

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

**CENTRE DE NOUMÉA
AGRONOMIE ET PÉDOLOGIE**

**ÉTUDE DE LA FERTILITÉ NATURELLE
ET DE L'ÉVOLUTION SOUS CULTURE
DES SOLS DE NOUVELLE-CALÉDONIE**

**MISE AU POINT DE TESTS RAPIDES
D'ÉTUDE DES FACTEURS DE LA FERTILITÉ
A L'AIDE DE CULTURE EN POTS SOUS SERRE**

MOTIVATIONS ET PROGRAMME

1A

**ÉTUDES DE LA TEMPÉRATURE ET DU DEGRÉ HYGROMÉTRIQUE
A L'INTÉRIEUR DE LA SERRE-COMPARAISON AVEC LES CONDITIONS
EXTÉRIEURES (RÉSULTATS DÉTAILLÉS - INTERPRÉTATION - RÉSUMÉ)**

par

B. DENIS - V. CANTIE - B. BONZON

OCTOBRE 1980

**CENTRE ORSTOM - B.P. A 5 - NOUMÉA
NOUVELLE-CALÉDONIE**



Centre de Nouméa

--

AGRONOMIE ^X ET PEDOLOGIE ^{XX}

ETUDE DE LA FERTILITE NATURELLE ET DE L'EVOLUTION
SOUS CULTURE DES SOLS DE NOUVELLE-CALEDONIE

MISE AU POINT DE TESTS RAPIDES D'ETUDE DES FACTEURS DE
LA FERTILITE A L'AIDE DE CULTURES EN POTS SOUS SERRE

Motivations et Programme

par

B. BONZON ^X

B. DENIS ^{XX}

INTRODUCTION

La connaissance de la fertilité naturelle des principaux sols néo-calédoniens, et tout spécialement ceux dont la vocation agropastorale ou forestière a déjà été montrée, a toujours été considérée comme un moyen de mieux caractériser leur réelle aptitude et ainsi d'orienter plus efficacement leur mise en valeur.

Pour atteindre ces deux objectifs, trois moyens complémentaires sont à envisager.

D'abord recueillir des renseignements auprès des cultivateurs. Ceci permet de mieux orienter les recherches futures par la connaissance des problèmes rencontrés sans que l'on puisse pour autant envisager d'aller très loin dans les comparaisons. Souvent en effet il manque un des éléments du problème.

Ensuite réaliser des essais au champ; on travaille alors dans des conditions proches de la réalité et on peut contrôler un certain nombre de paramètres. Les contraintes principales peuvent être résumées ainsi : une seule culture annuelle très souvent soumise aux conditions climatologiques et menée selon un protocole expérimental dans lequel le nombre de paramètres contrôlés variables doit être souvent important pour éviter un trop grand nombre d'années d'essais.

Enfin, mener sous serre des essais en pots de culture. Cette dernière technique a deux avantages : la rapidité de tests préliminaires peu coûteux et la possibilité de fixer les conditions expérimentales de façon à ce que l'influence des paramètres secondaires ne gêne pas les essais et ne les rende pas difficilement interprétables. C'est cette dernière méthode d'approche qui va être étudiée plus en détail.

2. - PROBLEMES METHODOLOGIQUES POSES PAR LA MISE EN PLACE D'ESSAIS EN POTS DE CULTURE

Ces problèmes méthodologiques touchent trois domaines : l'environnement, le matériel végétal et son milieu, le mode d'alimentation hydrique.

Il n'est pas possible d'apporter des réponses à toutes les questions posées dans chacun de ces domaines dans l'ordre établi ci-dessus ; en effet certaines études méthodologiques complémentaires feront intervenir les résultats acquis au cours des premiers essais.

Pour fixer les idées et permettre de sérier les questions, un organigramme a été défini. Il comporte 6 points qui sont les suivants :

A. - Contrôle de l'environnement par un système simple permettant d'avoir dans la serre une faible augmentation de température et un déficit d'humidité réduit par rapport aux conditions extérieures.

B. - Tests initiaux permettant de résoudre certains problèmes posés par l'installation de cultures en vases de végétation. Ceci amène à étudier sur 2 sols agronomiquement différents. - des plante-tests intéressantes et se rapprochant de plantes cultivées. - des doses en éléments fertilisants. - des volumes de terre différents. - les demandes en eau des plante-tests (ETR).

C. - Mise au point d'une technique d'alimentation hydrique suffisante et correcte des plantes ainsi que d'un moyen de contrôle de l'humidité dans les pots de culture au cours de la croissance. Cette technique aura pour but d'éviter les arrosages et les pesées bi-journalières (cf. essai IRAT) qui constituent un handicap très important dans ce type de travail.

D. - Tests complémentaires pour définir les modalités de mises en cultures sous serre. Ils concernent la densité des semis pour les plante-tests retenues (cf. 2) et le nombre de répétitions pour analyser statistiquement les résultats, ainsi que la recherche de nouvelles plante-tests (problème d'adaptation à certains sols).

E. - Tests complémentaires pour préciser les techniques d'apport des éléments fertilisants. Ils permettront d'étudier les apports globaux et fractionnés en fonction des types de sol et des plante-tests.

F. - Méthodologie à suivre pour la réalisation des essais en serre destinés à étudier la fertilité naturelle des principaux sols néo-calédoniens. Elle sera déduite des résultats obtenus au cours des 5 séries d'études précédentes.

Cet organigramme pourra subir des modifications au fur et à mesure du déroulement des opérations en fonction des résultats obtenus et des nouveaux problèmes qui pourront apparaître.

Lorsque la méthodologie à suivre pour la réalisation des essais en pots de culture sous serre sera complètement définie, on procédera aux différents essais qui auront motivé sa mise au point (cf. 3).

3. - ETUDE DE LA FERTILITE NATURELLE DES PRINCIPAUX SOLS NEO-CALEDONIENS

Deux étapes ont été envisagées dans le cadre de cette étude. Il semble d'abord primordial de s'assurer que les résultats obtenus avec des cultures en pots peuvent être mis en parallèle avec ceux obtenus dans des essais aux champs, la plante-test étant la même dans les deux cas. Etant donné les conditions mieux contrôlées mais plus artificielles des cultures sous serre, ce parallélisme ne pourra être qu'à un facteur près ; l'essentiel est que ce dernier puisse se révéler constant au cours des différents stades d'étude.

Ensuite, sur un certain nombre de sols néo-calédoniens à vocation agro-pastorale ou forestière, on procédera à des tests pour mieux connaître la fertilité naturelle de ces sols. A moins de posséder des qualités physico-chimiques exceptionnelles, chacun d'entre eux va révéler des carences ou des déséquilibres plus ou moins importants qui seront mis en évidence par le comportement de plante-tests. Pour cela il est

nécessaire d'évaluer le niveau de chacun des "défauts" chimiques d'un sol donné, en commençant d'abord par les éléments indispensables à la croissance que sont l'azote, le phosphore et la potasse. Lorsqu'un équilibre sera trouvé entre ces trois éléments principaux, les autres seront à leur tour testés, en particulier le calcium, le soufre et les oligo-éléments.

Notons qu'une autre étude vient de débiter parallèlement. Elle porte sur l'action des amendements calciques dans les sols acides ou fortement déséquilibrés en ce qui concerne le magnésium et le calcium. Elle complètera l'éventail des études en serre ; et permettra de juger de l'importance de ces apports de calcium tant sur l'état du complexe échangeable du sol (modifications éventuelles du pH du sol, de la saturation, de l'équilibre cationique) que sur la croissance des plantes.

En conclusion il apparaît que ce type d'étude permet d'atteindre deux buts :

1) Compléter la connaissance des sols néo-calédoniens. Il sera en effet possible de mettre en parallèle les caractéristiques physico-chimiques des sols avec les résultats et les observations acquises au cours des essais de culture en pots ; l'appréciation de la valeur chimique des différents sols en sera donc facilitée ; sa meilleure connaissance aidera à l'établissement d'une échelle de fertilité naturelle des sols plus exacte. Par voie de conséquence, les cartes d'aptitudes culturelles donneront une vue plus précise de la réalité.

2) Donner aux Services Ruraux du Territoire de Nouvelle-Calédonie des bases indispensables pour mieux orienter les essais aux champs ; ils auront à leur disposition pour chaque sol un certain nombre de renseignements concernant les équilibres minéraux à respecter, les carences éventuelles, les corrections possibles par amendement si nécessaire, les caractéristiques hydriques.

Centre de Nouméa

--

AGRONOMIE^X ET PEDOLOGIE^{XX}

--

ETUDE DE LA FERTILITE NATURELLE ET DE L'EVOLUTION
SOUS CULTURES DES SOLS DE NOUVELLE-CALEDONIE

--

MISE AU POINT DE TESTS RAPIDES D'ETUDE DES FACTEURS
DE LA FERTILITE A L'AIDE DE CULTURES EN POTS SOUS SERRE

I A

Etude de la température et du degré hygrométrique à l'intérieur de la serre -
Comparaison avec les conditions extérieures.

(Résultats détaillés - Interprétation - Résumé)

Par

B. DENIS^{XX}
V. CANTIE^X
B. BONZON^X

S O M M A I R E

Avertissement

Résumé

Liste des tableaux en figures

1. Objectifs du rapport

2. Contrôle au niveau de la serre

2.1. Description sommaire de la serre

2.2. Contrôle de la température

2.3. Contrôle taux d'humidité

2.4. Conclusions : comment obtenir la meilleure régulation

3. Contrôle au niveau des pots

3.1. Matériel et techniques utilisés

3.2. Températures dans des pots différents avec le même sol

3.3. Températures dans des pots identiques avec des sols différents

3.4. Conclusions : critères de choix du pot.

4. Conclusions générales

4.1. Renseignements acquis.

Annexe : planches photographiques

AVERTISSEMENT

Ce document est le premier de la série concernant les études méthodologiques destinées à mettre au point la conduite d'essais en serre. Il sera tenu compte des caractéristiques particulières de chacun des principaux sols qui seront étudiés ultérieurement.

Cette recherche entre dans le cadre plus général de l'étude de la fertilité naturelle et de l'évolution sous culture des sols de Nouvelle-Calédonie et dans l'étude plus spécifique concernant la mise au point d'un test rapide d'étude des facteurs de la fertilité à l'aide de culture en pots sous serre.

°
° ° °

1. - RAISONS AYANT MOTIVE LE CHOIX DE CETTE METHODE

Il n'est aucunement question de se limiter à cette méthode pour mieux appréhender la fertilité naturelle des sols néo-calédoniens ; ceux qui l'ont utilisée au cours des vingt dernières années se sont rendus compte qu'elle avait ses limites. Mais elle a aussi un certain nombre d'avantages qui permettent de tirer des renseignements précis d'essais en pots de culture.

Ces avantages, au nombre de quatre, peuvent s'énoncer ainsi :

- Rapidité, car chaque essai dure environ quatre mois entre le moment de la préparation du sol à tester et les dernières mesures et observations;
- Possibilité de son utilisation toute l'année (réalisation sous abri);
- Contrôle total de certains paramètres physiques ou chimiques : l'alimentation hydrique (dans les essais au champ, seuls les apports d'eau complémentaires sont soumis aux exigences fixées par l'expérimentateur) ; les conséquences de l'apport de tel ou tel cation ou anion sur l'état du complexe absorbant ; les rapports cationiques ; les teneurs en éléments assimilables (rétrogradation du phosphore par exemple) ;
- les résultats ainsi obtenus permettent de mieux orienter les essais aux champs et d'affiner les protocoles expérimentaux. Il apparaît en effet possible de définir en pots de culture des équilibres d'éléments ; ceci permet de tester rapidement sur le terrain des multiples des doses de fumure respectant l'équilibre optimum obtenu en serre ; on évite ainsi l'obligation de mettre en évidence l'influence de l'absence ou de la présence de tel élément dans la formule de fumure. (procédure toujours longue et minutieuse).

Mais de tels essais sont réalisés sur de la terre fine remaniée ; le volume mis à la disposition des plants est relativement faible ; les conditions sont plus ou moins artificielles. Se posent des problèmes méthodologiques qu'il faut d'abord résoudre, avant de pouvoir les utiliser lors d'études de routine.

RESUME

La présentation du programme de la mise au point d'un test rapide d'étude des facteurs de la fertilité à l'aide de cultures en pots sous serre, permet de découvrir l'étendue du travail à réaliser. Ce programme laisse entrevoir la nécessité de nombreuses mesures et observations au cours d'essais successifs pour mener l'ensemble de l'étude à son terme.

La première série d'expériences concerne le lieu même où se dérouleront les cultures en pots, à savoir la serre. Il apparaît indispensable de maintenir à l'intérieur une température et un degré hygrométrique aussi peu différents que possible de ceux enregistrés à l'extérieur.

Pour cela plusieurs solutions d'aération et de ventilation, sont combinées pour choisir celle qui permettra d'atteindre les buts fixés ci-dessus. Dans tous les cas les panneaux amovibles du toit sont maintenus ouverts ; les volets du bas fermés ou ouverts. Les ventilateurs fonctionnent en extracteurs d'air (du haut vers le bas) ou en pulseurs (de bas en haut) ; enfin le sol cimenté est ou non humidifié.

La meilleure combinaison, tant pour la température que pour le degré hygrométrique, est la suivante : volets du bas fermés, ventilateurs pulseurs, arrosage permanent du sol cimenté.

La deuxième série d'expériences permet de faire un premier choix concernant le matériau et la couleur du pot. Il est d'abord nécessaire d'avoir des pots légers, pratiquement incassables, imputrescibles, imperméables ; les matériaux seront à base de plastique. Trois pots ont été testés : un en plastique souple noir, et deux en PVC rigide de couleur gris et blanc.

En second lieu on cherche à obtenir la température la moins élevée possible à l'intérieur de la terre contenue dans le pot et les différences les plus faibles entre le haut et le bas du pot.

Le pot en PVC blanc, d'un diamètre minimum de 16 cm, apparaît comme

répondant le mieux aux normes exigées. Il a l'avantage sur le pot plastique noir d'être rigide et de permettre, à volume égal, un développement racinaire plus orienté suivant la verticale.

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

- Fig. 1 - Situation des thermomètres dans la serre (vue de dessus).
- Fig. 2 - Schéma de la disposition des thermomètres dans un plan vertical.
- Fig. 3 - Courbe représentative des températures dans une serre avec panneaux sommitaux fermés.
- Fig. 4 à 7 - Courbes représentatives des température dans une serre équipée de ventilateurs extracteurs.
- Tab. 8 - Valeurs moyennes des coefficients X et Z. Variation de la température à l'intérieur d'une serre par rapport à la température extérieure de référence.
- Fig. 9 et 10 - Courbes comparatives des températures dans deux serres ventilées différemment (entre elles et avec la température extérieure de référence).
- Tab. 11 - Valeurs moyennes des coefficients X1, X2, X3. Variations de la température entre deux serres ventilées différemment.
- Tab. 12 et 13 - Courbes comparatives des humidités à l'intérieur d'une serre équipée de ventilateurs extracteurs et d'un abri météo.
- Tab. 14 - Valeurs moyennes du coefficient H. Variation de l'humidité à l'intérieur d'une serre par rapport à l'humidité extérieure de référence.
- Tab. 15 et 16 - Courbes comparatives des humidités dans deux serres ventilées différemment (entre elles et avec l'humidité extérieure de référence).
- Tab. 17 - Valeurs moyennes des coefficients H1, H2, H3. Variations de l'humidité entre deux serres ventilées et humidifiées différemment.
- Tab. 18 et 19 - Tableau compartif des gradients de température dans les différents pots testés avec un même sol.
- Tab. 20 - Tableau comparatif des variations de températures, à l'intérieur d'un même sol, entre des pots différents.
- Tab. 21 - Tableau comparatif des températures de sols différents dans des pots de même nature contenant 3 et 6 kgs de terre.

1 - OBJECTIFS DU RAPPORT

Pour réaliser des cultures en pots destinées à tester la fertilité naturelle des sols avec des plantes-témoins, il était souhaitable que les conditions ambiantes à l'intérieur de la serre, telles que températures et humidité, soient les moins différentes possibles de celles que l'on rencontre au même moment au champ.

Pour ce faire, il était nécessaire d'effectuer des contrôles à deux niveaux : celui de la serre pour l'ensemble des cultures, et à un degré moindre, celui du pot de culture pour chaque plant ou groupe de plants.

2 - CONTROLE AU NIVEAU DE LA SERRE

Quatre chapitres formeront l'ossature de cette première partie. Pour situer le lieu d'étude, une description sommaire de la serre est indispensable ; puis seront abordés successivement les contrôles de la température et du degré hygrométrique ; enfin la conclusion nous permettra d'avoir une idée plus précise sur la façon d'obtenir la meilleure régulation.

2.1. - Description sommaire de la serre

Ses dimensions sont de 10 m de long, 5 m de large et 3 m 50 au faîte. Elle est constituée d'un bâtis d'aluminium reposant sur un muret en parpaings de 50 cm de haut ; sur ce bâtis viennent se fixer des vitrages, ce qui donne une très bonne luminosité dans toute la serre.

L'aération est assurée par des ouvertures situées dans le muret et pouvant être obturées par des volets coulissants, ainsi que par deux ensembles vitrés mobiles au faîte du toit. La circulation de l'air est facilitée par quatre ventilateurs pouvant être montés soit en extracteurs (intérieur vers extérieur) soit en pulseurs (extérieur vers intérieur). Un système d'arrosage du sol cimenté peut être réalisé grâce à un tuyau finement perforé placé au centre de la serre.

Les pots de culture reposent sur des tables à deux niveaux amovibles (70 et 20 cm au-dessus du sol) ; chaque pot contient 5 à 6 kgs de terre. Un système d'ombrage, pouvant être supprimé, est situé à 2 m de haut ; il est constitué par une toile plastique perforée (ombrage 50 %) ; il permet de préserver les plants des très fortes chaleurs pendant partie ou totalité de leur cycle végétatif.

2.2. - Contrôle de la température

2.2.1. - Méthodologie

Pour réaliser ce travail, des séries de six thermomètres ont été placées à trois endroits différents et sur cinq niveaux (cf. fig. 1). Pour éviter l'influence directe des rayonnements solaires sur le thermomètre, chacun a été placé dans une gaine en carton perforée d'un volume suffisant pour ne pas provoquer un "microclimat" au niveau du réservoir de mercure et fausser les mesures.

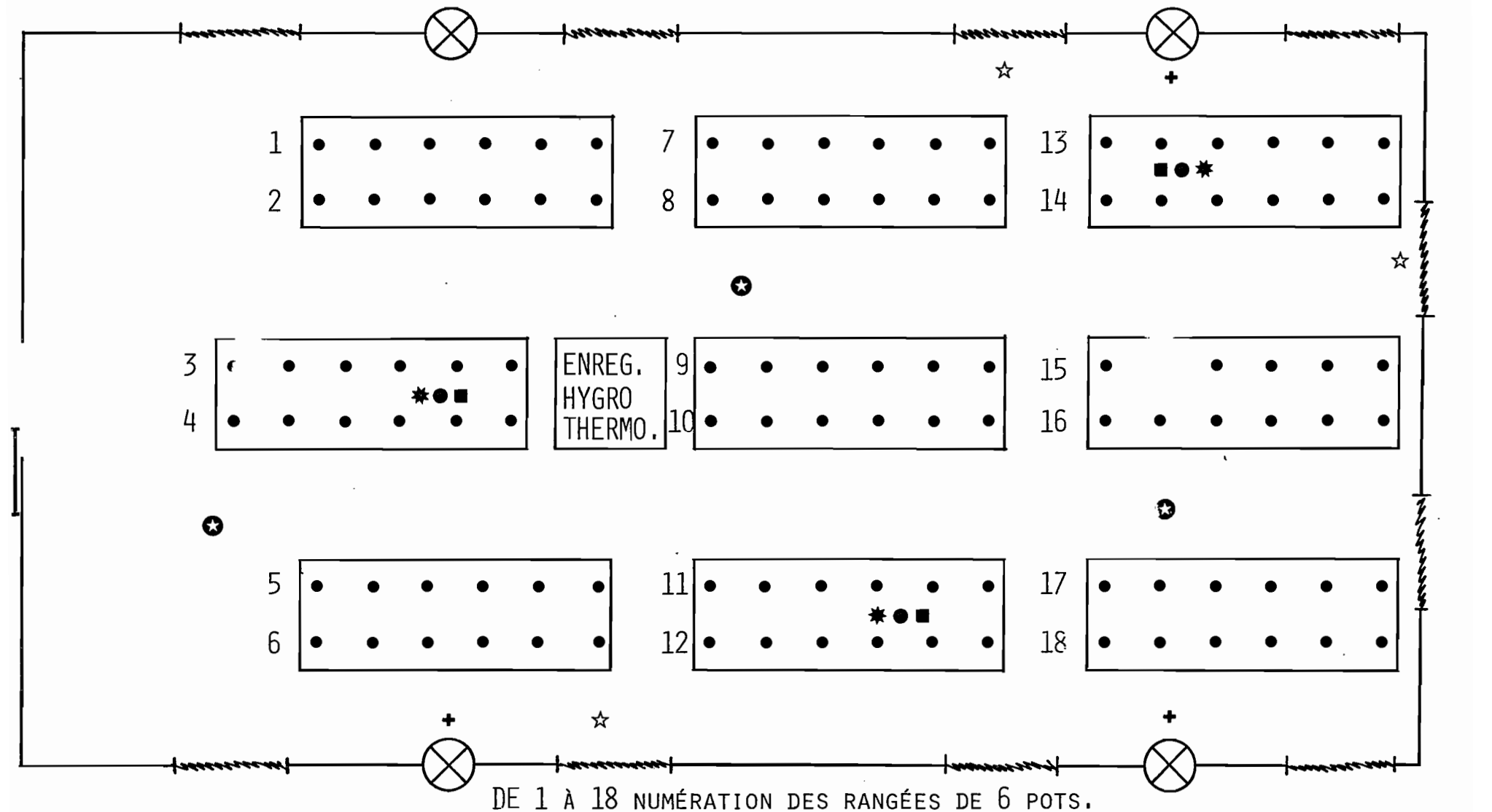
Les thermomètres permettent ainsi d'établir des profils thermiques instantanés et de suivre leurs variations au cours de la journée. Les relevés d'un enregistreur hebdomadaire, installé à environ un mètre au-dessus du sol complètent les données précédentes (nocturnes notamment).

Les conditions intérieures d'aération et d'arrosage peuvent varier ; on réalise ainsi des combinaisons à partir des quatre paramètres suivants :

- ventilateur extracteur ou pulseur,
- ouverture ou fermeture des deux panneaux vitrés du toit,
- ouverture ou fermeture des dix volets coulissants du bas,
- présence ou absence d'arrosage sur le sol.

Pour permettre d'interpréter les mesures réalisées avec les différentes combinaisons au cours du temps (une journée par combinaison avec trois répétitions), on fait intervenir les résultats obtenus sous abri météorologique. Ce dernier est installé sur la station de la section d'hydrologie située à une centaine de mètres des serres. On utilise des rapports faisant intervenir des différences relatives entre les températures à l'intérieur des serres et celles mesurées sous abri ; ces dernières sont considérées comme référence de base car elles sont en effet celles qui se rapprochent le plus du milieu naturel de croissance des cultures.

FIG. 1 - SITUATION DES THERMOMETRES DANS LA SERRE (VUE DE DESSUS)



VOILETS D'AERATION
DU BAS



VENTILATEURS (EXTRAC-
TEURS ou PULSEURS)

☆ VOILETS D'AERATION
(30 CM DU SOL)

+ VENTILATEURS (ID.)

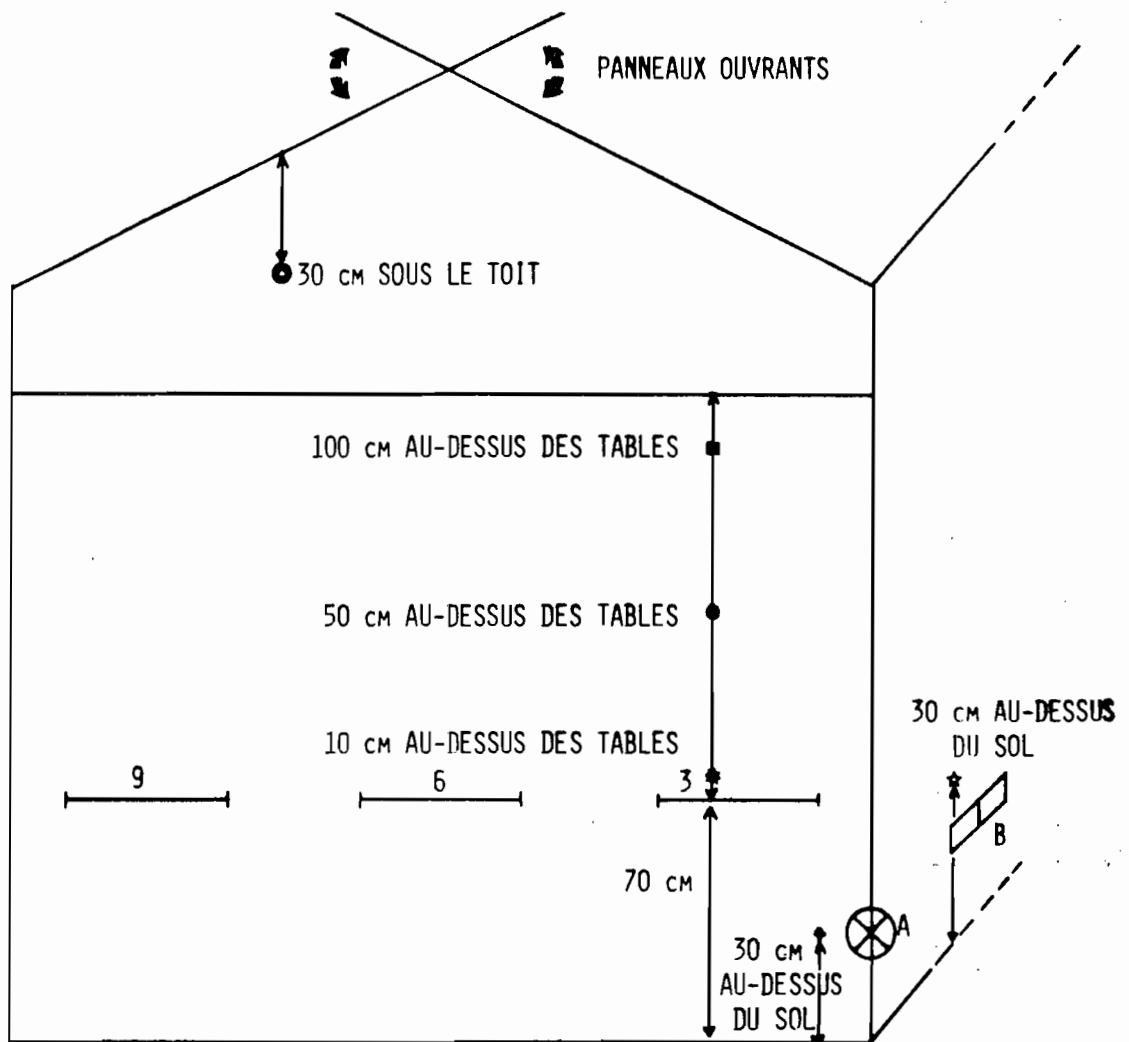
* AU-DESSUS DES
TABLES (10 CM)

● AU-DESSUS DES
TABLES (50 CM)

■ AU-DESSUS DES TABLES
(100 CM)

⊙ 30 CM SOUS LES PANNEAUX
OUVRANTS DU TOIT

FIG. - 2. SCHEMA DES EMPLACEMENTS DES THERMOMETRES DANS UN PLAN VERTICAL



★ ● ■ ◆ ● ◆ EMPLACEMENT DES THERMOMETRES

9 MATERIALISATION DES NIVEAUX SUPERIEURS DES TABLES

A = VENTILATEURS EXTRACTEURS OU PULSEURS

B = OUVERTURES DU BAS POUVANT ETRE OBTUREES PAR UN VOILET

Pour comparer les valeurs à l'intérieur d'une même serre, deux coefficients ont été calculés :

$$(1) \quad X = \frac{T^{\circ} \text{ à 50 cm au-dessus des tables} - T^{\circ} \text{ extérieure}}{T^{\circ} \text{ extérieure}}$$

$$(2) \quad Z = \frac{T^{\circ} \text{ la plus élevée dans la serre} - T^{\circ} \text{ la plus basse}}{T^{\circ} \text{ extérieure}}$$

X est le coefficient qui permet de se rendre compte quel est le système qui maintiendra la température de la serre la moins différente possible de la température de référence.

Le choix de la température à 50 cm au-dessus des tables dans l'égalité (1) (soit 120 cm au-dessus du sol) a été motivé par le fait que cette valeur est apparue représentative de l'ensemble du volume occupé par les plante-tests au cours de leur cycle végétatif.

Z est le coefficient qui permet de se rendre compte du gradient maximum à l'intérieur de la serre.

Lorsqu'il s'agit de mettre en parallèle les résultats des mesures effectuées simultanément à l'intérieur de deux serres ayant des conditions de ventilation et d'aération différentes, il a été fait appel aux trois coefficients suivants :

A et B étant des sigles des deux serres comparées, on a les trois égalités suivantes :

$$(3) \quad X_1 = \frac{T^{\circ} (A) - T^{\circ} \text{ extérieure}}{T^{\circ} \text{ extérieure}}$$

$$(4) \quad X_2 = \frac{T^{\circ} (B) - T^{\circ} \text{ extérieure}}{T^{\circ} \text{ extérieure}}$$

$$(5) \quad X_3 = \frac{T^{\circ} (A) - T^{\circ} (B)}{T^{\circ} \text{ extérieure}}$$

2.2.2. - Résultats acquis

(A) - Comparaisons des différentes combinaisons possible à l'intérieur d'une même serre

Nous nous sommes rapidement rendu compte que la fermeture des panneaux du toit, avec ouverture des volets du bas et ventilateurs extracteurs, entraînait (cf. fig. 3) :

- une circulation d'air limitée aux 40 centimètres situées au-dessus du sol cimenté ;
- des températures très élevées par rapport aux autres combinaisons ;
- des gradients de température très importants entre les différents niveaux de mesure.

Ces observations ont entraîné le maintien de l'ouverture des panneaux du toit dans la poursuite des mesures.

Comme il n'était pas possible de calculer les différents coefficients pour chaque instant de mesure, les valeurs obtenues à 11 H 30 et 13 H 30 ont été choisies pour rendre compte des écarts éventuels entre les températures à l'intérieur et à l'extérieur de la serre. On a considéré ainsi, à la lecture des résultats, qu'entre 7 H 00 et 11 H 30 on se situait dans la partie ascendante de la courbe tandis que dans la période 13 H 30 - 17 H 30 les températures décroissaient.

Les trois conclusions essentielles déduites de l'examen des figures 4 à 7 et du tableau 8 sont les suivantes :

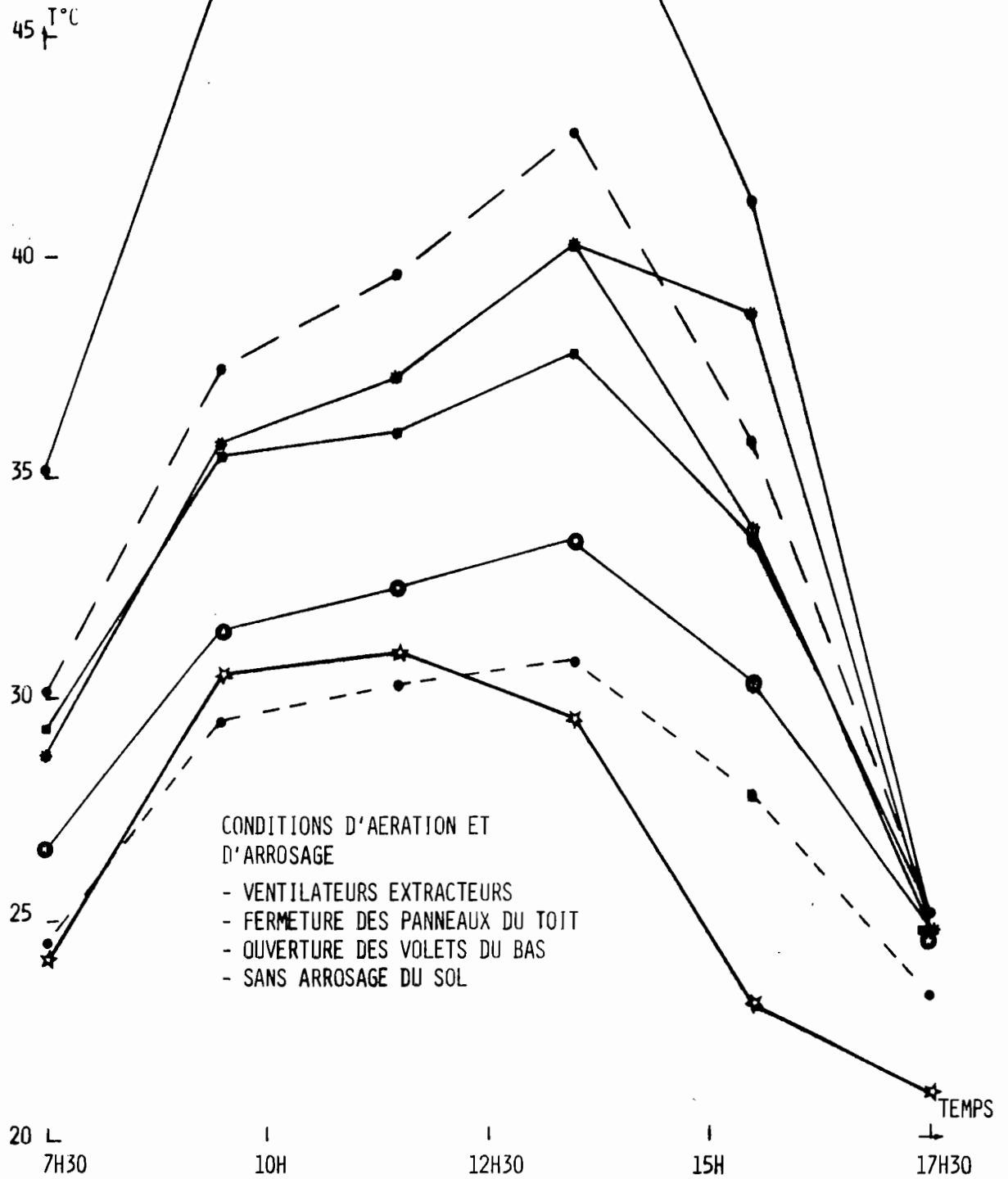
a) l'arrosage du sol aurait une influence plutôt négative sur le maintien de la température intérieure de la serre à une valeur aussi proche que possible de celle enregistrée sous abri. En effet la majorité (80,%) des valeurs X sont plus fortes avec, que sans arrosage.

b) sur les figure 4 à 7, on peut remarquer que les courbes des températures relevées sans ouverture des volets du bas sont plus serrées (fig. 4 et 5) par rapport à celles relevées lorsque l'air peut circuler du haut

PARAMETRES REPRESENTES POUR LES FIGURES 3 A 7

THERMOMETRES (SERRE)	}	*	● —————	30 cm DU TOIT
			● — — — — —	100 cm AU-DESSUS DES TABLES
			★ —————	50 cm AU-DESSUS DES TABLES
			■ —————	10 cm AU-DESSUS DES TABLES
			●* —————	VENTILATEUR
			● - - - - -	VOLET
ENREGISTREUR DE L'ABRI METEO		★ —————	ABRI METEO (THERMO-HYGRO)	

FIG. - 3 . COURBES REPRESENTATIVES DES TEMPERATURES DANS LA SERRE
AVEC PANNEAUX SOMMITAUX FERMES.



40 T°C
 FIG. 4 - COURBES REPRESENTATIVES DES TEMPERATURES DANS UNE SERRE EQUIPEE DE VENTILATEURS EXTRACTEURS

CONDITIONS D'AERATION ET D'ARROSAGE

- OUVERTURE DES VOILETS DU TOIT
- OUVERTURE DES VOILETS DU BAS
- ARROSAGE DU SOL

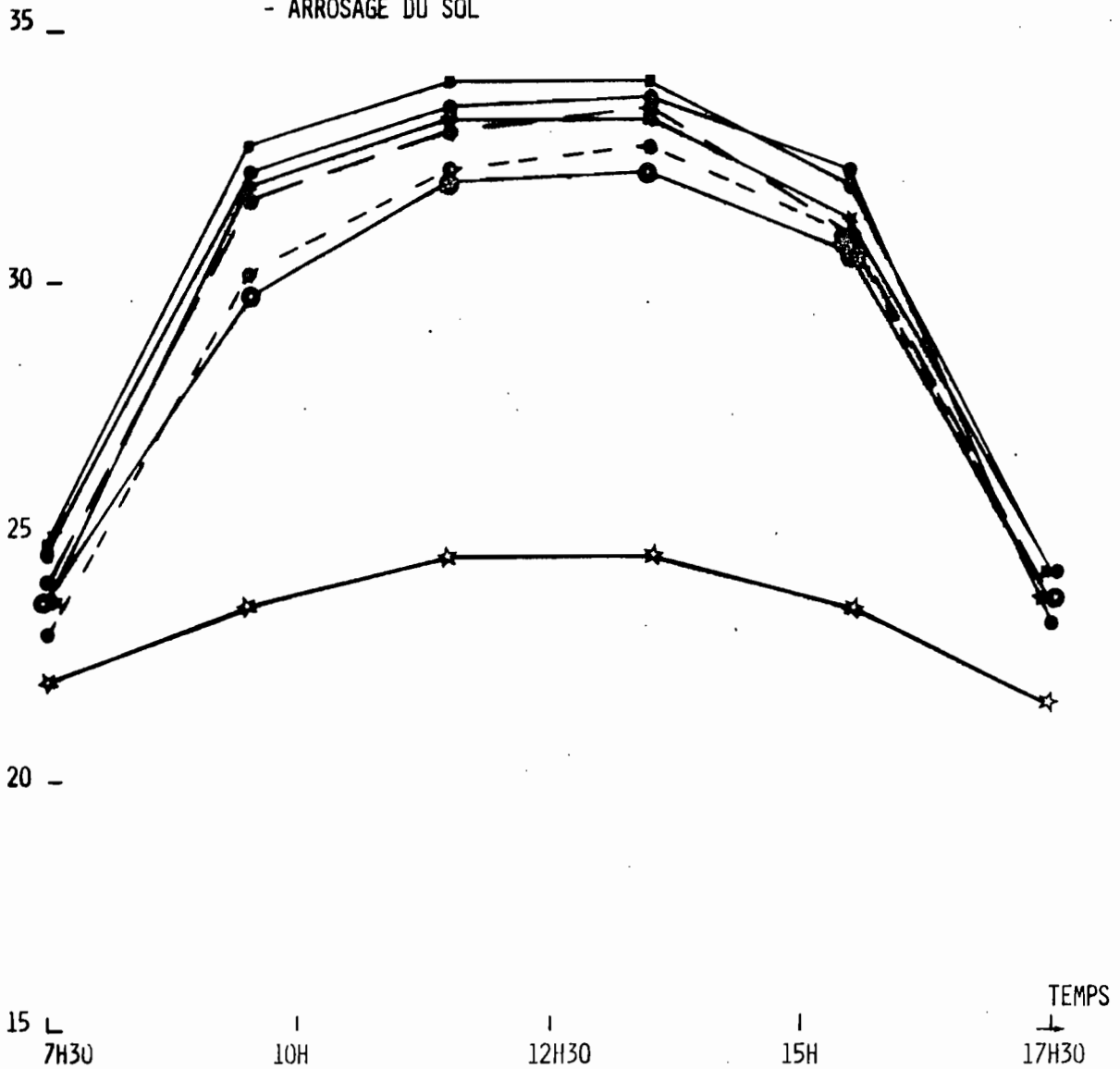
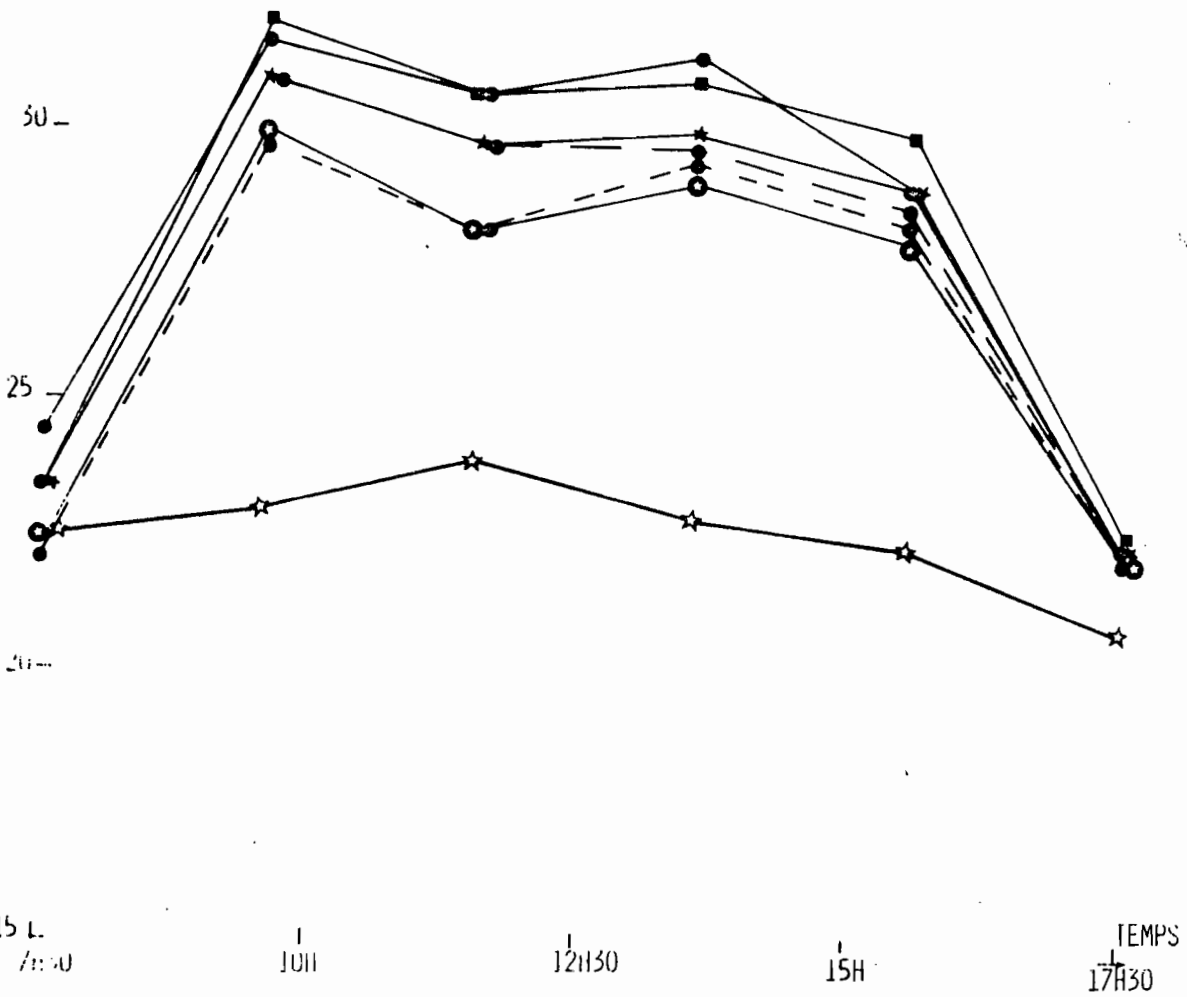


FIG. - 5

40 T°

CONDITIONS D'AERATION ET D'ARROSAGE
- OUVERTURE DES VOILETS DU TOIT
- DES VOILETS DU BAS
- ARROSAGE DU SOL CIMENTE

35 -



15 L
7:30

10:00

12:30

15 H

TEMPS
17:30

FIG. 6 -

40 °C

CONDITIONS D'AERATION ET D'ARROSAGE

- OUVERTURE DES VOILETS DU TOIT
- OUVERTURE DES VOILETS DU BAS
- ARROSAGE DU SOL

35 -

30 -

25 -

20 -

15 L

7H30

10H

12H30

15H

TEMPS
17H30

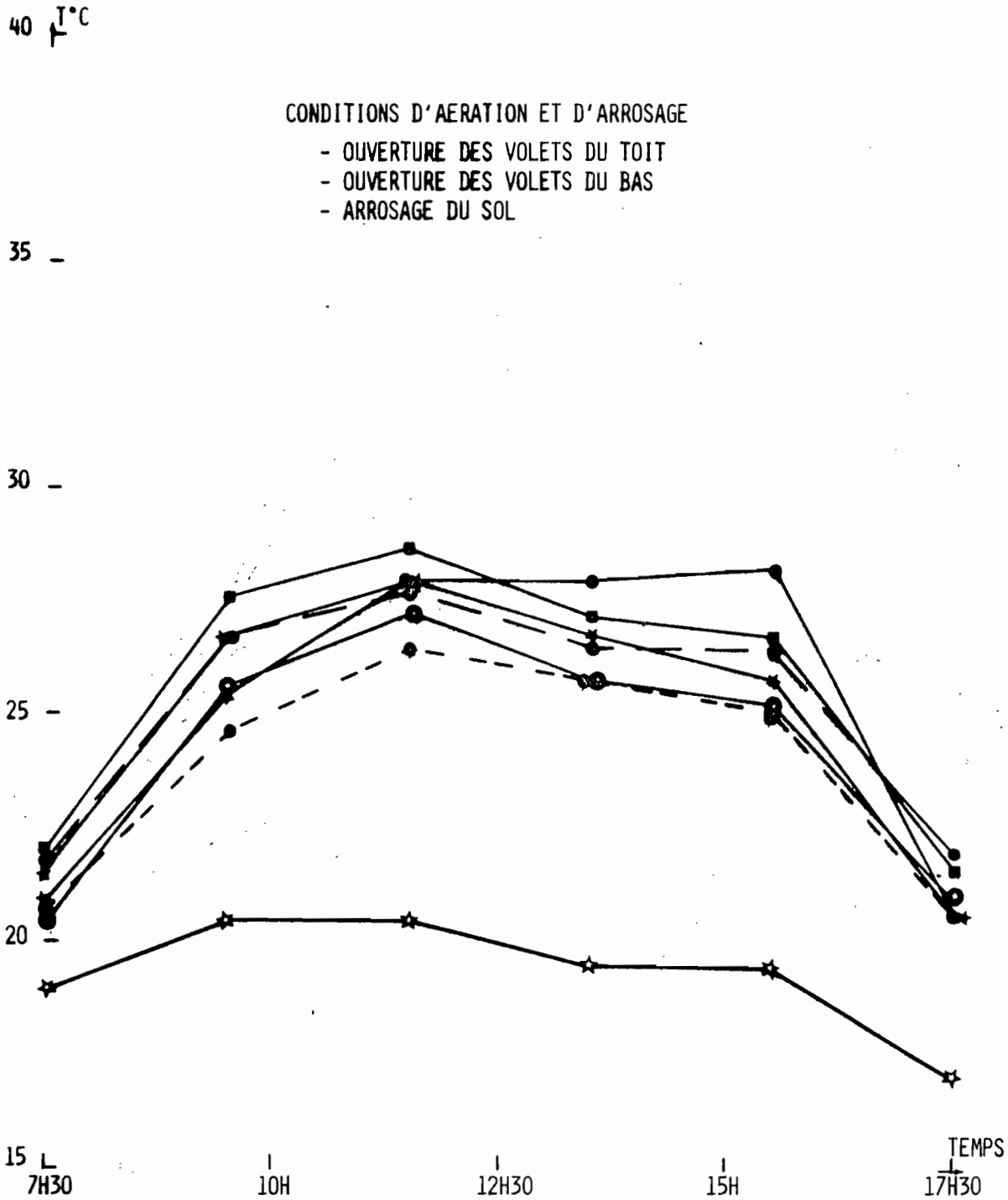


FIG. - 7 .

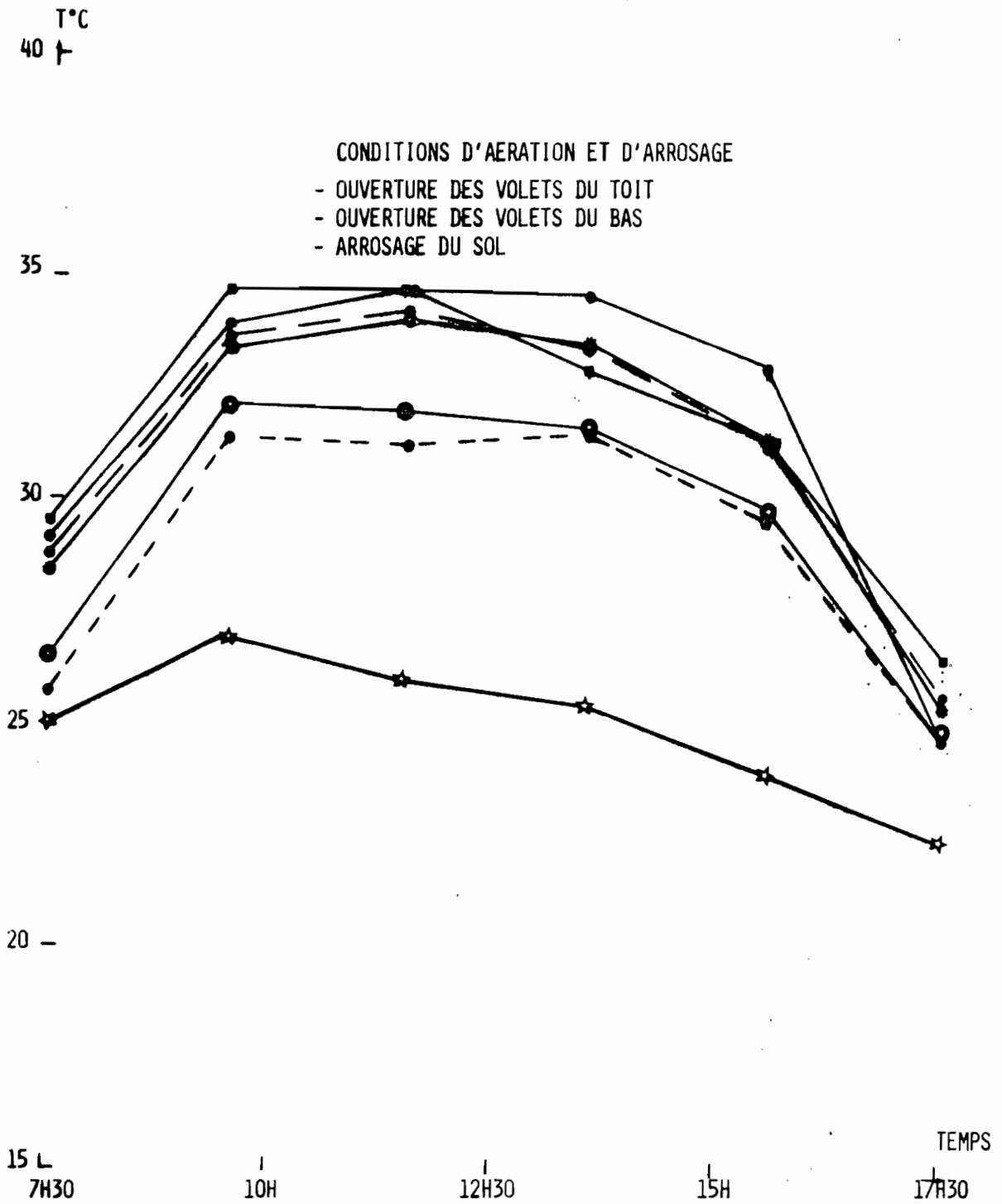


TABLEAU 8 - Valeurs moyennes des coefficients X et Z (comparaison des T^oC Int. et Ext.)

Heures Conditions aération Coefficients		11h.30				Heures Conditions aération Coefficients		13h.30			
		Puls + H 20	Puls - H 20	Extract. + H 20	Extract. - H 20			Puls + H 20	Puls - H 20	Extract.+ H 20	Extract. - H 20
X		0,176 *	0,123	0,331	0,286	X		0,171	0,110	0,271	0,354
		0,108 **	0,083	0,249	0,183			0,106	0,075	0,193	0,323
		0,244	0,163	0,412	0,389			0,237	0,145	0,350	0,386
N	Avec la valeur observée au niveau du sol Z ₁₁	0,242 $\bar{m} = 0,215$ 0,174 ; 0,257	0,182	0,130 $\bar{m} = 0,115$ 0,093 ; 0,138	0,101	N	Sans la valeur observée au niveau du sol	0,235 $\bar{m} = 0,220$ 0,189 ; 0,251	0,200	0,112 $\bar{m} = 0,112$ 0,092 ; 0,131	0,111
	Sans la valeur observée au niveau du sol Z ₁₂	0,078 $\bar{m} = 0,075$ 0,055 ; 0,095	0,071	0,040 $\bar{m} = 0,038$ 0,030 ; 0,046	0,036		Sans la valeur observée au niveau du sol	0,087 $\bar{m} = 0,094$ 0,079 ; 0,108	0,102	0,051 $\bar{m} = 0,56$ 0,035 ; 0,072	0,047

* Valeurs moyennes sur l'ensemble des mesures effectuées durant plusieurs jours

** Valeurs extrêmes au seuil 5 % ($\bar{x} - 2 \sigma$; $\bar{x} + 2 \sigma$).

vers le bas mais aussi au niveau des ventilateurs (fig. 6 et 7). Il y a une sorte de circuit secondaire entre le sol cimenté et le niveau 40 cm ce qui est gênant pour les cultures lorsqu'elles sont placées au niveau inférieur des tables. Ceci a conduit à laisser fermés ces volets d'aération en utilisation normale ; ils seront ouverts seulement lorsque les panneaux amovibles du toit seront en position fermée (pluie diurne notamment).

c) le sens de la ventilation (de l'intérieur vers l'extérieur ou vice-versa) a une très grande importance. Le tableau 8 montre clairement que les valeurs moyennes de X sont toujours nettement plus élevées avec les ventilateurs extracteurs qu'avec les ventilateurs pulseurs. Ceci s'explique par le fait que, dans le premier cas de ventilation, la circulation est "artificielle" ; en effet les températures sont plus élevées vers le haut et l'air plus chaud est "tiré" vers le bas ; le sens de circulation est inversé par rapport à la normale. Il convient donc que les ventilateurs soient installés pour pulser l'air du sol vers le toit ; dans ces conditions la température de la serre est relativement uniforme entre 80 et 240 cm (cf. coefficient Z_{12} du tableau 8) avec une diminution assez nette au niveau des ventilateur (cf. Z_{11} du tableau 8).

(B) - Comparaisons des valeurs relevées à l'intérieur de deux serres aux conditions de ventilation et d'arrosage différents

Les conditions intérieures des deux serres, dans lesquelles les mesures étaient réalisées aux mêmes moments à l'aide des thermohygromètres enregistreurs, ont été les suivants :

Serre A : Ventilateurs pulseurs avec ou sans arrosage

Serre B : Ventilateurs extracteurs sans arrosage.

Les valeurs des températures des deux serres et de l'extérieur (abri météo) sont comparées entre elles à l'aide de trois coefficients XI, X2, X3. Leurs évolutions journalières sont de plus représentées par les courbes des figures 9 et 10. La comparaison des coefficients laisse apparaître que :

FIG. 9 - COURBES COMPARATIVES DES TEMPERATURES A L'INTERIEUR DES SERRES ET SOUS ABRI SANS ARROSAGE DU SOL CIMENTE DE LA SERRE "A".

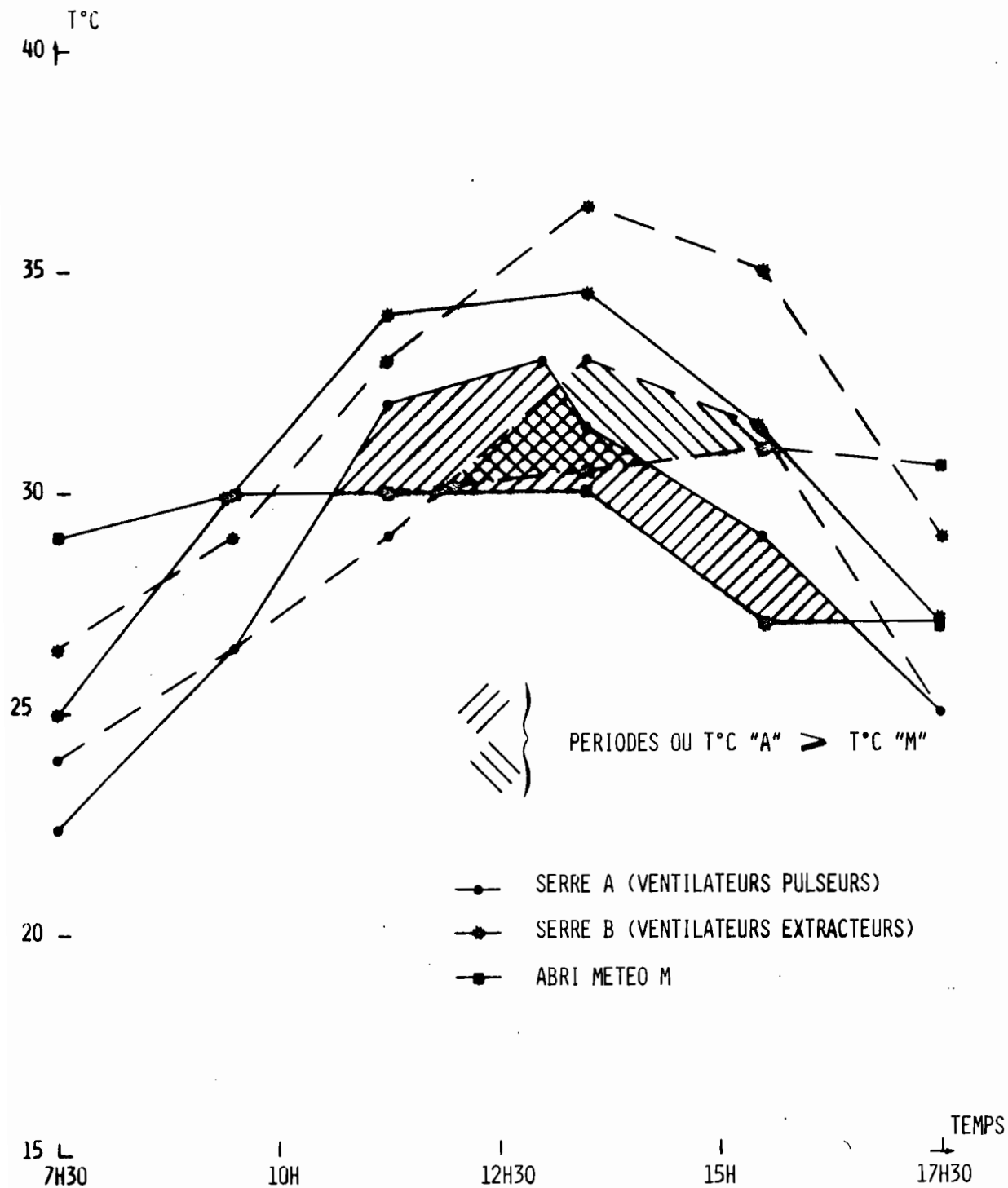


FIG. 10 - COURBES COMPARATIVES DES TEMPERATURES A L'INTERIEUR DES SERRES ET SOUS ABRI AVEC ARROSAGE DU SOL CIMENTE DANS LA SERRE "A".

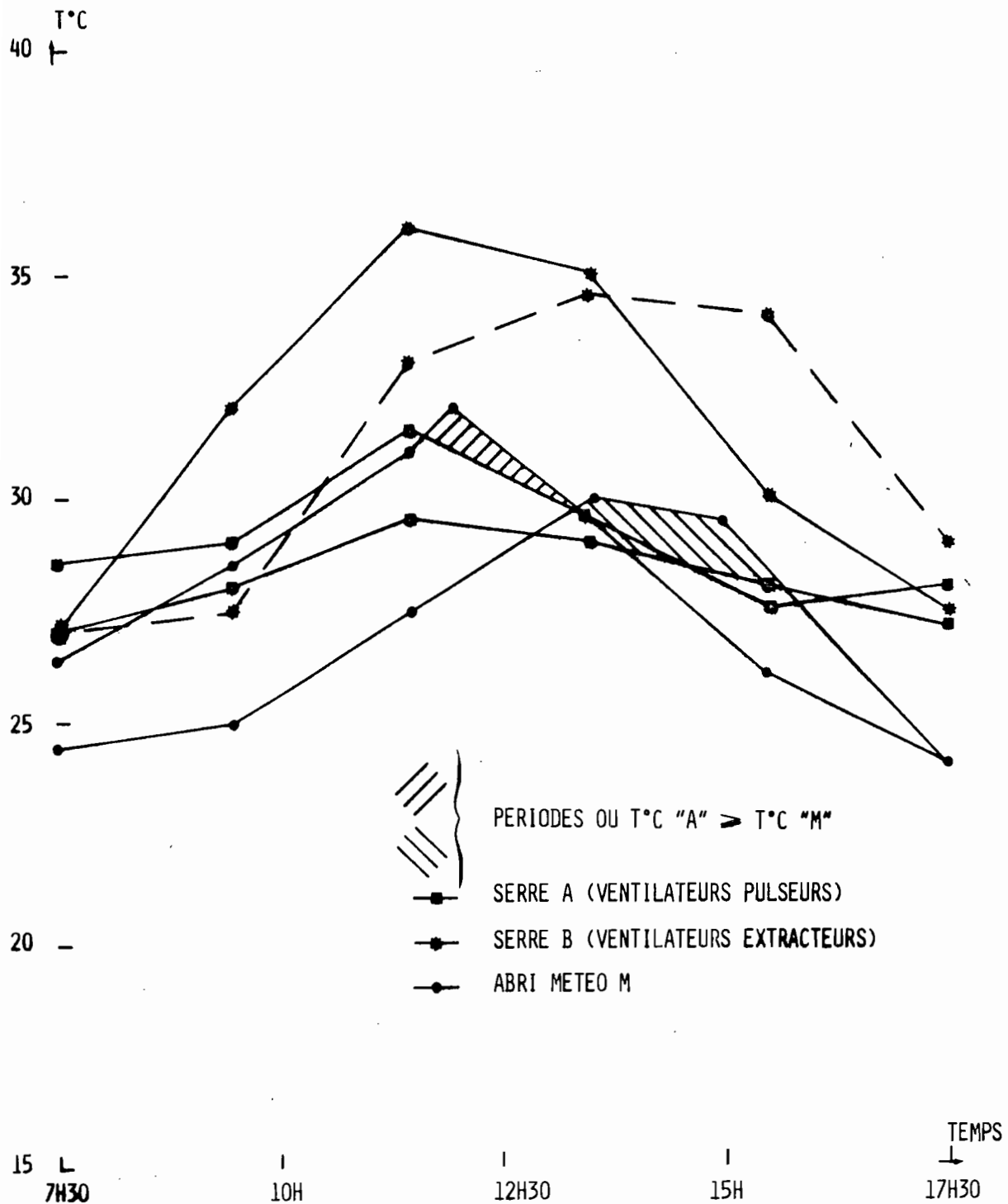


TABLEAU 11 - Valeurs moyennes des coefficients X_1 , X_2 , X_3 (comparaison des $T^{\circ C}$ entre 2 serres et entre chaque serre et l'extérieur)

Heures Conditions aération Coefficients	11h.30			Heures Conditions aération Coefficients	13h.30			Heures Conditions aération Coefficients	MAXIMA de la JOURNEE		
	Serre A		Serre B		Serre A		Serre B		Serre A		Serre B
	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20		Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20		Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20
X_1	-0,066 *	-0,0927		X_1	0,029	-0,034		X_1	0,0030	-0,033	
	-0,121 0,000	-0,175 -0,010			-0,041 0,099	-0,111 +0,043			-0,010 0,070	-0,069 0,003	
X_2			0,0824	X_2			0,125	X_2			0,115
			0,0218 0,1431				0,067 0,183				0,066 0,165
X_3	-0,202	-0,099		X_3	-0,167	-0,0503		X_3	-0,148	-0,068	
	-0,249 -0,154	-0,135 -0,061			-0,2084 -0,231	-0,157 +0,056			-0,188 -0,108	-0,089 -0,047	

* Valeurs moyennes sur l'ensemble des mesures effectuées durant plusieurs jours

** Valeurs extrêmes au seuil 5 % ($x - 2\sigma$; $x + 2\sigma$).

- l'action de l'arrosage n'est pas nette et joue seulement lorsqu'on met en parallèle les deux serres, le sol de A n'étant jamais arrosé.

- l'action de la ventilation avec pulsion (A) est nettement plus efficace que la ventilation avec extraction (B) pour le maintien d'une température aussi peu différente que possible de celle de l'extérieur, comme le montre le tableau 11 (coefficients XI et X2).

- enfin la température de B, avec ventilateur extracteur est toujours nettement supérieure à celle de l'abri météo ; par contre celle de A est très proche et même parfois inférieure à celle de l'extérieur.

Il est donc possible de conclure que le mode de ventilation à utiliser soit celui de la pulsion de l'air à travers la serre ; cette aération aura le double avantage de maintenir la température intérieure la plus proche possible de celle de l'abri météo (représentative de celle des conditions de cultures aux champs) et d'avoir le gradient le plus faible de bas en haut de la serre ; cela évitera de soumettre les différents niveaux des cultures à des variations trop importantes pouvant, soit entraver leur développement, soit le modifier (facteur non contrôlé supplémentaire).

2.3. - Contrôle de l'humidité

2.3.1. - Méthodologie

Un hygromètre enregistreur a été installé au centre de la serre à 30 cm environ au-dessus des tables : il a permis d'obtenir ainsi les valeurs nécessaires pour mettre en évidence une action éventuelle de l'arrosage du sol cimenté sur le taux d'humidité de l'atmosphère intérieure.

Les conditions d'aération peuvent varier, comme pour l'étude de la température. Elles sont modifiables grâce à l'utilisation de ventilateurs extracteurs ou pulseurs, avec ou sans ouverture des volets rectangulaires. Ces parties mobiles vitrées du toit ont toujours été maintenues ouvertes du fait des conclusions négatives obtenues dans le cas inverse (cf. 2.2.1.).

Pour permettre de comparer les mesures réalisées dans la même serre avec des combinaisons différentes d'aération et d'humidification, à des périodes distinctes, on a recours également aux résultats obtenus sous abri météo (cf. 2.2.1.). Il est alors possible d'utiliser des rapports dans lesquels interviennent des différences relatives entre les humidités des serres et celles relevées sous abri. Ces dernières sont considérées comme des références car elles sont très proches de celles du milieu naturel de croissance des cultures.

$$(6) \quad H = \frac{\text{Humidité à 50 cm au-dessus des tables} - \text{Humidité extérieure}}{\text{Humidité extérieure}}$$

Ce coefficient permet de déterminer le meilleur système pour maintenir l'humidité de la serre la plus proche possible de l'humidité extérieure.

Pour réaliser des comparaisons aisées entre les mesures effectuées simultanément dans deux serres, il a été fait appel aux trois coefficients suivants :

A et B étant les sigles des deux serres comparées, on écrit :

$$(7) \quad H_1 = \frac{\% \text{ Humidité A} - \% \text{ Humidité extérieure}}{\% \text{ Humidité extérieure}}$$

$$(8) \quad H_2 = \frac{\% \text{ Humidité B} - \% \text{ Humidité extérieure}}{\% \text{ Humidité extérieure}}$$

$$(9) \quad H_3 = \frac{\% \text{ Humidité A} - \% \text{ Humidité B}}{\% \text{ Humidité extérieure}}$$

2.3.2. - Résultats acquis

(C) - Comparaisons des différentes combinaisons possible à l'intérieur d'une même serre

Deux moments ont été choisis au cours de la journée, soit 11 H 30 et 13 H 30. Cette option repose sur le fait que les variations de l'humidité sont les plus fortes pendant la période la plus chaude ; les pourcentages d'humidité les plus élevés se situant en début de matinée et en fin d'après-midi.

Les conclusions découlant de l'examen des figures 12 et 13 et du tableau 14 sont les suivantes :

- une action positive des ventilateurs pulseurs sur les ventilateurs extracteurs dans la serre A avec ou sans arrosage du sol cimenté ;
(-0,0934 contre 0,272)

- l'influence de l'arrosage avec les ventilateurs extracteurs n'est pas nette ; il n'a pas d'action à 11 H 30 (il y aurait même un effet contraire) ; par contre il a une légère action deux heures plus tard. Ceci peut se comprendre si l'on considère que la circulation de l'air se fait du toit vers le bas ; l'eau apportée au niveau du sol n'est pas véhiculée par l'air dans toute la serre mais brassée seulement dans la partie inférieure.

- l'action des ventilateurs pulseurs est par contre très nette comparée à celle des extracteurs, avec ou sans arrosage d'ailleurs. Ce dernier paramètre intervient au cours de la journée et son effet s'accroît entre les deux moments de mesures ; la diminution de l'humidité sans arrosage augmente fortement (on passe de - 0,103 à - 0,208) alors qu'elle a tendance à rester presque constante (- 0,085 à - 0,118) lorsqu'il est en fonctionnement. Ceci peut s'expliquer en considérant la circulation ascendante de l'air du sol humide vers la partie supérieure ; d'autre part, l'air se charge de plus en plus d'humidité au fur et à mesure du fonctionnement du système.

(D) - Comparaisons des valeurs relevées à l'intérieur de deux serres aux ventilations et humidifications différentes

Les conditions intérieures des deux serres, dans lesquelles les mesures ont été réalisées ont été les suivantes :

Serre A : Ventilateurs pulseurs avec ou sans arrosage

Serre B : Ventilateurs extracteurs sans arrosage.

Les valeurs des humidités à l'intérieur des deux serres et à l'extérieur sont comparées à l'aide des trois coefficients H1, H2, H3. Les évolutions journalières de l'hygrométrie sont de plus représentées par les courbes des figures 15 et 16.

FIG. 12 - COURBE COMPARATIVE DES HUMIDITES A L'INTERIEUR DE LA SERRE ET SOUS ABRI METEO AVEC DES VENTILATEURS EXTRACTEURS ET SANS ARROSAGE.

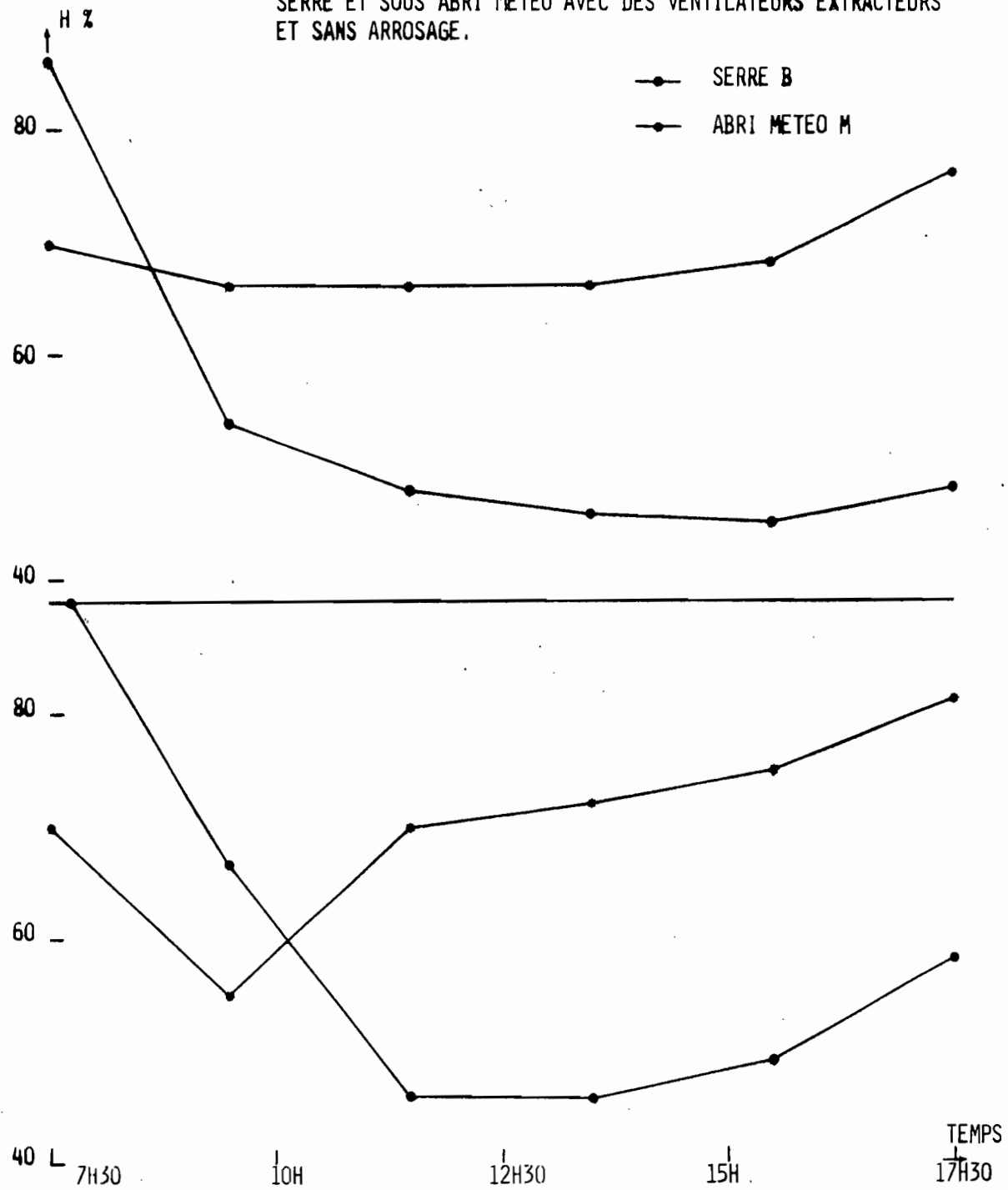


FIG. 13 - COURBES COMPARATIVES DES HUMIDITES A L'INTERIEUR DE LA SERRE ET SOUS ABRI METEO AVEC DES VENTILATEURS EXTRACTEURS ET AVEC ARROSAGE.

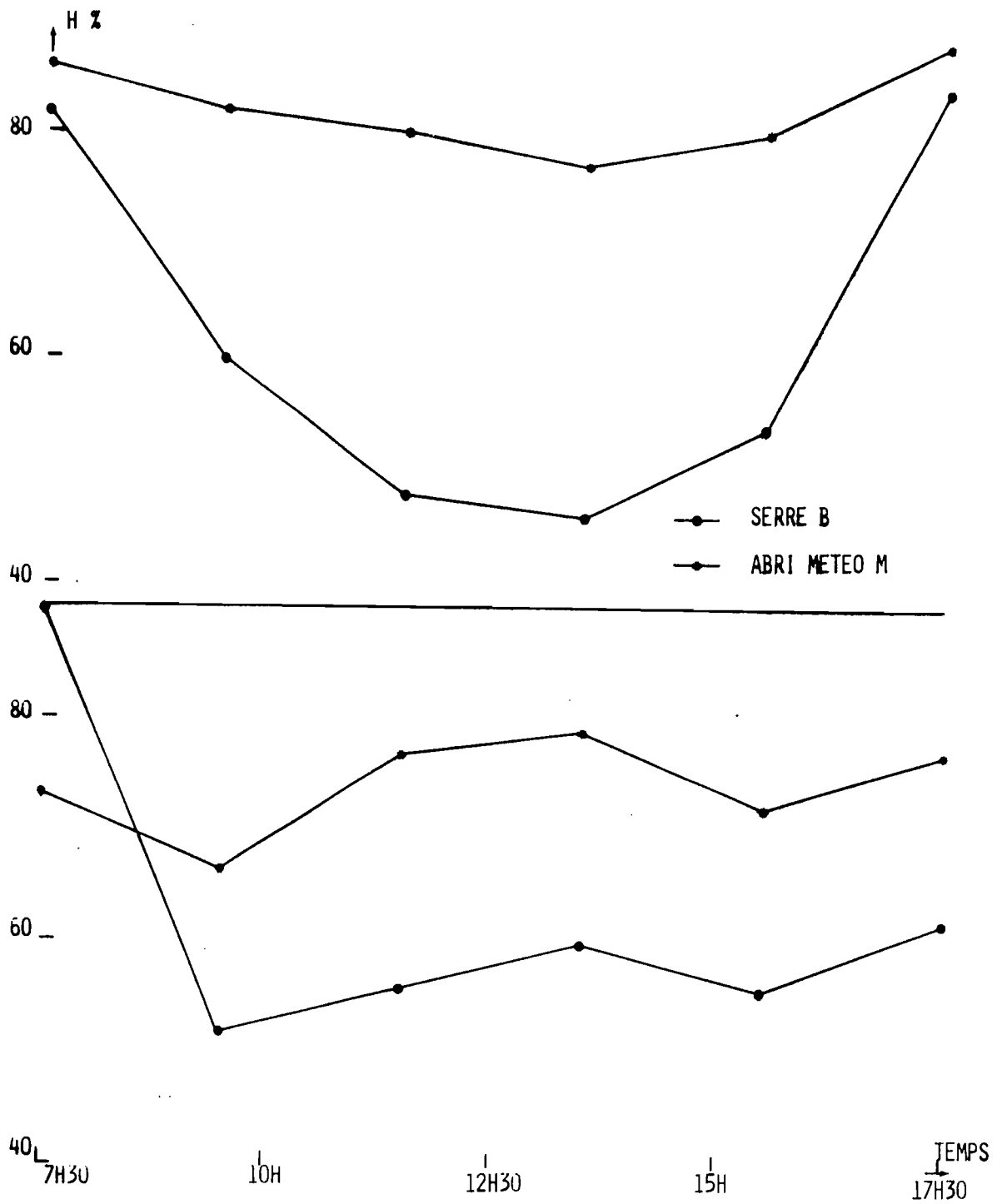


TABLEAU 14 - Valeurs moyennes du coefficient H (comparaison des humidités intérieures et extérieures)

Heures Conditions aération Coefficients	11h.30				Heures Conditions aération Coefficients	13h.30			
	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext + H 20	Ext - H 20		Puls + H 20	Puls - H 20	Ext + H 20	Ext - H 20
H	-0,085	-0,1023	-0,294	-0,250	H	-0,118	-0,208	-0,247	-0,286
	-0,130	-0,149	-0,400	-0,333		-0,171	-0,250	-0,331	-0,361
	-0,039	-0,055	-0,187	-0,168		-0,066	-0,167	-0,162	-0,210
	m = - 0,0934		m = - 0,272			m = - 0,1633		m = 0,268	
	-0,125 ; -0,062		-0,337 ; -0,207		-0,209 ; -0,117		-0,330 ; -0,307		

La comparaison des différents rapports et des formes des différentes courbes amène aux déductions suivantes :

- une action positive peu apparente des ventilateurs pulseurs sur les extracteurs sans arrosage ; le sens des variations du taux d'humidité entre chaque serre par rapport à celle de l'extérieur peut même s'inverser en cours de journée (cf. H1 et H2 du tableau 17) ; les ventilateurs extracteurs agissent alors de façon positive (cf. fig. 15).

- par contre, l'apport d'eau favorise nettement l'action des ventilateurs pulseurs comme le montre l'examen des valeurs H3 (cf. tableau 17) à 11 H 30, 13 H 30 et à leur minimum (0,069 contre - 0,050 à 11 H 30 et 0,072 contre - 0,064 au minimum). La figure 16 permet également de visualiser l'avantage de cette ventilation ; les courbes montrent en effet qu'à partir de 10 heures les pertes d'humidité sont moindre avec, que sans arrosage.

Remarquons que les mesures n'ont pas été réalisées avec arrosage et extracteurs ; en effet les conclusions précédentes (cf. (A)) montrent qu'elles sont très peu différentes de celles obtenues sans arrosage. Ces dernières nous ont donc servi de base dans les deux combinaisons.

Il est possible de résumer ces remarques avec les 3 inégalités suivantes :

- . Ventilateur Pulseur + arrosage > Vent. Extracteur + arrosage
- . Ventilateur Pulseur + arrosage > Vent. Extracteur - arrosage
- . Ventilateur Pulseur - arrosage < Vent. Extracteur - arrosage

2.4. - Conclusions

La meilleure régulation doit permettre de maintenir la plus faible augmentation de température et la moindre diminution du degré hygrométrique.

Pour atteindre ces deux buts, les ventilateurs seront placés en position "pulseurs". Au cours de la journée il conviendra :

- de fermer les ouvertures du bas avec les volets coulissants
- d'ouvrir totalement les panneaux amovibles du toit
- d'arroser le sol cimenté de façon à maintenir un film d'eau permanent à la surface.

FIG. 15 - COURBES COMPARATIVES DES HUMIDITES A L'INTERIEUR DES SERRES ET SOUS ABRI, SANS ARROSAGE DU SOL CIMENTE DE LA SERRE A.

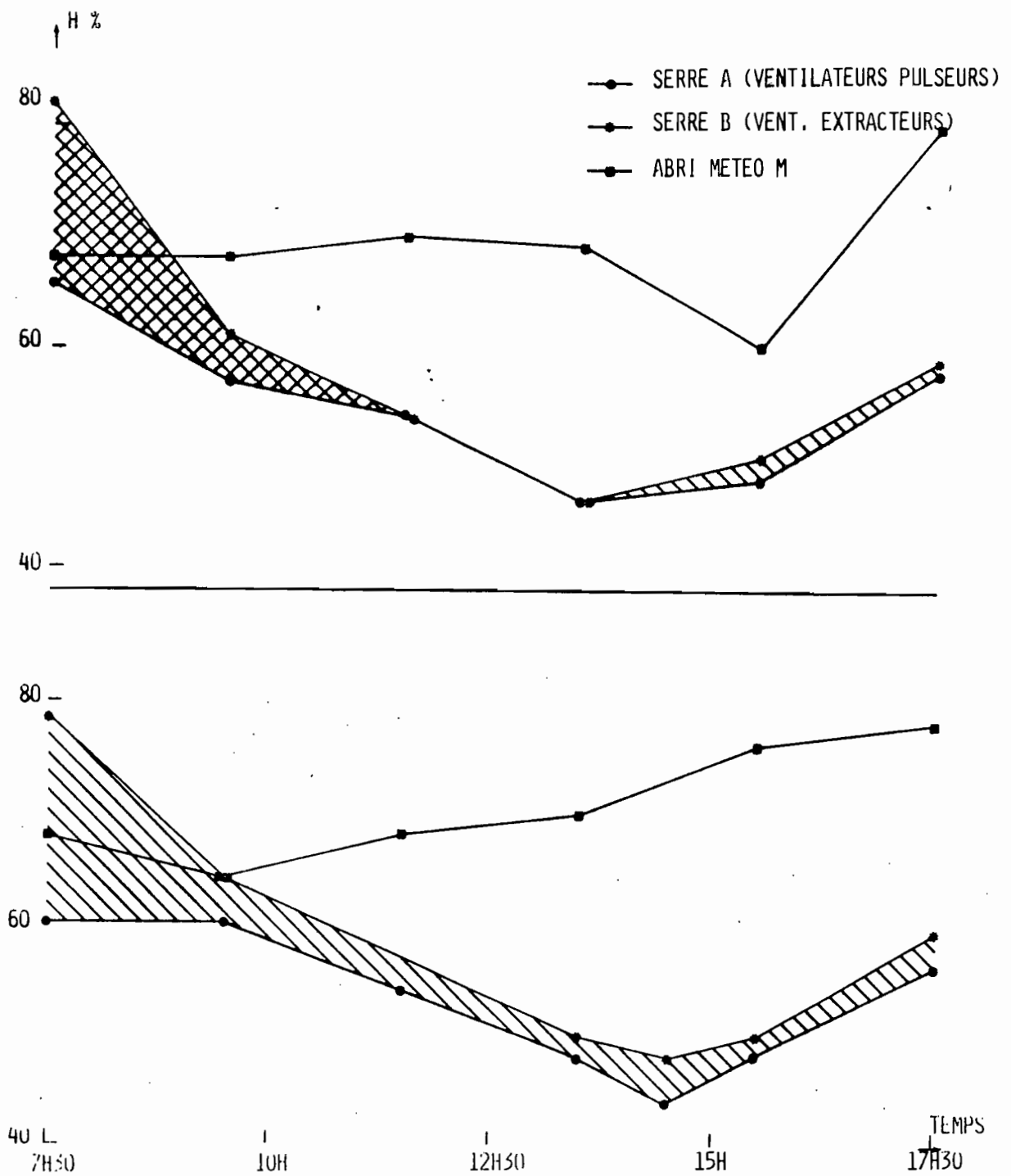


FIG. 16 - COURBES COMPARATIVES DES HUMIDITES A L'INTERIEUR DES SERRES ET SOUS ABRI AVEC ARROSAGE DU SOL CIMENTE DE LA SERRE A.

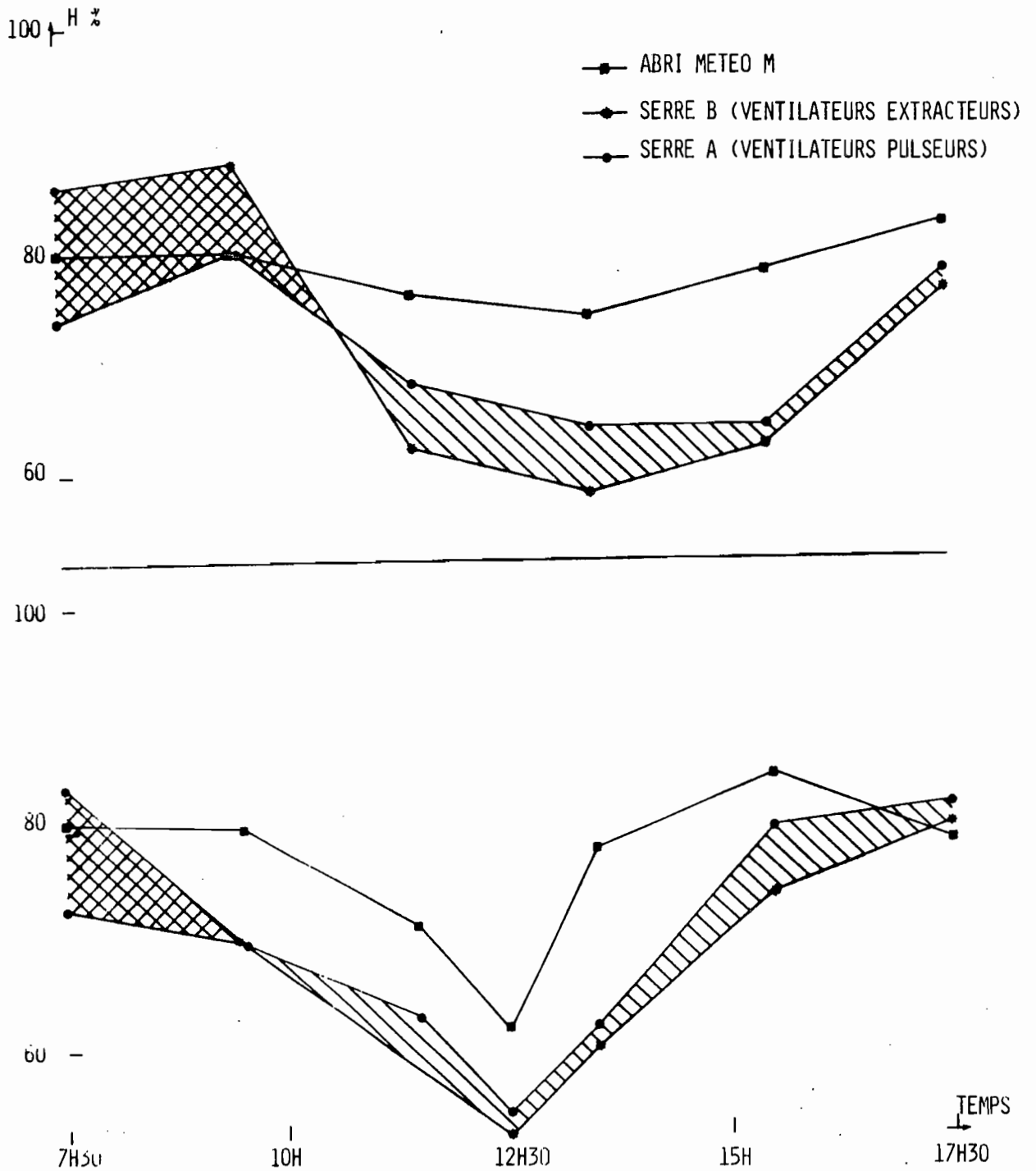


TABLEAU 17 - Valeurs moyennes des coefficients H_1 , H_2 , H_3 (comparaison de l'humidité)

Coefficients	Heures		11h.30				13h.30			Heures		MAX.			MIN.			
	Conditions aération		Serre A		Serre B		Serre A		Serre B	Conditions aération		Serre A		Serre B	Serre A		Serre B	
	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20	Puls + H 20	Puls - H 20	Ext - H 20
H_1	-0,087	-0,102		-0,118	-0,208					0,014	-0,052		-0,082	-0,134				
	-0,123	-0,149		-0,159	-0,250					0,028	-0,126		-0,143	-0,144				
	-0,052	-0,55		-0,078	-0,167					0,066	+0,022		-0,020	-0,124				
H_2			-0,106			-0,170						0,057						-0,093
			-0,154			-0,214						0,017						-0,157
			-0,059			-0,125						0,096						-0,032
H_3	+0,069	-0,050		0,076	-0,068					-0,064	-0,118		0,072	-0,064				
	0,042	-0,062		0,052	-0,096					-0,086	-0,169		0,062	-0,097				
	0,095	-0,038		0,100	-0,040					-0,042	-0,068		0,082	-0,030				

Par contre la nuit, et en cas de pluie diurne, les panneaux vitrés du faite ne seront entrouverts que de quelques centimètres, ainsi que ceux du bas.

Il est certain que d'autres systèmes et combinaisons pourraient être envisagés comme la pulvérisation d'eau en fines gouttelettes pour réduire les baisses très sensibles du taux d'humidité. Mais alors le contrôle de la consommation d'eau des plante-tests, pour arriver à déterminer une alimentation hydrique appropriée, ne pourrait être réalisé. De plus le développement des maladies cryptogamiques en serait favorisé ; ce facteur peut empêcher de mener un essai à son terme.

Il semble donc préférable de conserver actuellement les conditions obtenues à l'aide de moyens simples et relativement efficaces, même si elles apparaissent encore imparfaites.

3 - CONTROLE AU NIVEAU DES POTS ET DU BAC D'ALIMENTATION EN EAU

Ce travail a été entrepris dans le but de suivre les variations des températures des sols à l'intérieur de pots de formes, de couleurs et de tailles différentes. Le pot de culture qui sera adopté devra permettre d'éviter un échauffement trop important de la terre, des amplitudes de température trop marquées au cours de la journée et de forts gradients à l'intérieur même du pot.

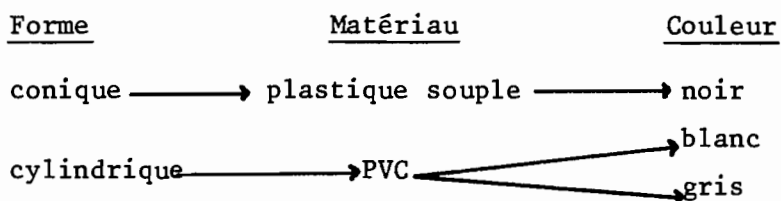
Après la présentation de la méthodologie, l'exposé des résultats suivra le plan ci-dessous.

- influence de la nature du pot
- influence de la nature du sol
- critères motivant les choix.

3.1. - Méthodologie

Le pot qui sera utilisé devra être léger, pratiquement incassable imputrescible, imperméable ; le matériau sera donc à base de plastique.

Deux formes de pots, deux types de plastique, trois couleurs sont les paramètres entrant en ligne de compte. Le schéma suivant visualise les combinaisons retenues.



Le pot conique en plastique souple noir, d'une contenance moyenne de 5 à 6 kg de terre tamisée à 5 mm, a une hauteur de 17 cm, une base inférieure de 225 cm² et une base supérieure de 340 cm².

Le pot cylindrique en PVC rigide, gris ou blanc, d'une contenance identique au pot précédent, a 25 cm de haut et 16 cm de diamètre.

Chaque pot est rempli jusqu'à 2 cm du bord.

D'autre part, deux sols ont fait l'objet de ces mesures ; ils seront utilisés dans le premier essai en serre concernant le choix des doses et des plante-tests (rapport IB de la même serre).

L'un est un sol peu évolué d'apport alluvial sur alluvions récentes sablo-argileux, de couleur 10 YR 4/3, brun. Les argiles granulométriques sont composées d'argile minéralogique, type illite-vermiculite.

Le second est un sol ferrallitique ferritique sur colluvions de roche ultrabasique, limono-sableux, de couleur 10 Y 3/3, rouge. Les argiles granulométriques sont composées essentiellement de sesquioxydes de fer et d'alumine ; il n'y a aucune argile minéralogique.

La description et les analyses des deux sols sont données en annexes 1 et 2.

Les mesures ont été réalisées sur plusieurs journées et à des instants différents au cours de chacune d'elle. Les thermomètres à mercure utilisés ont permis d'apprécier le demi-degré centigrade. Ils étaient enfoncés dans

le sol à des profondeurs différentes sur des verticales très proches les unes des autres ; les niveaux de mesure étaient situés à 5 et 10 cm pour les pots plastique noir et 5,10,15 et 20 cm pour les pots cylindriques en PVC.

Pour avoir des points de comparaison valables dans tous les cas, on se servira des différences existantes entre deux niveaux en prenant comme référence la valeur du niveau - 5 cm.

On pourra ainsi comparer les variations entre des niveaux différents à l'intérieur d'un même pot ou entre les mêmes niveaux dans des pots différents avec un sol identique ou non.

3.2. - Température dans des pots différents avec le même sol

Les tableaux 18 et 19 résument les données chiffrées.

3.2.1. - Variations des températures aux différents niveaux d'un pot

Si l'on se limite aux deux premiers niveaux, on constate que la différence est plus élevée dans le pot en plastique souple que dans le pot en PVC blanc. Ceci indique une influence du matériau et de sa couleur. Le volume du pot a aussi son importance : ainsi la différence entre les deux niveaux est plus élevée dans un pot de 3 kg que dans celui de 6 kg. (1,125 contre 0,775).

Si l'on prend en considération les quatre niveaux et les mesures effectuées de 8 H 00 à 17 H 30, deux conclusions s'imposent :

a) dans le pot PVC gris, les différences ne sont pas dans un ordre croissant ou décroissant du haut vers le bas du pot lorsque l'on considère la même épaisseur de 5 cm. Elles sont plus importantes au milieu du pot qu'en surface ce qui apparaît assez contradictoire.

b) par contre dans le pot PVC blanc, les différences sont très logiquement décroissantes du haut vers le bas du pot pour des épaisseurs identiques de 5 cm. On passe de la couche - 5/-10 cm soumises à l'action des rayons solaires (échauffement important) au niveau - 15/- 20 dont les amplitudes de variations sont plus faibles. Le milieu, dans ce dernier cas, est en quelque sorte tamponné pour la masse de terre situé au-dessus et au-dessous (0,324 ; 0,177 ; 0,088).

TABLEAU 18 - Tableau comparatif des différences de températures dans les pots retenus (toutes mesures confondues)

Profondeur en centimètres	Sols	Sol peu évolué d'apport sur alluvions récentes				Sol ferrallitique ferritique
	Pots	Pot en P.V.C. rigide		Pot en plastique souple		
		gris de 6 kgs	blanc de 6 kgs	noir de 6 kgs	noir de 3 kgs	noir de 6 kgs
- 5 / - 10		- $\overline{0,412}^*$ - $0,825^{**}$ 0,002	$\overline{0,324}$ 0,034 0,644	$\overline{0,775}$ 0,499 1,051	$\overline{1,125}$ 0,886 1,364	$\overline{0,775}$ 0,148 1,401
- 5 / - 15		$\overline{0,177}$ - 0,216 0,569	$\overline{0,500}$ 0,157 0,843	-	-	-
- 5 / - 20		- $\overline{0,029}$ - 0,377 0,319	$\overline{0,588}$ 0,203 0,974	-	-	-
- 10 / - 15		$\overline{0,706}$ 0,495 0,917	$\overline{0,177}$ 0,029 0,324	-	-	-
- 10 / - 20		$\overline{0,382}$ 0,091 0,674	$\overline{0,265}$ 0,053 0,477	-	-	-
- 15 / - 20		- $\overline{0,147}$ - 0,370 0,076	$\overline{0,088}$ 0,040 0,216	-	-	-

N.B. - - 10 : niveau pris comme référence

* moyenne algébrique - ** Valeurs extrêmes probables au seuil 5% ($x - 2\sigma$; $\bar{x} + 2\sigma$)

TABLEAU 19 - Tableau comparatif des différences de températures dans les pots retenus. (Températures mesurées de 10h.00 à 16h.30)

Profondeur en centimètres	Sols	Sol peu évolué d'apport sur alluvions récentes	
	Pots	Pots en P.V.C. rigide	
		gris de 6 kgs	blanc de 6 kgs
- 5 / - 10		- $\overline{0,417}$ - 0,991 0,159	- $\overline{0,458}$ 0,100 0,816
- 5 / - 15		$\overline{0,167}$ - 0,331 0,664	$\overline{0,708}$ 0,350 1,066
- 5 / - 20		- $\overline{0,208}$ - 0,606 0,190	$\overline{0,833}$ 0,419 1,248
- 10 / - 15		$\overline{0,750}$ 0,520 0,980	$\overline{0,250}$ 0,055 0,445
- 10 / - 20		$\overline{0,375}$ 0,024 0,726	$\overline{0,375}$ 0,096 0,654
- 15 / - 20		- $\overline{0,208}$ - 0,496 0,079	$\overline{0,125}$ 0,054 0,304

La conséquence de cette première constatation est d'avoir des différences croissant régulièrement de la surface vers la base pour des épaisseurs de plus en plus grandes avec un amortissement au fur et à mesure qu'on descend (0,324 ; 0,500 ; 0,588 pour 5,10 et 15 cm d'épaisseur).

Enfin si l'on prend en considération les mêmes quatre niveaux, mais pour les seules mesures effectuées entre 10 et 16 H 00, période la plus chaude de la journée, on observe :

- a) les mêmes variations difficiles à expliciter à l'intérieur du pot PVC gris,
- b) des différences dont le sens de variation est identique à celui observées précédemment ; mais les moyennes seront plus élevées (30 à 40 %). Ceci se comprend si l'on envisage le rôle modérateur des autres périodes de la journée.

3.2.2. - Comparaisons des différences de températures aux mêmes niveaux dans des pots différents

L'examen des résultats consignés dans le tableau 20 permet les trois remarques ci-après :

- les différences de température sont importantes entre le pot PVC gris et le pot plastique noir. Ce premier entraîne un échauffement non négligeable du sol.

- par contre les différences mesurées entre le pot PVC blanc et le pot plastique noir sont très faibles : un léger avantage se dessine même au profit du second. Mais celui-ci a un inconvénient important qui vient du matériau qui le compose ; il est trop souple et cela risque d'entraîner des décollements au niveau des parois et donc de créer des passages préférentiels de l'eau en cas d'arrosage.

- l'étude des différences de température entre les pots PVC de couleur différente, montre donc l'importance de la couleur clair quelque soit le niveau considéré. Les diminutions de température dues à ce paramètre sont de 2° C à 3° C, 5, ce qui est loin d'être négligeable.

TABLEAU 20 - Tableau comparatif des variations de températures dans un même sol, entre des pots différents.

Profondeur en centimètres	Période	Pots					
		PVC gris- PVC blanc		Plastique noir - PVC gris		Plastique noir - PVC blanc	
- 05	A	$\overline{2,177}^*$	1,692** 2,661	$-\overline{2,853}$	-3,784 -1,922	$-\overline{0,618}$	- 1,22 - 0,01
	B	$\overline{2,542}$	2,107 2,976	$-\overline{3,79}$	-4,51 -3,07	$-\overline{1,25}$	- 1,779 - 0,721
- 10	A	$\overline{2,853}$	2,230 3,276	$-\overline{3,882}$	-4,784 -2,981	$-\overline{8,53}$	- 1,32 - 0,385
	B	$\overline{3,417}$	2,943 3,891	$-\overline{4,71}$	-5,450 -4,007	$-\overline{1,208}$	- 1,69 - 0,72
- 15	A	$\overline{2,441}$	1,806 3,706				
	B	$\overline{3,083}$	2,578 3,588				
- 20	A	$\overline{2,735}$	4,076 3,395				
	B	$\overline{3,417}$	2,897 3,937				

* Moyennes des mesures

** Valeurs extrêmes au risque 5 % ($\bar{x} - 2\sigma$; $\bar{x} + 2\sigma$)

3.3. - Températures dans des pots identiques avec des sols différents

Le sol ferrallitique était dans des pots de 6 kg et le sol peu évolué d'apport alluvial dans des pots de 3 à 6 kg ; tous étaient en plastique noir/

On a comparé les températures des niveaux 5 et 10 cm comme le montre les résultats indiqués dans le tableau 21. Son examen permet de constater :

a) L'influence très importante du volume de terre sur les différences de températures observables entre les deux sols (0,35 et 3,45) ;

b) L'influence du volume de terre sur les variations des différences de température entre deux niveaux. Plus le volume sera important, plus elles ont de fortes chances d'être faibles.

Ceci amène à préconiser le choix d'un volume suffisant pour empêcher un échauffement trop grand de la masse de terre mise à la disposition des racines. Ce choix devra tenir compte du volume de la serre, du nombre de répétition à réaliser, des manipulations dont chaque pot devra faire l'objet.

Tableau 21 - Tableau comparatif des variations de température entre deux sols différents avec des pots de même facteur.

Prof. en cms.	Pots	
	FF (6 kg) - PEV (3 kg)*	FF (6 kg) - PEV (6 kg)
- 5	0,35 { - 0,115 0,815	3,45 { 2,611 4,290
- 10	0,825 { - 0,25 1,675	3,35 { 2,558 4,142

* le pot plastique noir de 3 kg à 210 cm² de grande base, 120 cm² de petite et 14 cm de haut.

FF = sol ferrallitique ferritique ; PEV = sol peu évolué d'apport alluvial

3.4. Conclusions

Pour pallier à cet échauffement du sol, on peut choisir soit le pot plastique noir, soit le pot en PVC blanc ; le pot en PVC gris entraînant des échauffements irréguliers et plus importants a donc été éliminé

Pour des raisons d'ordre pratique (plus grande rigidité ; hauteur plus grande pour un volume identique permettant un développement racinaire plus en longueur), le pot PVC blanc a été finalement préféré. Son diamètre sera au moins de 16 cm ; en effet lorsque le diamètre (ou le côté pour un pot carré) diminue, l'échauffement de la masse de terre est rapide et trop marqué.

A l'intérieur de deux pots identiques, les différences de température mesurées entre le sol ferrallitique ferritique, de couleur rouge et le sol peu évolué d'apport, de couleur beige sont importantes. Cette conclusion amènera à trouver un moyen pour éviter une température trop élevée dans ce type de sol ; les conséquences sur la germination des graines et la croissance des plante-tests peuvent ne pas être négligeables de même que sur les modalités de l'alimentation hydrique.

4 - CONCLUSIONS GENERALES

Ce premier travail entrant dans le cadre de la mise au point d'un test rapide d'étude des facteurs de la fertilité à l'aide de cultures en pots sous serre a permis d'effectuer les deux choix suivants :

- le premier concerne la régulation intérieure de la température et du degré hygrométrique dans la serre ; il est en effet essentiel de se rapprocher le plus possible des conditions extérieures, donc du milieu naturel de croissance des plantes.

- le deuxième s'applique au pot de culture qui, en plus d'être léger, imputrescible et imperméable, devra maintenir la température du sol suffisamment basse et sans gradients marqués.

Au cours de la journée la régulation de la serre se fera de préférence grâce à l'ouverture des panneaux vitrés mobiles du toit, à la fermeture des volets du bas et à des ventilateurs pulseurs. Le sol cimenté sera arrosé suffisamment pour qu'un film d'eau permanent le recouvre. Au cours de la nuit (ou s'il pleut) les panneaux du toit seront presque entièrement et les panneaux du bas légèrement ouverts.

Le pot retenu est en PVC, de couleur blanche, de 16 cm de diamètre et d'une hauteur à déterminer en fonction du volume nécessaire aux plante-tests.

Ce dernier point sera étudié au cours de tests qui vont être réalisés en serre (cf. résultats du rapport IB).

Il est bien évident que d'autres méthodes doivent exister pour permettre d'abaisser les différences existant entre les mesures de la température et de l'humidité à l'intérieur et à l'extérieur de la serre. De même d'autres modèles de pots pourraient être fabriqués. Nos choix ont été faits en fonction de nos possibilités et des buts pratiques à atteindre rapidement.

ANNEXES

MISE AU POINT DE TESTS RAPIDES D'ETUDE DES FACTEURS DE
LA FERTILITE A L'AIDE DE CULTURES EN POTS SOUS SERRE

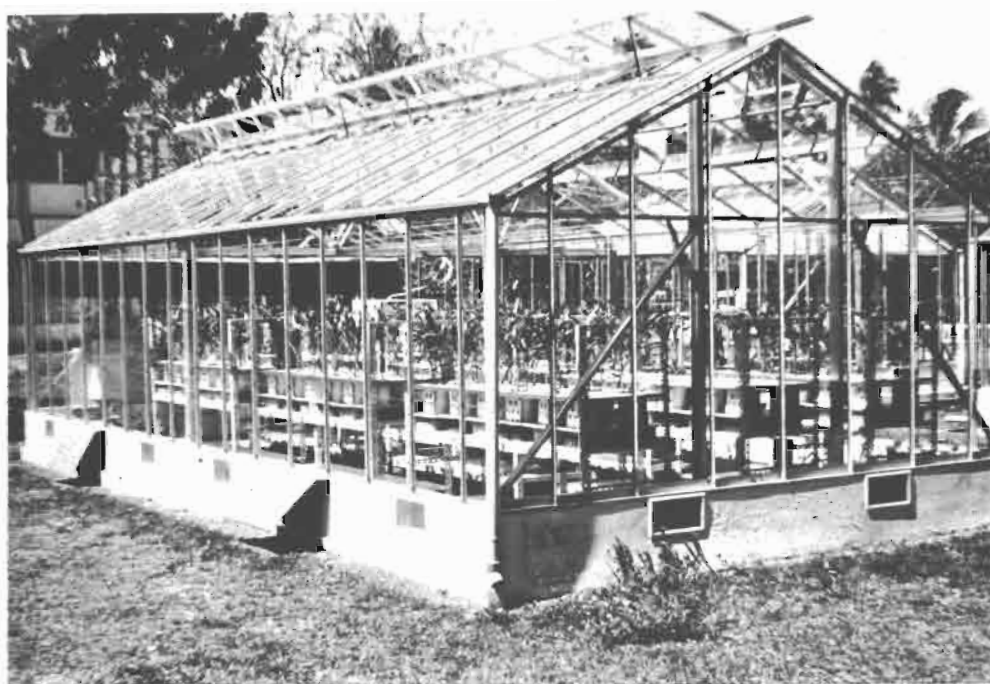
I A

ANNEXE I

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

o

o o o o



Panneaux
amovibles
sommitaux

ouvertures
pouvant être
obturées par
des volets
coulissants

Ventilateurs

Photo 1 : Vue générale de la serre avec ses différents systèmes d'aération et de ventilation



Photo 2 : Disposition des thermomètres selon une verticale (au centre), devant une ouverture du bas (à droite), devant un ventilateur (au fond à gauche).

Chaque thermomètre est dans une enceinte perforée pour éviter l'action d'un rayonnement direct.

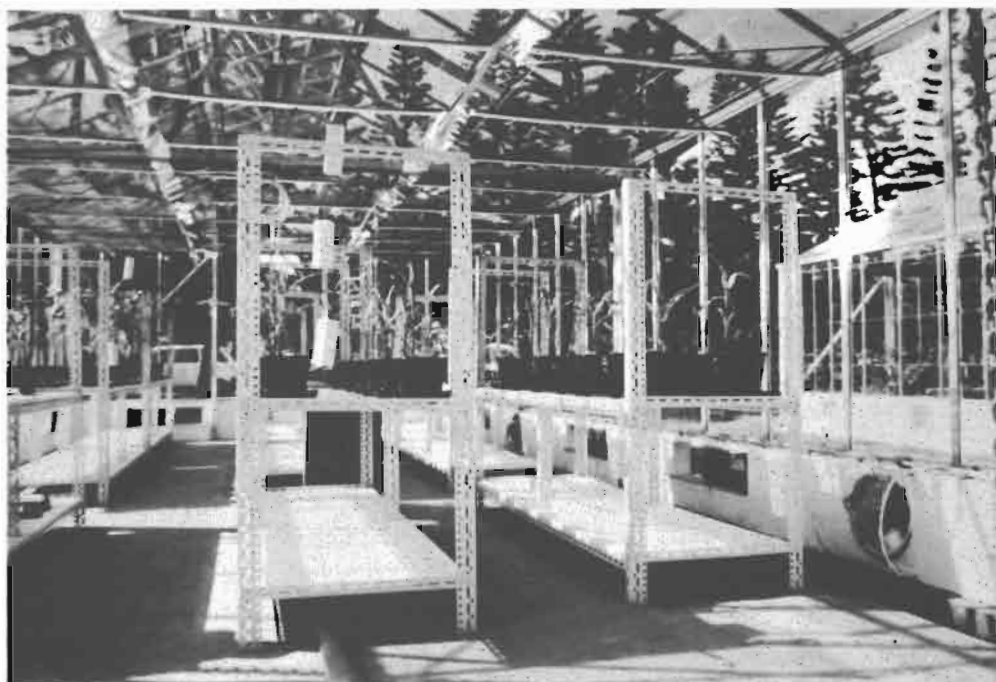


Photo 3 : Vue d'ensemble de l'intérieur de la serre, avec les systèmes d'aération, de ventilation et d'arrosage (1er plan).

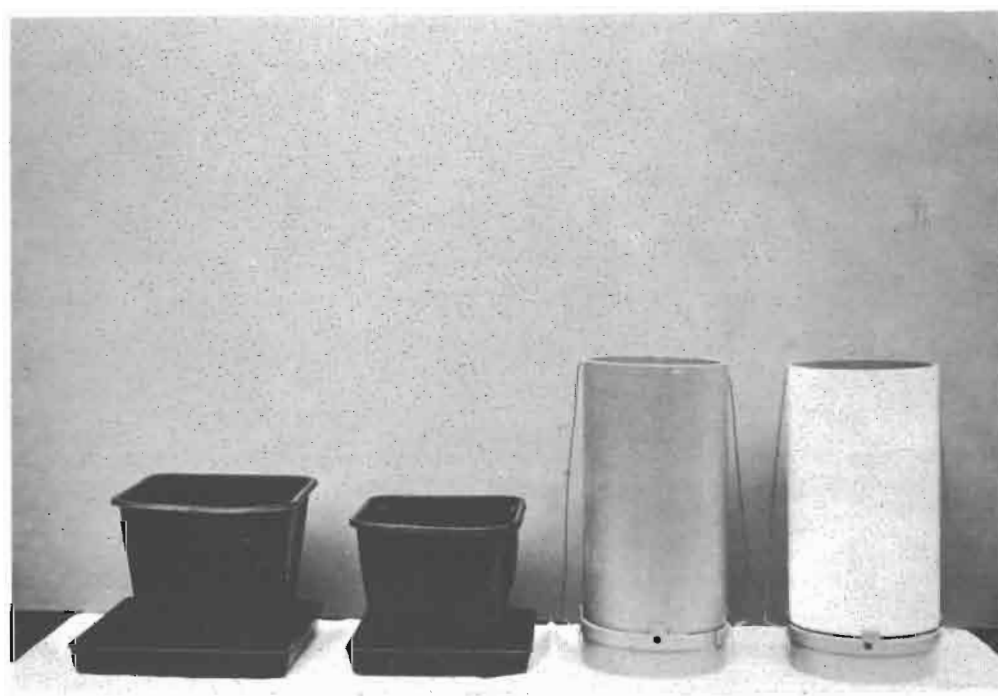


Photo 4 : Les différents pots testés.