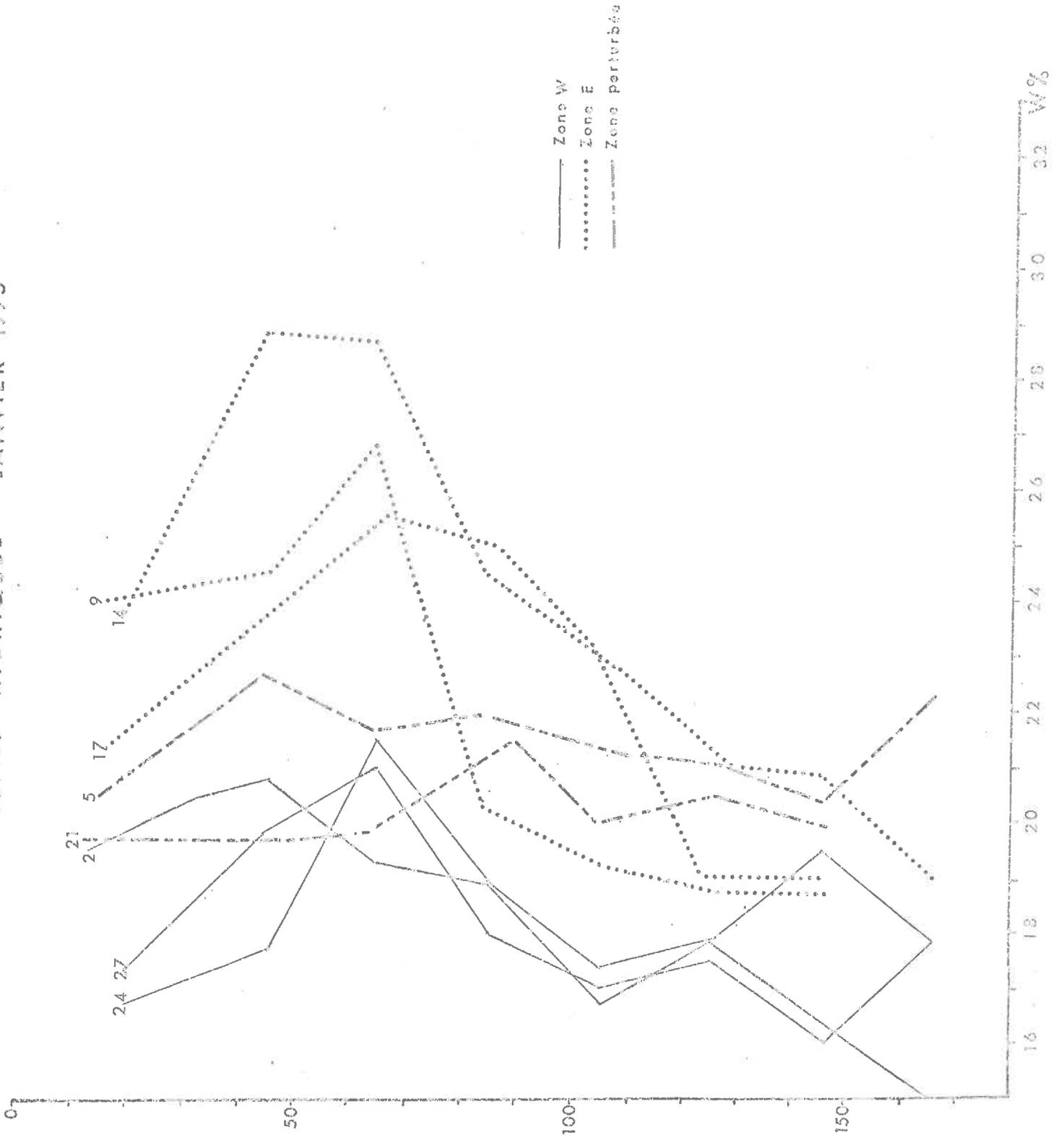
HYDROMORPHIE

-  peu marquée.
-  pseudo-gley.



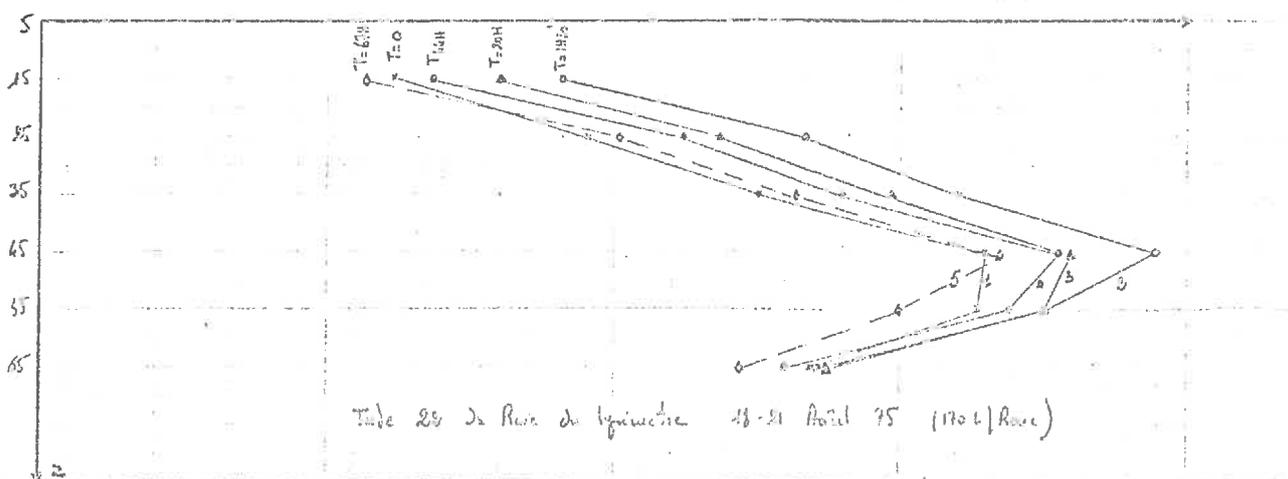
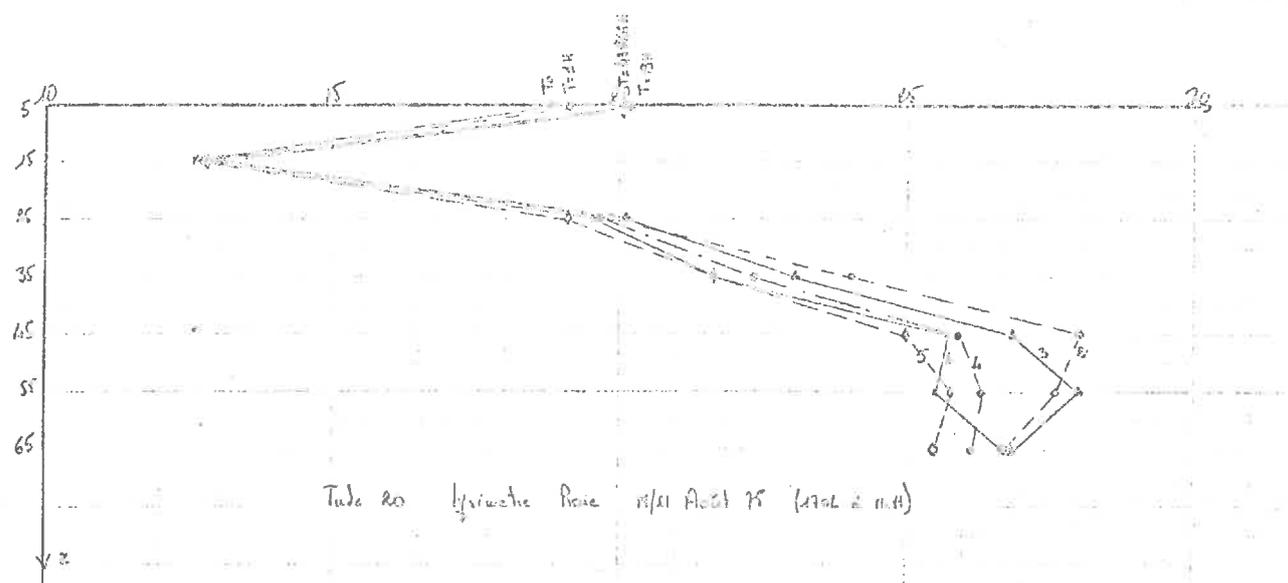
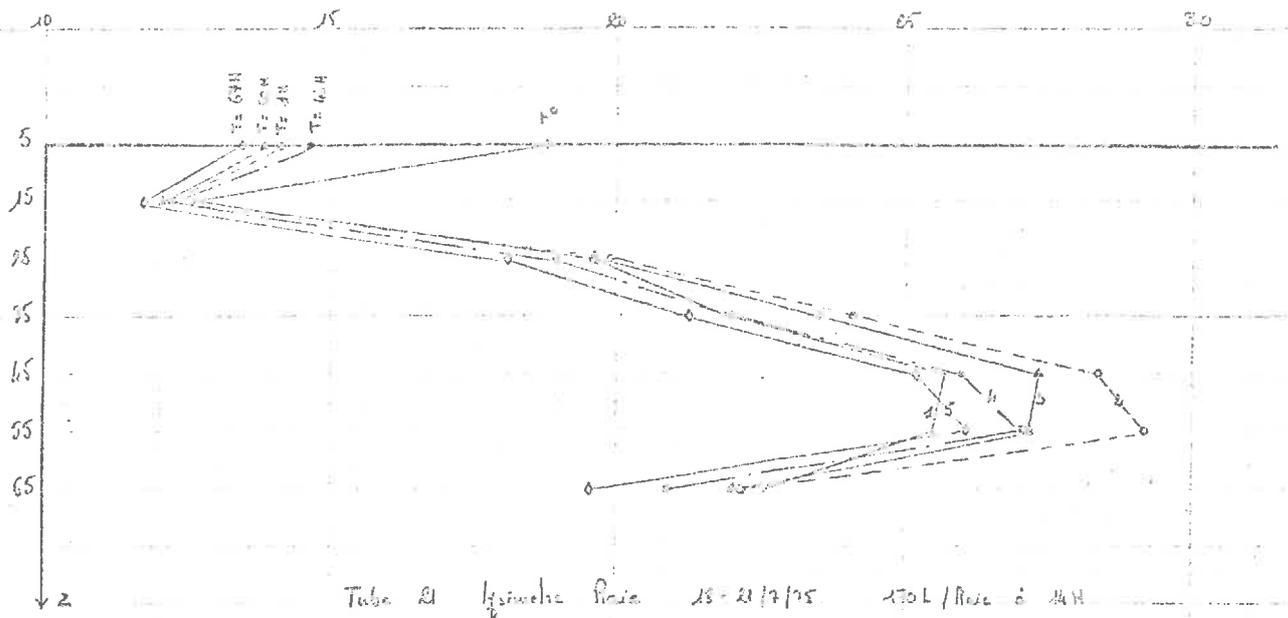
(171)

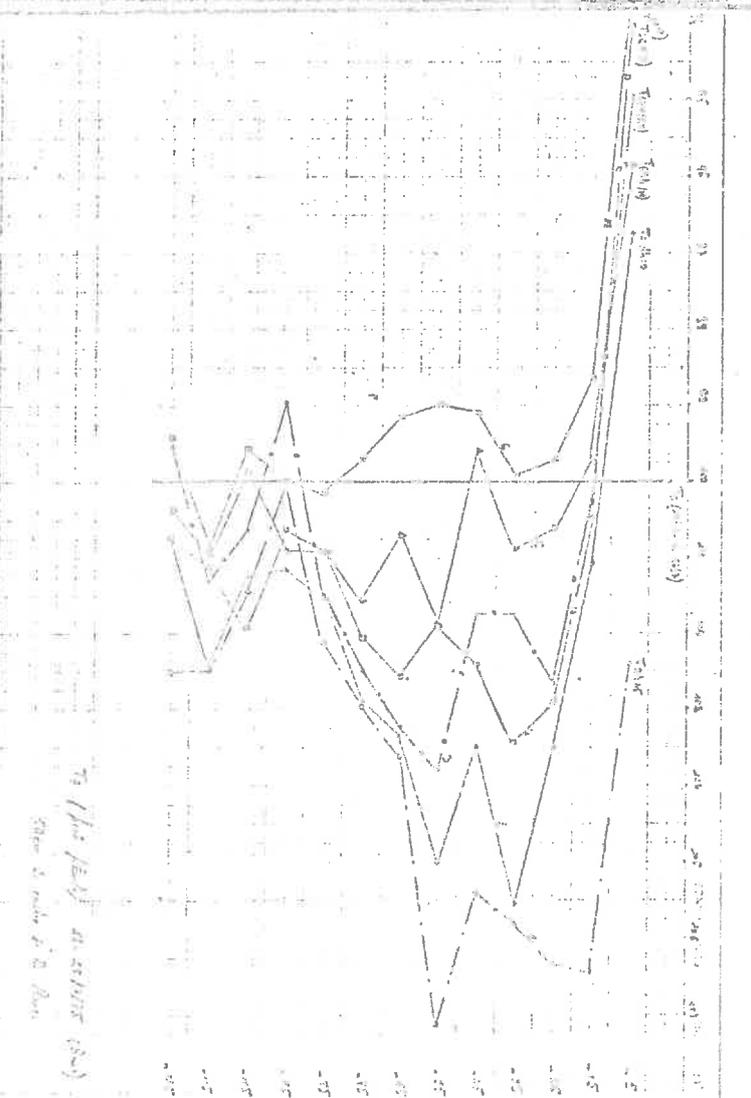
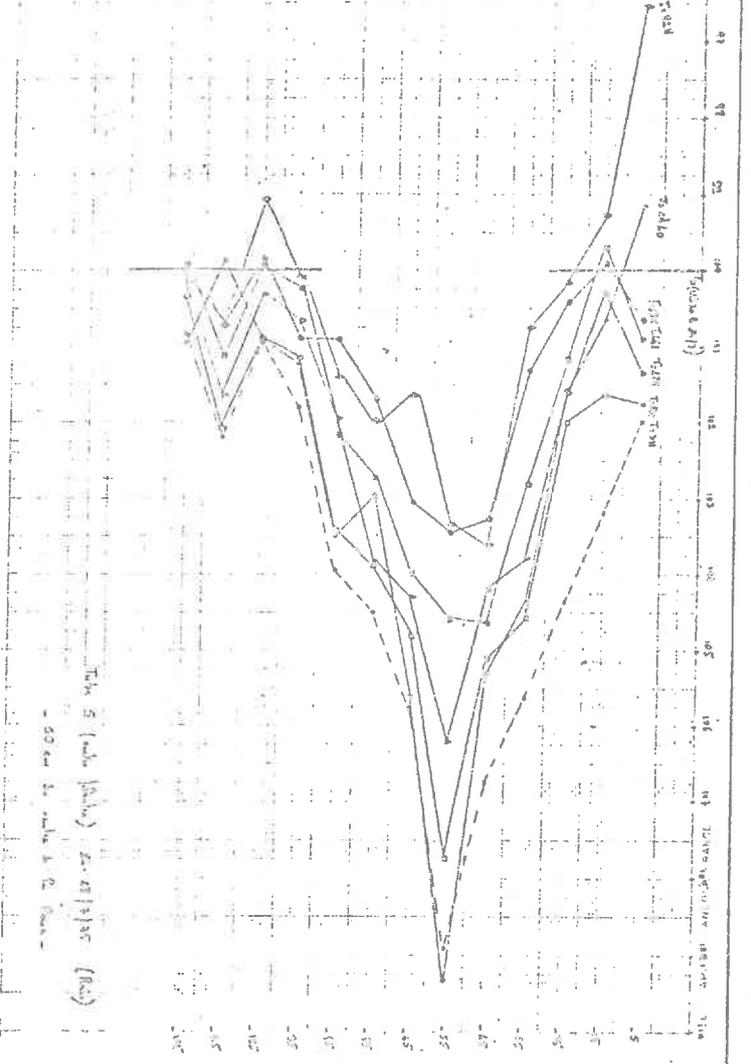
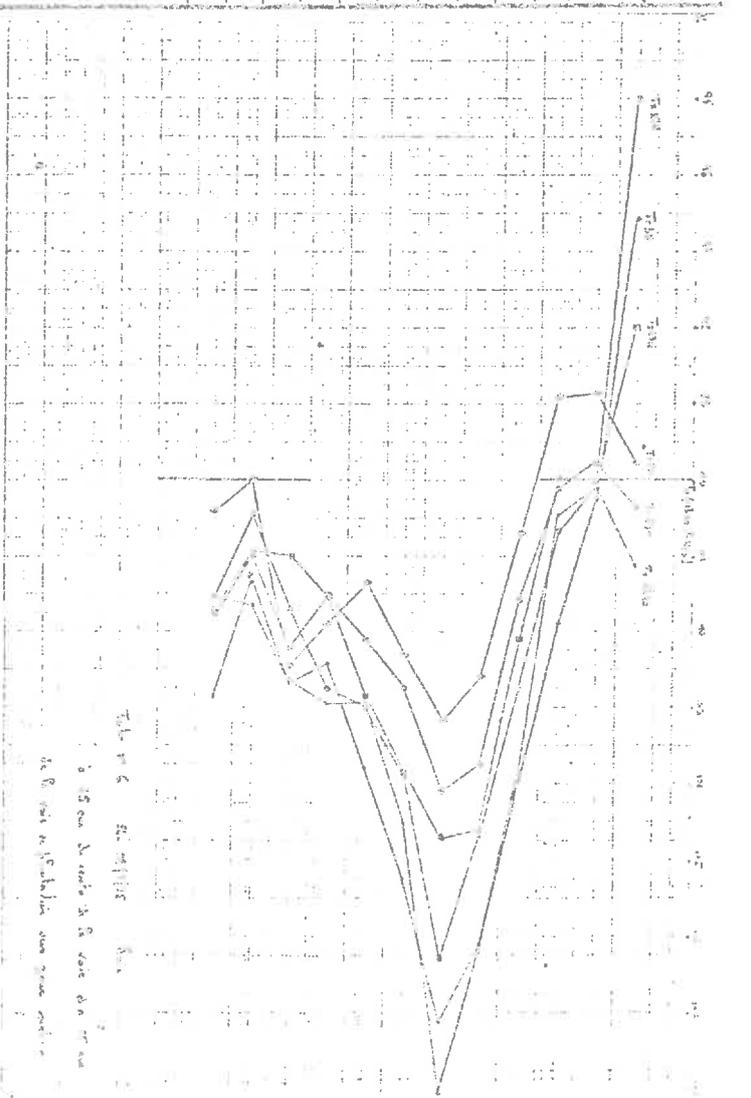
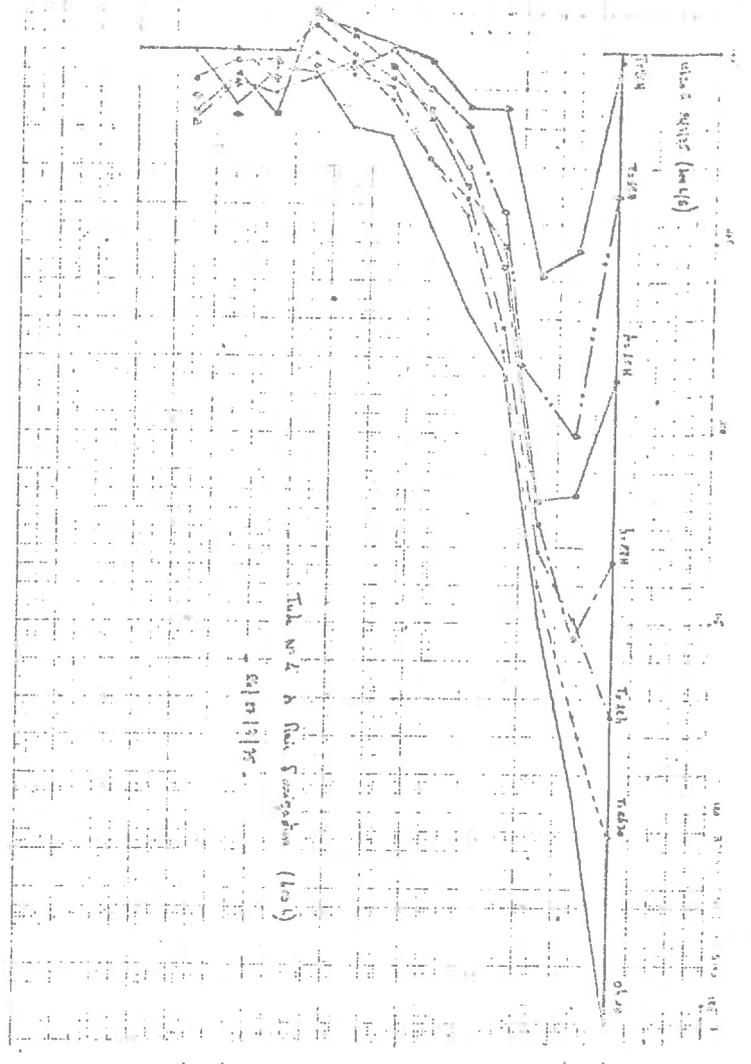
PROFILS HYDRIQUES - JANVIER 1975



ANNEXE III

EXEMPLES DE CINÉTIQUES DE L'EAU DANS LE SOL





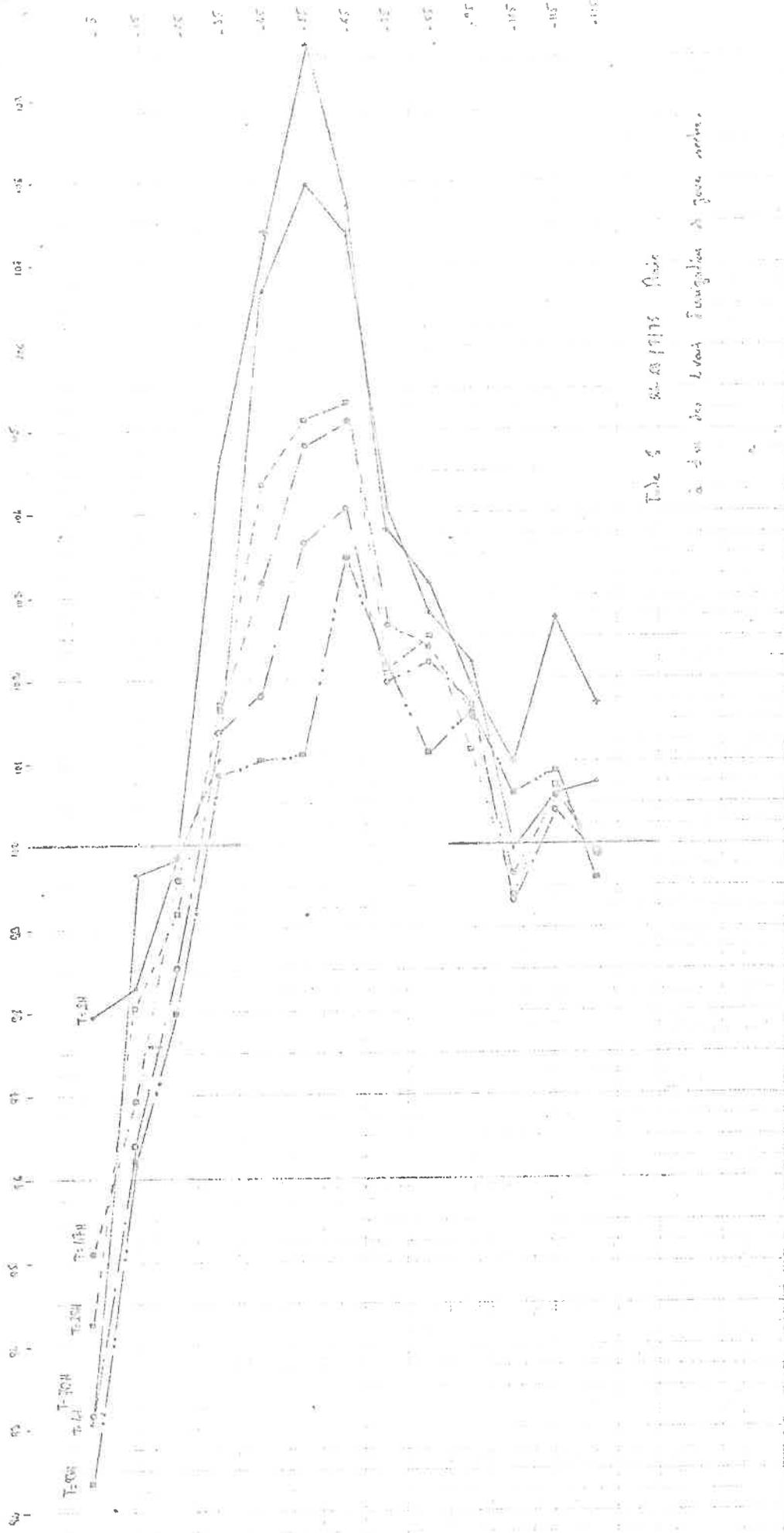
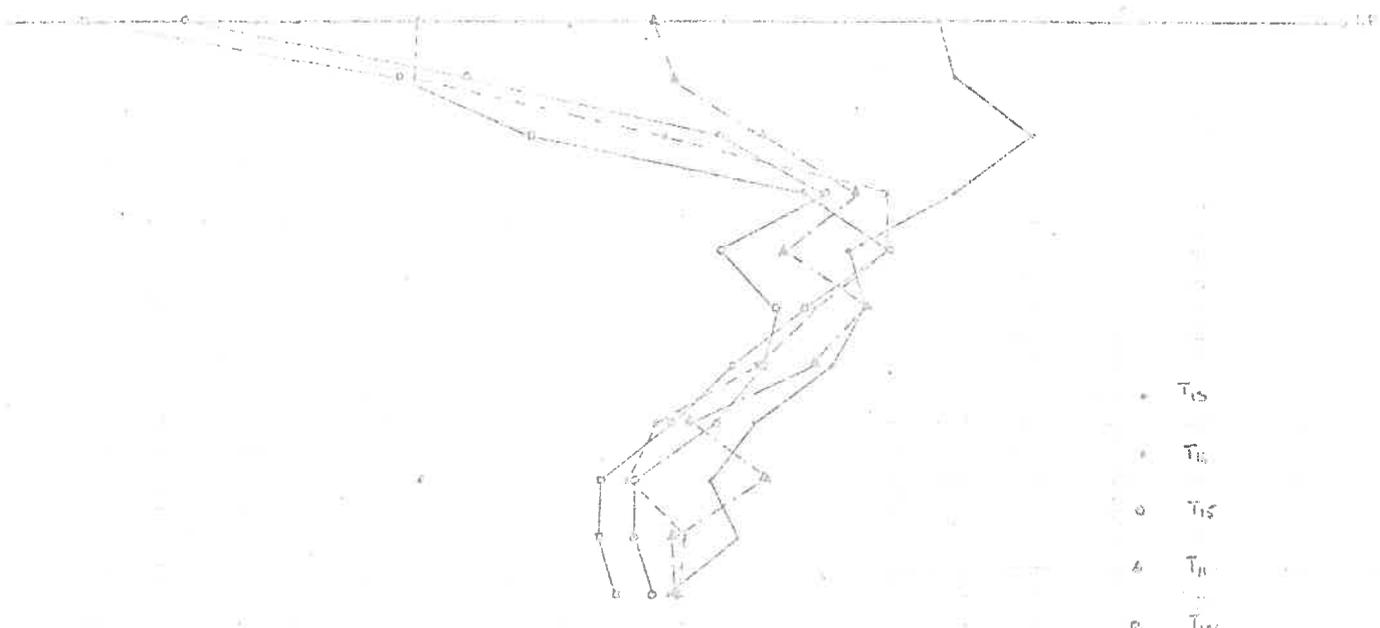


Table 5. Results of the investigation of the water.

THE RESULTS OF THE INVESTIGATION

80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107

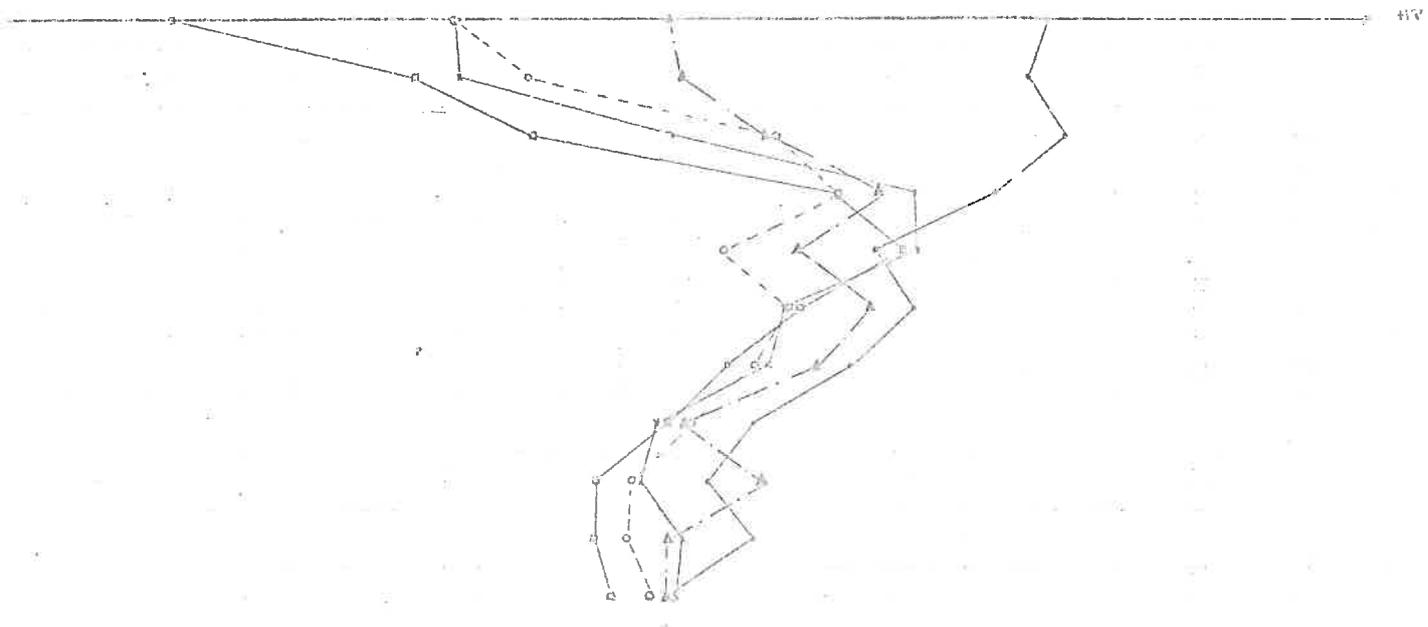
1.5
1.4
1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1.0
-1.1
-1.2
-1.3
-1.4
-1.5



- T₁₅
- T₁₀
- T₁₅
- △ T₁₀
- T₁₀

Profil oberer Irong. Syst. hier. Flusscharf.

C	Alt.	Alt.	Alt.
T ₁₅ •	○ T ₁₅	△ T ₁₀	○
T ₁₀ △			25cm unter Tuben.
T ₁₀ ○	Zwei secke		



Profil Reduktion (300-100' = 100-100')

Syst. hier. Flusscharf.

