CONTRIBUTION A L'ETUDE DU REGIME THERMIQUE DES SOLS MAROCAINS

2. Régime thermique d'un sol sableux du Guich des Oudaïas à Rabat *

M.-D. VANHAMME

I. Introduction

Dans cette note, nous étudierons le régime thermique de l'air et du sol durant trois années de mesures (1965-66-67), dans un milieu dégagé à la Station Expérimentale du Guich des Oudaïas à Rabat. Les informations exposées dans notre précédent article concernant le régime thermique des sols sableux de Rabat peuvent ainsi être précisées. De plus, nous compléterons cette étude par la comparaison des résultats des mesures recueillies dans les conditions de la Station du Guich et de celles du Jardin d'Essais de Rabat.

Afin de souligner les caractéristiques du milieu de la Station Expérimentale de Rabat-Guich, nous situerons rapidement le poste climatique dans son environnement.

1. Le climat

Contrairement au Jardin d'Essais de Rabat (10), la station du Guich est située dans la partie haute de la ville, sur une pente orientée vers l'océan. Le poste climatique, en raison de sa position dégagée à proximité de la mer, est soumis directement à l'influence de cette dernière et à une insolation parfois intense.

---

* La première note a été publiée dans Al Awamia, 25, pp. 53-81.

Al Awamia, **29**, pp. 69-106, octobre, 1968.

Nous avons réuni dans le tableau I les valeurs permettant de comparer les conditions climatiques du Guich, durant la période prise en considération au cours de cette étude, aux données du poste officiel de Rabat-Aviation.

On constate ainsi que le climat de Rabat-Aviation, durant les années 1965-66-67, est plus frais que celui traduit par la moyenne de 25 années. Cependant, les minima extrêmes sont plus élevés durant cette courte période de trois ans que durant celle de 25 ans, tandis que l'inverse a lieu avec les maxima extrêmes. Les amplitudes journalières sont relativement proches en plein hiver pour les deux périodes. Elles tendent à être plus élevées, au cours des trois années considérées, pendant la saison chaude ; elles sont cependant, en moyenne, inférieures aux amplitudes relevées durant la période normale.

Par contre, les températures moyennes notées au Guich sont légèrement supérieures à celles enregistrées à Rabat-Aviation au cours des mêmes années. Les températures nocturnes sont plus élevées, tout au long de l'année, au poste de la Recherche Agronomique tandis que les diurnes sont plus basses dans cette station qu'au poste officiel. La différence augmente avec l'approche de la saison chaude (elle atteint 2°C au mois d'août). Les extrêmes nocturnes relevés au Guich sont également supérieurs à ceux du poste officiel tandis que les diurnes y sont inférieurs.

Les amplitudes journalières sont plus basses, toute l'année, au Guich qu'à Rabat-Aviation.

Le climat de la station des Oudaïas est donc plus tempéré que celui du poste officiel de Rabat-Aviation.

2. *La végétation*

Primitivement, la végétation climacique de cette zone appartenait au groupe sylvatique à Chêne-liège se développant sur substratum sableux. Actuellement, la végétation spontanée se classe dans le groupe écologique à *psammophytes, mésophytes* et *xéromésophytes*. Elle se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud ($m > 7°$) défini par L. EMBERGER (6).

La parcelle gazonnée réservée aux mesures climatiques est située dans un endroit dégagé et relativement éloigné des bâtiments de la Recherche Agronomique de manière à ce que ceux-ci n'influencent pas la représentativité des valeurs. Les terres avoisinantes sont destinées aux différents essais agronomiques entrepris par la station. En raison de l'éloignement des cultures, le milieu n'est pas perturbé.

Températures de l'air sous abri à Rabat

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	ANNÉE
Minima extrêmes													
a.	8,6	6,5	3,4	0,0	0,3	1,0	1,1	4,7	6,2	7,5	11,8	10,2	
b.	10,8	7,7	3,4	2,6	0,2	2,1	1,9	5,2	7,6	10,3	11,8	12,0	
c.	13,0	8,5	5,0	4,5	3,5	3,5	4,0	6,5	9,5	12,0	14,0	14,0	
Minima moyens extrêmes													
a.	12,3	10,2	7,0	4,4	3,4	4,0	5,4	7,3	8,8	11,6	13,8	14,2	8,5
b.	14,9	13,7	8,1	6,4	6,5	7,5	7,7	9,7	12,2	14,3	15,6	16,6	11,1
c.	16,3	13,9	9,2	7,7	7,1	8,2	9,4	11,0	13,0	15,3	17,1	17,7	12,2
Minima moyens													
a.	16,6	14,6	11,3	8,9	7,7	8,0	9,7	11,0	13,0	15,8	17,5	18,0	12,7
b.	15,8	14,6	10,3	7,2	7,5	8,2	9,0	10,1	12,5	14,9	16,9	17,1	12,0
c.	16,9	15,1	11,3	8,7	8,5	9,1	10,2	11,4	13,8	15,9	17,6	17,9	13,0
Moyennes													
a.	21,8	19,8	16,2	13,6	12,5	13,1	14,9	16,2	18,2	20,6	22,7	23,2	17,7
b.	20,8	18,9	14,7	12,0	12,3	13,3	14,7	15,2	18,0	19,9	21,4	22,4	17,0
c.	21,1	19,0	15,1	12,5	12,9	13,5	15,0	15,5	18,1	19,9	21,1	21,9	17,1
Maxima moyens													
a.	27,1	25,0	21,2	18,4	17,4	18,2	20,1	21,5	23,5	25,5	28,0	28,5	22,9
b.	25,8	23,1	19,1	16,8	17,1	18,4	20,4	20,2	23,5	25,0	25,9	27,7	21,9
c.	25,3	23,0	19,0	16,3	17,4	18,0	19,9	19,8	22,6	24,0	24,8	25,7	21,3
Maxima moyens extrêmes													
a.	33,7	32,4	27,5	22,9	22,4	23,3	27,4	28,9	31,1	32,3	36,1	35,3	29,4
b.	27,9	23,5	19,8	17,4	18,6	20,4	21,1	21,1	25,2	25,4	27,8	28,1	23,0
c.	27,0	23,8	19,7	16,7	18,5	20,1	20,8	20,6	24,3	24,2	26,0	26,7	22,4
Maxima extrêmes													
a.	43,6	38,9	37,0	28,3	27,0	30,5	35,2	38,0	41,2	40,8	48,0	45,2	
b.	41,3	33,9	25,3	21,2	29,6	27,0	29,4	34,1	37,9	37,3	47,3	42,9	
c.	37,0	32,0	25,0	20,5	29,0	26,5	27,5	34,0	36,5	35,0	46,0	40,0	
Amplitudes journalières													
a.	10,5	10,4	9,9	9,5	9,7	10,2	10,4	10,5	10,5	9,7	10,5	10,5	10,2
b.	10,0	8,5	8,8	9,6	9,6	10,2	11,4	10,1	11,0	10,1	9,0	10,6	9,8
c.	8,4	7,9	9,7	7,6	8,9	8,9	9,7	8,4	8,8	8,1	7,2	7,8	8,3
Amplitudes des moyens extrêmes													
a.	21,4	22,2	20,5	18,5	19,0	19,3	22,0	21,6	22,3	20,7	22,3	21,1	20,9
b.	13,0	9,8	11,7	11,0	12,1	12,9	13,4	11,4	13,0	11,1	12,2	11,5	11,9
c.	10,7	9,9	10,5	9,0	11,4	11,9	11,4	9,6	11,3	8,9	8,9	9,0	10,2

a. Températures normales calculées sur une période de 25 années, à Rabat-Aviation (8).
b. Températures calculées sur une période de trois années (1965-66-67), à Rabat-Aviation (9).
c. Températures calculées sur une période de trois années (1965-66-67), à Rabat-Guich des Oudaïas (5).

3. Le sol

Les sols de la station du Guich appartiennent à la classe des sols sableux lessivés à horizon argileux profond, du type r'mel. La description du profil pédologique de la parcelle réservée aux observations climatiques est la suivante (1) :

0-20 cm : sableux, brun, rougeâtre, pulvérulent, fondu par place, structure particulaire au tamisage, quelques concrétions ferrugineuses.
20-55 cm : idem.
55-110 cm : brun clair, plus sableux et moins agrégé, structure particulaire au tamisage, quelques concrétions.
110-125 cm : idem, brun rougeâtre clair, riche en concrétions ferrugineuses.
125 + : argileux, rouge jaunâtre, cohérent, massif, assez amorphe, structure en morceaux prismatiques au tamisage, assez compact pores tubulaires, de forte consistance, quelques concrétions ferrugineuses.

Ce sol est donc proche de celui du Jardin d'Essais présenté dans notre note antérieure, exception faite de la présence, dans cette station, d'un horizon plus humifère.

Le poste climatique du Guich, installé sur un sol sableux analogue à celui du Jardin d'Essais, se trouve du fait de sa situation dans la partie haute de la ville, sous l'influence directe de l'océan et de l'ensoleillement.

II. Résultats observés en Guich

Afin de permettre une comparaison facile des observations, nous suivrons dans les pages qui suivent la même présentation que celle exposée antérieurement. Toutefois, les niveaux considérés sont légèrement différents. En effet, les mesures ont été effectuées dans les strates suivantes :

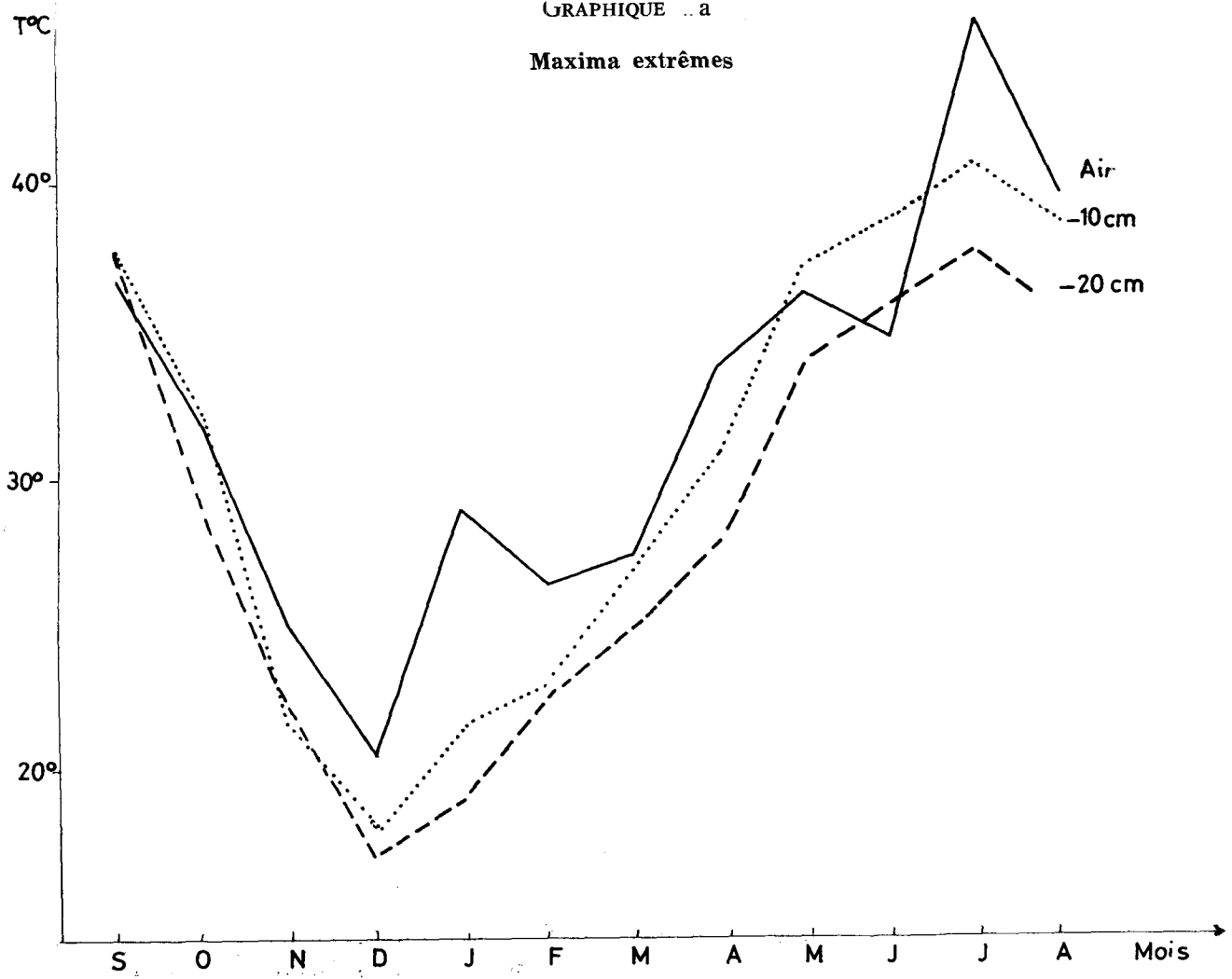
— sous abri (à 150 cm) ;
— à dix centimètres dans le sol ;
— à vingt centimètres dans le sol.

Il est regrettable que des mesures de températures à une hauteur intermédiaire entre l'abri et le sol (60 cm), au niveau du sol, à quelques centimètres dans le sol ainsi qu'en profondeur, n'aient pu être réalisées. Nous avons déjà signalé l'importance de ces strates dans la compréhension des phénomènes thermiques observés au cours de la synthèse des observations effectuées au Jardin d'Essais de la Recherche Agronomique.

Enfin, les résultats sont présentés graphiquement sous deux formes complémentaires :

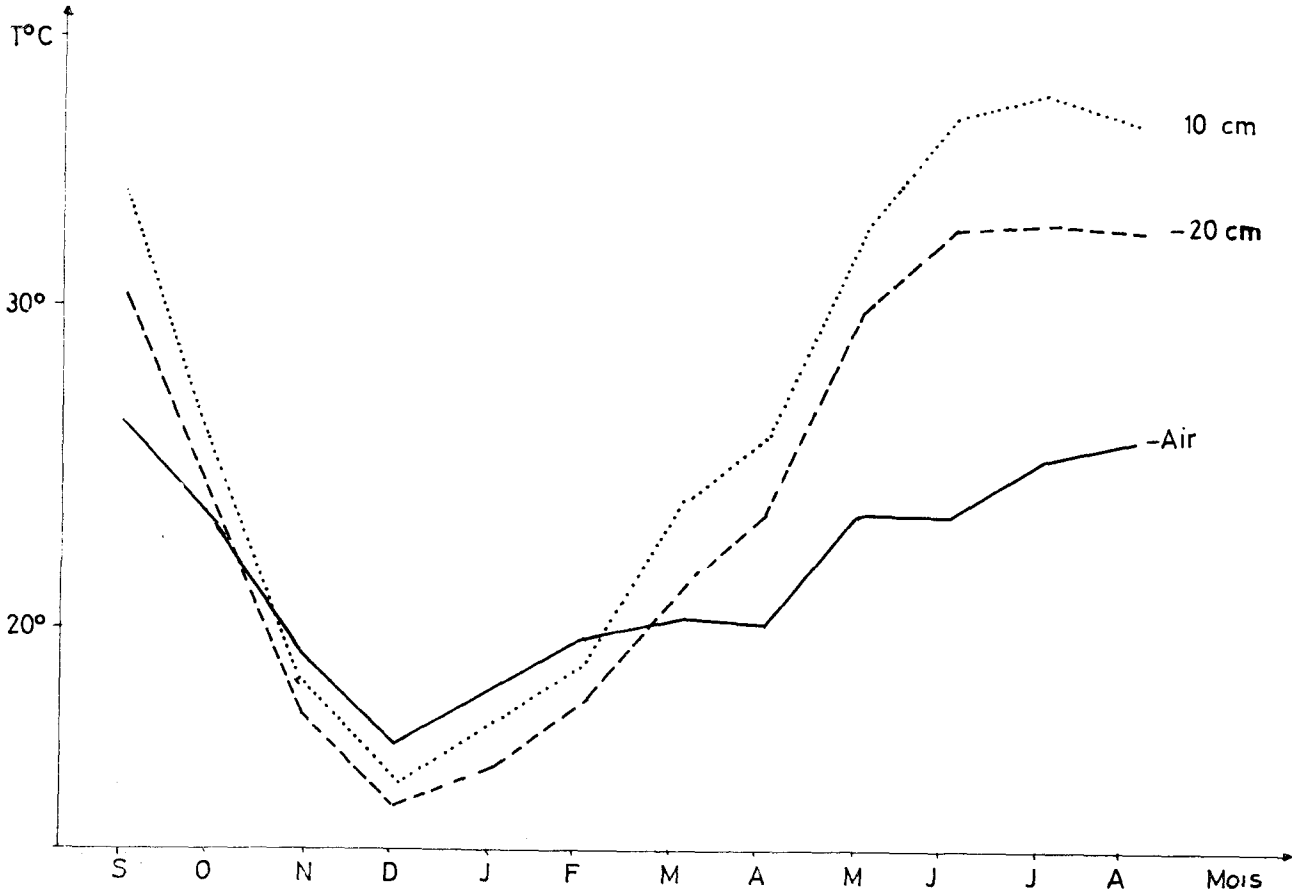
GRAPHIQUE .. a

Maxima extrêmes



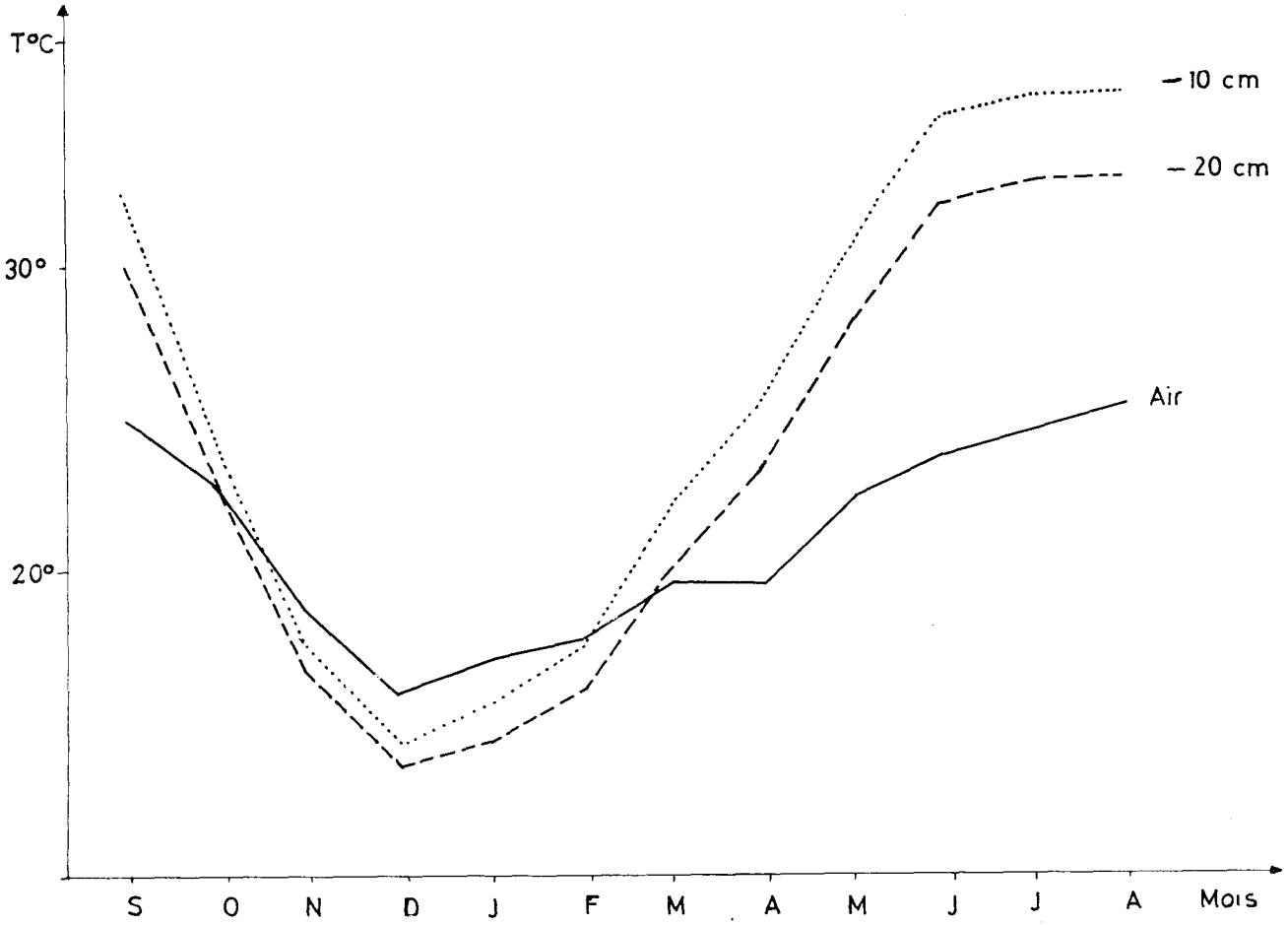
GRAPHIQUE I b

Maxima moyens extrêmes



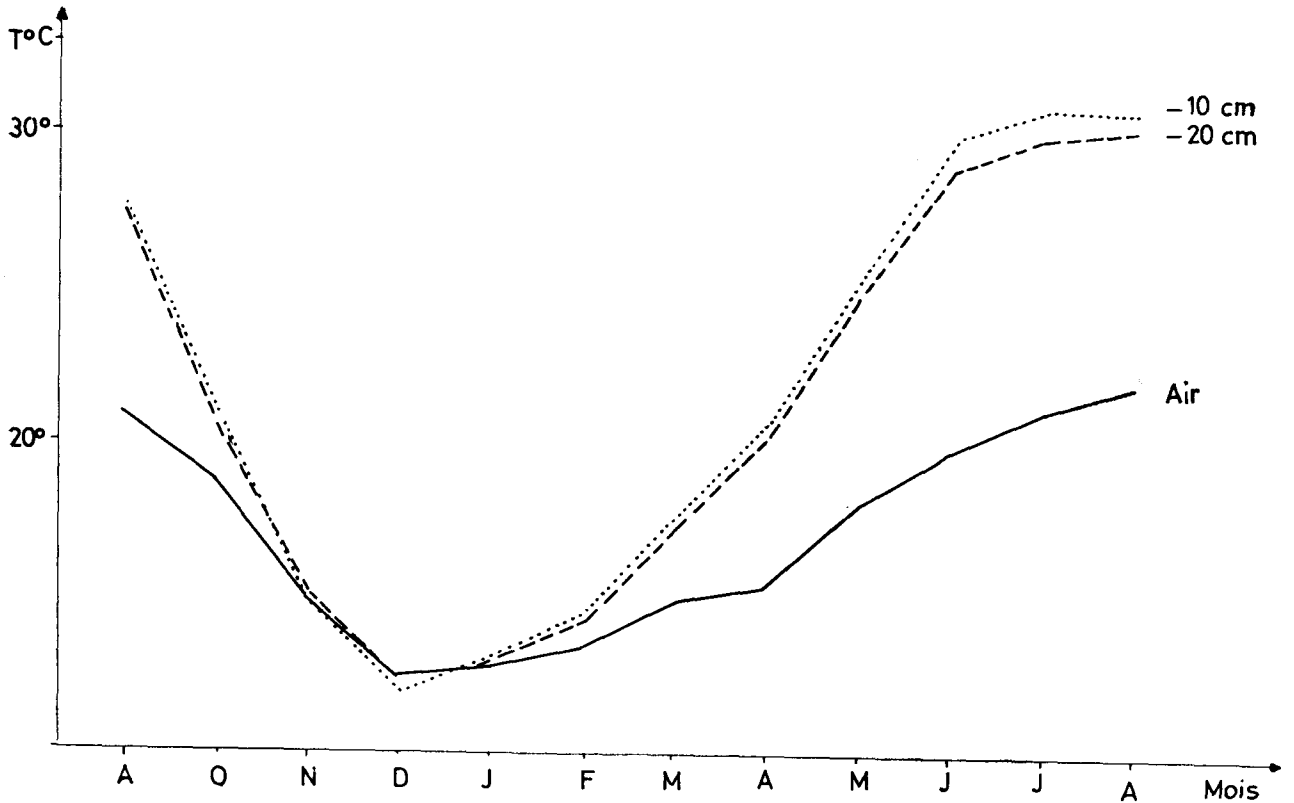
GRAPHIQUE I c

Maxima moyens



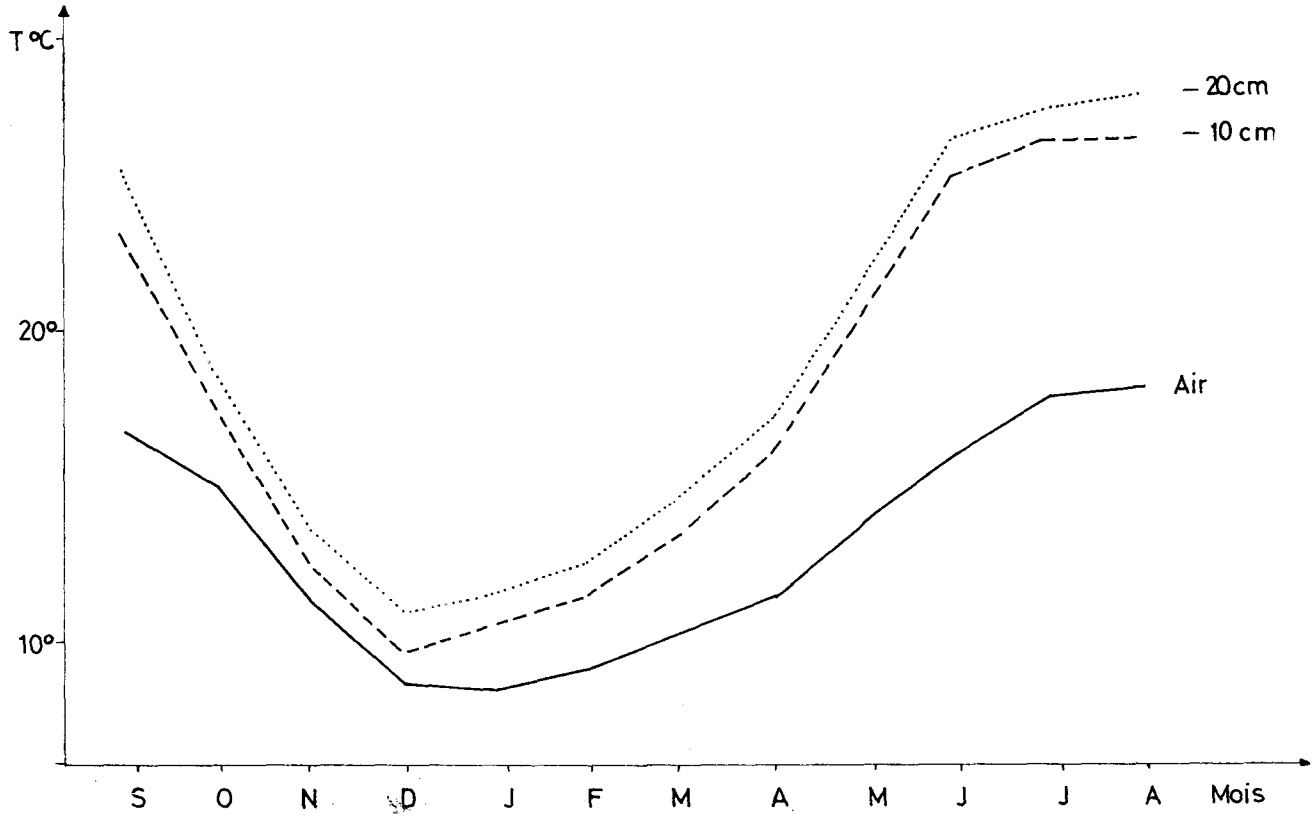
GRAPHIQUE I d

Moyenne des maxima et minima



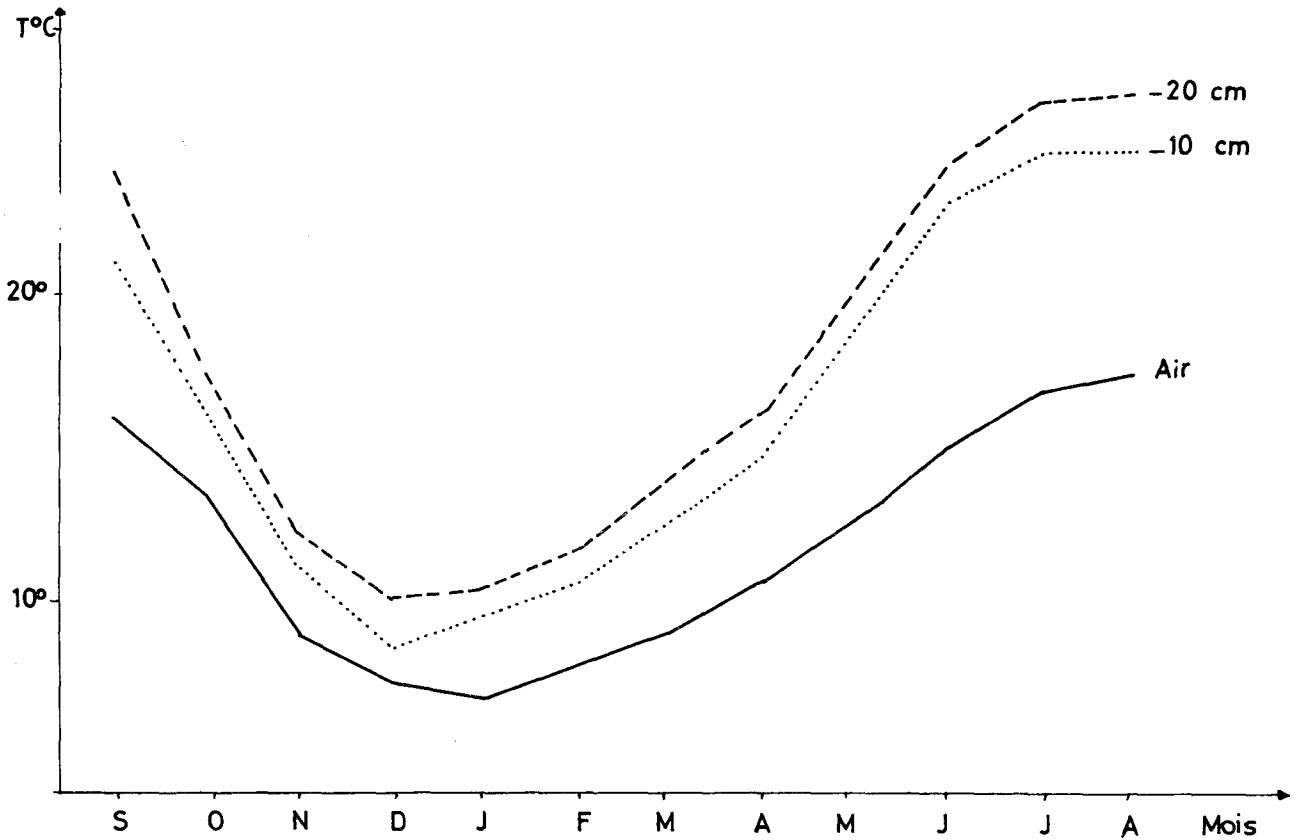
GRAPHIQUE I e

Minima moyens



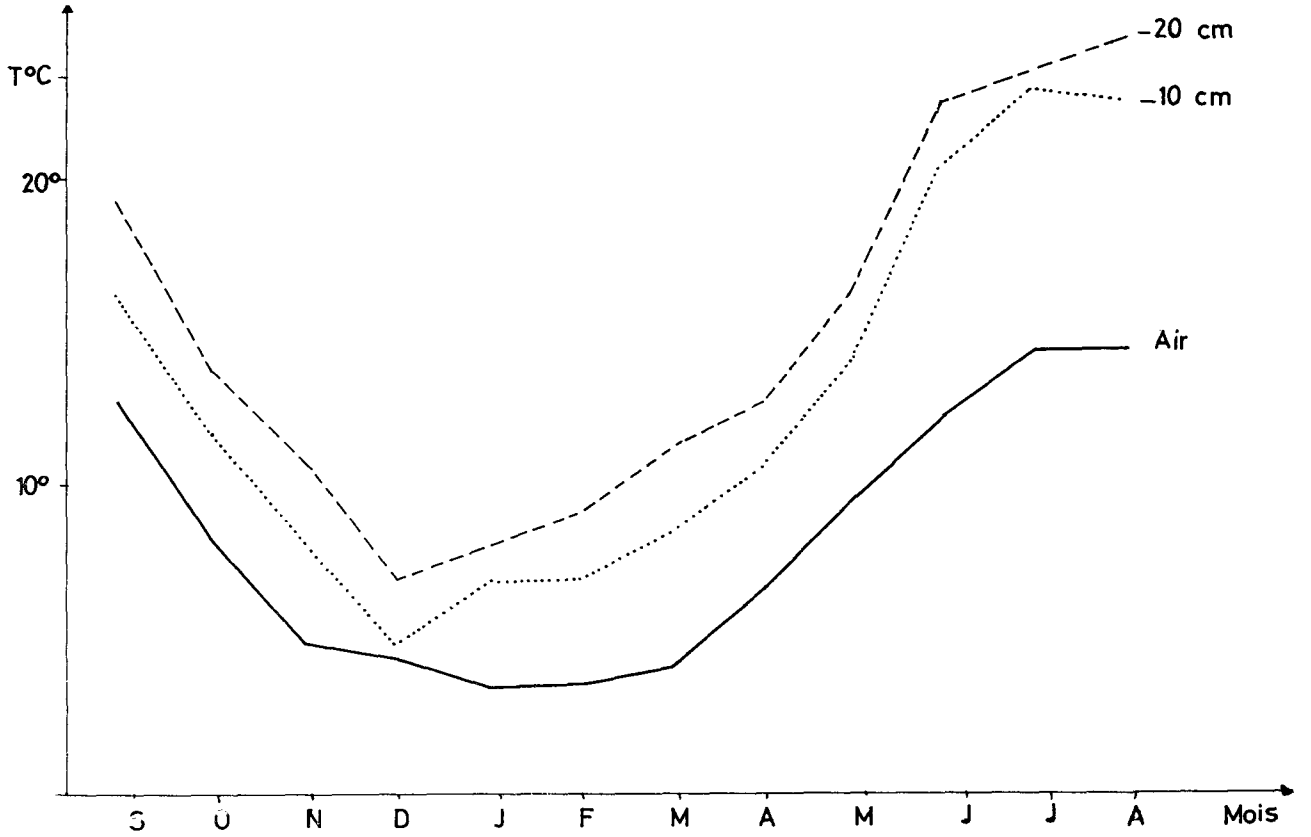
GRAPHIQUE I f

Minima moyens extrêmes



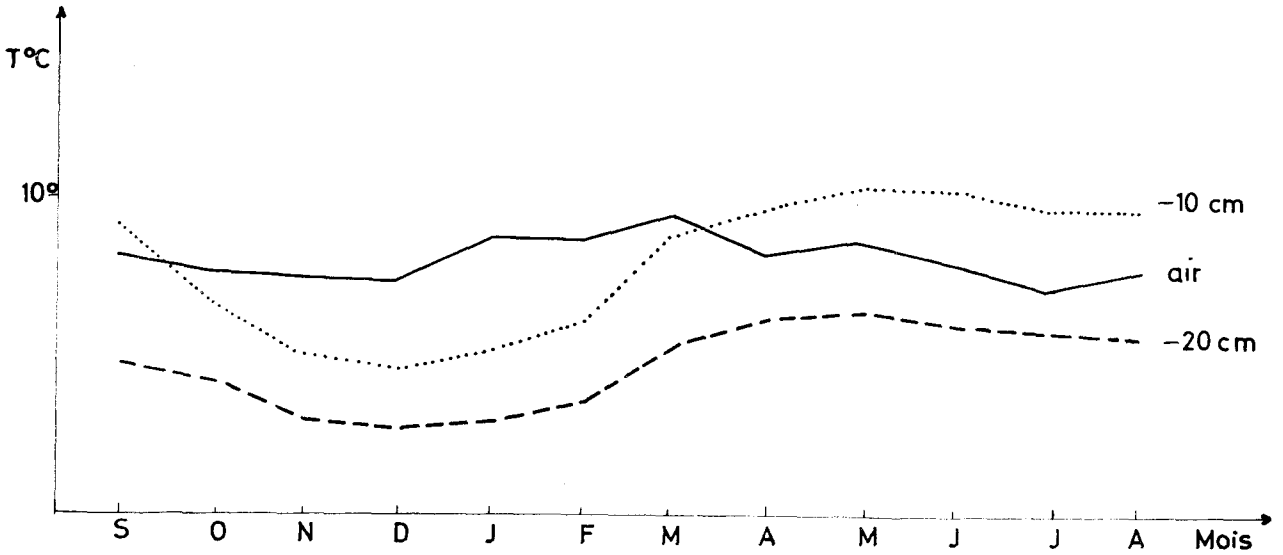
GRAPHIQUE I g

Minima extrêmes



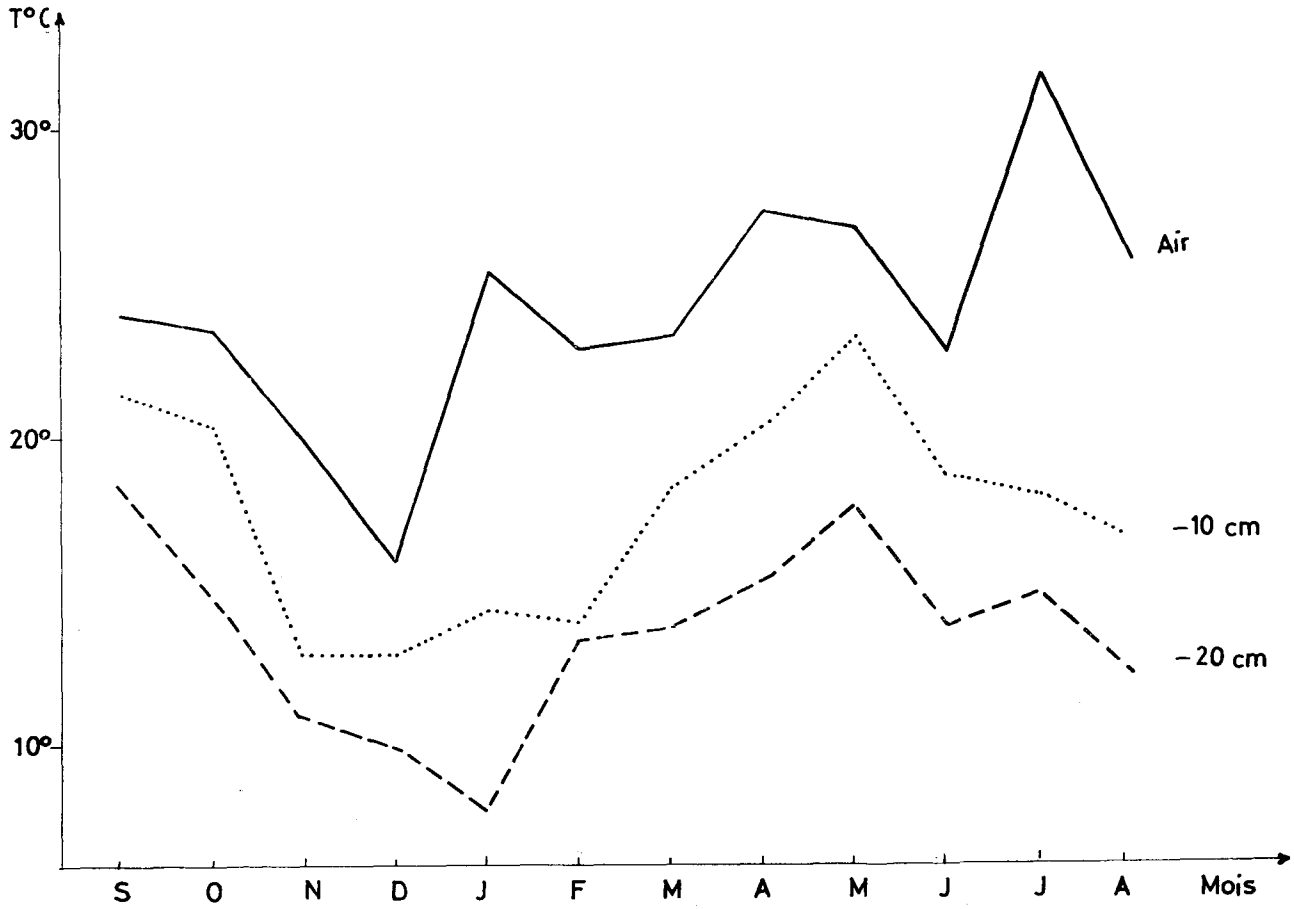
GRAPHIQUE II a

Amplitudes journalières



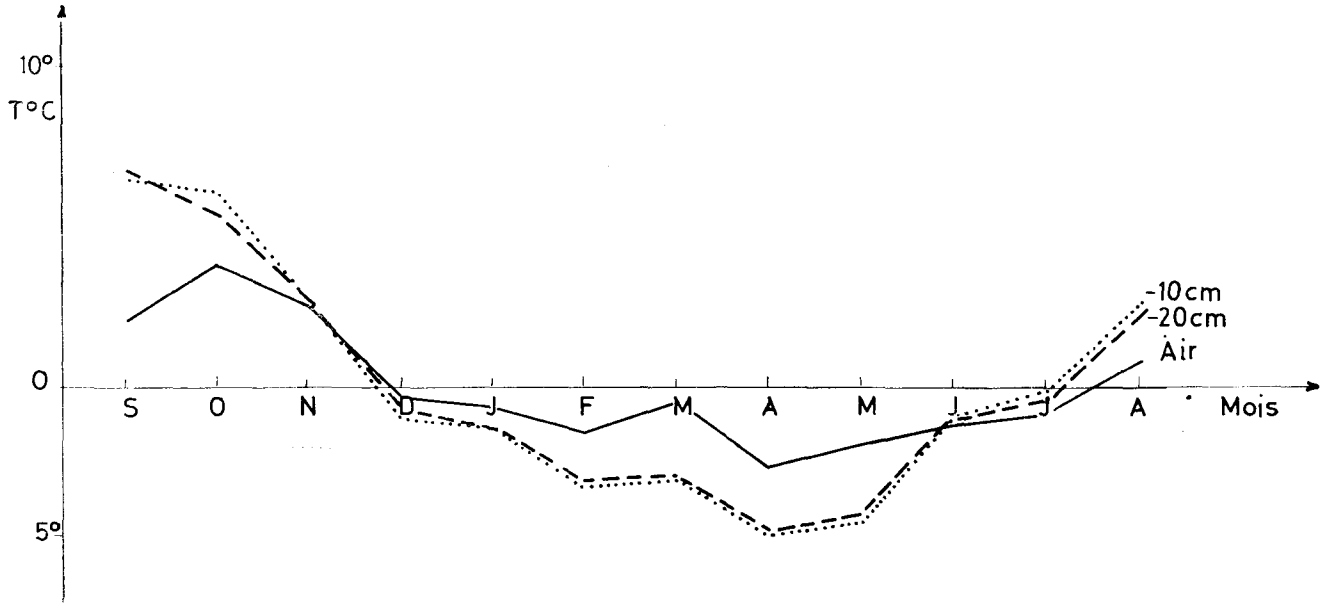
GRAPHIQUE II b

Amplitudes des extrêmes



GRAPHIQUE II c

Amplitudes intermensuelles des moyennes



A. Variations au cours de l'année (GRAPHIQUE I et II).

B. Profils isothermiques (GRAPHIQUE III).

A. Variations au cours de l'année (GRAPH. I a,b,c,d,e,f,g)

L'allure générale des courbes de températures de l'air et du sol, à leur niveau thermique respectif, est semblable. Le refroidissement automnal et le réchauffement printanier sont seulement plus importants dans le sol que dans l'air. Les températures les plus élevées sont enregistrées au mois de juillet-août tandis que les plus basses le sont au mois de décembre, exception faite des minima moyens de l'air dont la valeur inférieure est notée en janvier.

1. Les moyennes (GRAPH. I d)

L'air est plus froid que le sol en été et en automne. Cependant, les moyennes se rapprochent sensiblement en hiver. L'écart entre les températures de ces deux milieux croît au fur et à mesure que l'on tend vers les mois chauds et il peut atteindre 9°C en plein été. En automne, sous abri, les températures de l'air baissent moins rapidement que celles du sol, mais, elles augmentent également moins rapidement au printemps.

Les températures des différents niveaux du sol sont fort semblables. Les valeurs relevées à dix centimètres de profondeur sont légèrement plus importantes au printemps et en été que celles observées à vingt centimètres de profondeur. Les températures des deux horizons du sol se rapprochent en hiver. Leur écart reste inférieur à 1°C toute l'année, sauf en été où cette valeur est atteinte.

2. Les maxima (GRAPH. I a-b-c)

Les températures moyennes journalières (GRAPH. I c), ainsi que les valeurs moyennes extrêmes (GRAPH. I b), de l'air sont inférieures à celles du sol en été, mais supérieures en hiver. L'écart entre la température de l'air et du sol croît à mesure que la saison chaude est avancée, il devient important en plein été, où il approche de 11°C entre l'air et le niveau profond de dix centimètres.

Par contre, l'évolution thermique des deux horizons du sol est similaire, les températures les plus élevées étant atteintes au niveau superficiel. Durant l'automne, l'écart entre les températures diurnes des deux zones du sol est relativement faible. Il augmente avec l'approche de l'été, mais d'une manière moins forte que par rapport à l'air (3°C environ).

Les températures diurnes extrêmes (GRAPH. I a) de l'air tendent à être supérieures à celles du sol tandis que les valeurs enregistrées à dix centimètres dans le sol sont plus élevées que celles du niveau profond. Cependant, le régime thermique du sol est plus régulier que celui de l'air.

3. Les minima (GRAPH. I e-f-g)

Durant la nuit (GRAPH. I e - I f), l'air est moins chaud que le sol. Les températures les plus basses sont notées en janvier mais l'écart entre les valeurs relevées sous abri et dans le sol croît à mesure qu'approche la saison chaude. Entre l'air et l'horizon superficiel du sol, cette différence atteint 9°C en été tandis qu'elle n'est que de 1 à 3°C environ en hiver.

Les minima moyens (GRAPH. I e) enregistrés à dix centimètres dans le sol, sont inférieurs à ceux qui sont observés à vingt centimètres de profondeur. L'écart entre les températures est relativement constant tout au long de l'année, excepion faite de la période chaude où il croît légèrement (moins de 2°C). L'évolution de ces températures nocturnes est régulière : l'augmentation printanière est progressive et continue tandis que la diminution automnale est plus brutale. Les réchauffements et refroidissements du sol sont donc plus prononcés que ceux de l'air. De plus, le sol se réchauffe dès le mois de décembre alors que les températures nocturnes de l'air diminuent encore.

Les minima extrêmes (GRAPH. I g), évoluent de la même manière. Cependant ceux de l'air tendent à se stabiliser au cours de l'hiver.

4. Les amplitudes

a. Annuelles

Les écarts entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid sont les suivants :

Prof.	me	$\overline{me}$	$\overline{m}$	$\frac{M+m}{2}$	$\overline{M}$	$\overline{Me}$	Me
+ 150 cm	10,5	10,6	9,4	9,4	9,4	10,0	25,5
— 10 cm	17,5	16,1	16,1	18,7	21,3	22,5	23,0
— 20 cm	17,0	16,3	16,4	17,8	19,2	19,0	21,0

Sous abri, les amplitudes annuelles sont relativement stables. A l'exception des maxima extrêmes, elles sont plus fortes dans le sol. L'amplitude des températures diurnes et nocturnes de l'air est identique tandis que celle des extrêmes absolus varie du simple au double.

Dans le sol, ces écarts sont plus importants, mais moins élevés pour les minima que pour les maxima. Les amplitudes nocturnes des deux horizons du profil sont proches tandis que celles des températures diurnes décroissent en fonction de la profondeur. Cependant, à vingt centimètres de profondeur, une tendance à l'uniformisation peut être observée.

b. Journalières (GRAPH. II a)

Les amplitudes journalières de l'air sont relativement constantes tout au long de l'année, malgré une très légère augmentation hivernale. Elles sont supérieures à celles du sol en hiver, et intermédiaires entre celles des deux horizons profonds en été. Les écarts journaliers des deux niveaux du profil suivent la même évolution. Ils sont plus faibles en hiver qu'en été. Le maximum est atteint en mai et le minimum en décembre. Ils sont moins importants pour la strate profonde de vingt centimètres que pour celle de dix centimètres.

c. Les extrêmes (GRAPH. II b)

L'amplitude des températures extrêmes de l'air est importante. Les valeurs les plus basses se remarquent au mois de décembre et les plus fortes en juillet.

Plus l'horizon est profond, plus ces écarts sont faibles dans le sol. Ils suivent cependant une évolution relativement semblable, sauf en hiver. Durant cette période, à dix centimètres de profondeur, ils augmentent très légèrement tandis qu'à vingt centimètres ils diminuent pour atteindre un minimum au mois de janvier. Le réchauffement printanier des deux horizons est très prononcé et les amplitudes atteignent leur maximum au mois de mai.

d. Intermensuelles (GRAPH. II c)

Les variations de températures d'un mois à l'autre sont moins importantes dans l'air que dans le sol. Elles suivent une évolution semblable, aussi bien en hiver qu'en été. Les écarts notés dans le profil sont presque équivalents pour les deux horizons considérés. Les variations automnales et printanières de ces amplitudes sont plus prononcées dans le sol que dans l'air.

Les températures nocturnes et diurnes de l'air restent inférieures à celles du sol en été, mais supérieures en hiver. L'écart entre ces valeurs croît au fur et à mesure qu'approchent les mois chauds. Le jour, les températures les plus élevées sont atteintes dans le sol à dix centimètres de profondeur tandis que la nuit elles le sont à vingt centimètres.

L'amplitude journalière des températures de l'air, supérieure à celle du sol, est relativement constante au cours de l'année. Elle est plus importante à dix centimètres de profondeur qu'à vingt. Elle atteint un minimum en décembre et un maximum en mai.

L'amplitude annuelle des températures de l'air est plus faible que celle du sol où les écarts sont importants mais plus faibles pour les minima que pour les maxima. L'amplitude nocturne des deux horizons du sol est proche, tandis que celle des températures diurnes décroît avec la profondeur.

B. *Profils isothermiques* (GRAPH. III)

L'évolution des températures de l'air et du sol suivant la verticale et dans le temps, est soulignée par les profils isothermiques permettant d'interpréter le régime thermique du sol. Elle est représentée par les graphiques III.

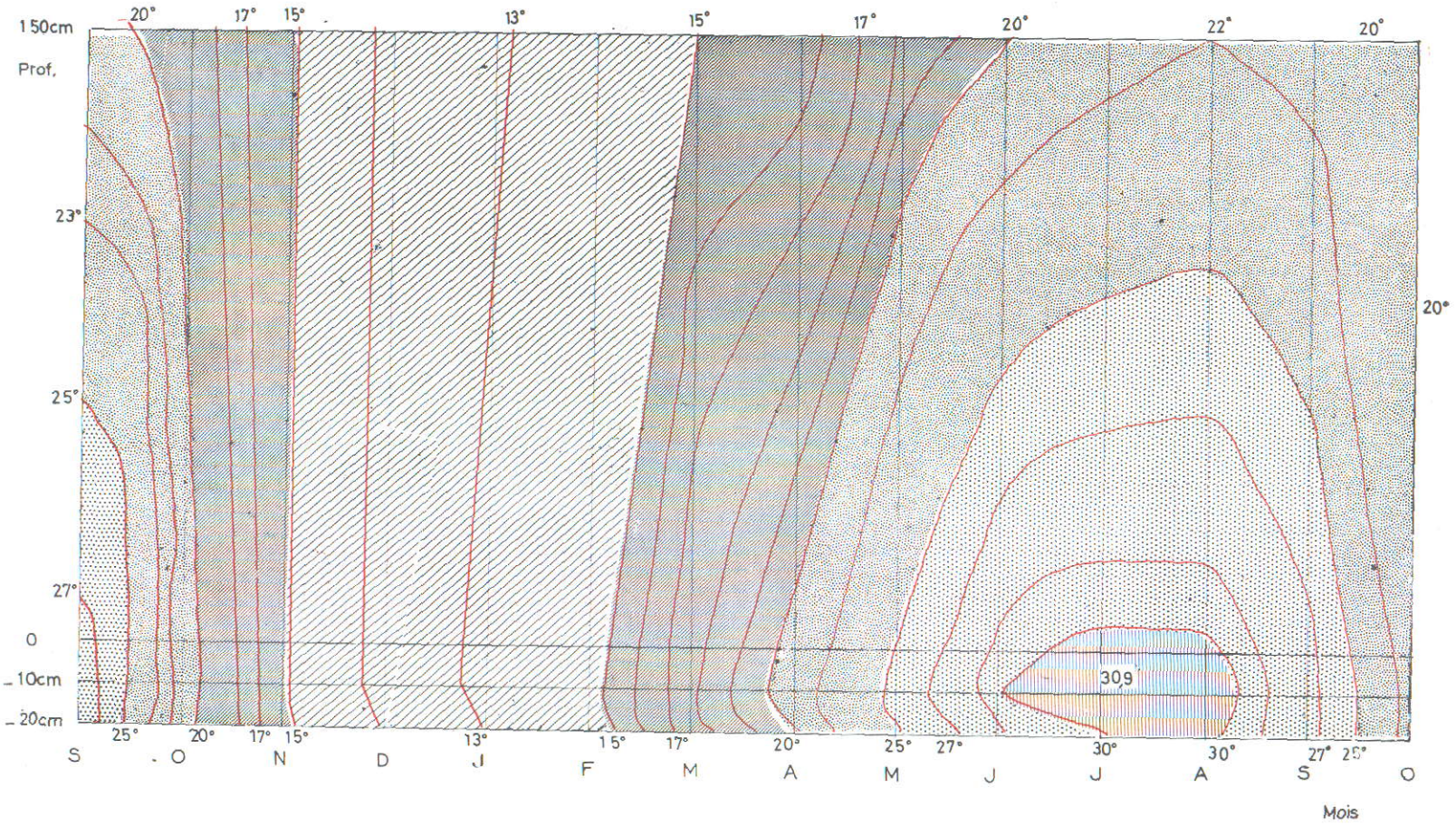
1. Les moyennes (GRAPH. III a)

Le graphique III a représente des isothermes hivernaux relativement réguliers dans le profil. Ils évoluent en une série de courbes « concentriques » traduisant l'échauffement estival. Au début de l'hiver, les températures moyennes de l'air et du sol sont relativement en équilibre. Au fur et à mesure que la période froide s'écoule, les températures du sol s'élèvent plus vite que celles de l'air. Ce phénomène s'accentue au fil des mois, l'écart entre la température de l'air et du sol augmentant progressivement. Cependant, l'horizon profond de vingt centimètres reste légèrement plus froid que le niveau plus superficiel. Il se forme donc, dans les horizons du sol une zone isothermique estivale de haute température qui atteint la zone végétative. Ce noyau se dissipe au cours de l'automne, les températures du sol diminuant plus rapidement que celles de l'air tandis que l'écart entre ces températures se réduit pour aboutir à l'équilibre du début de l'hiver.

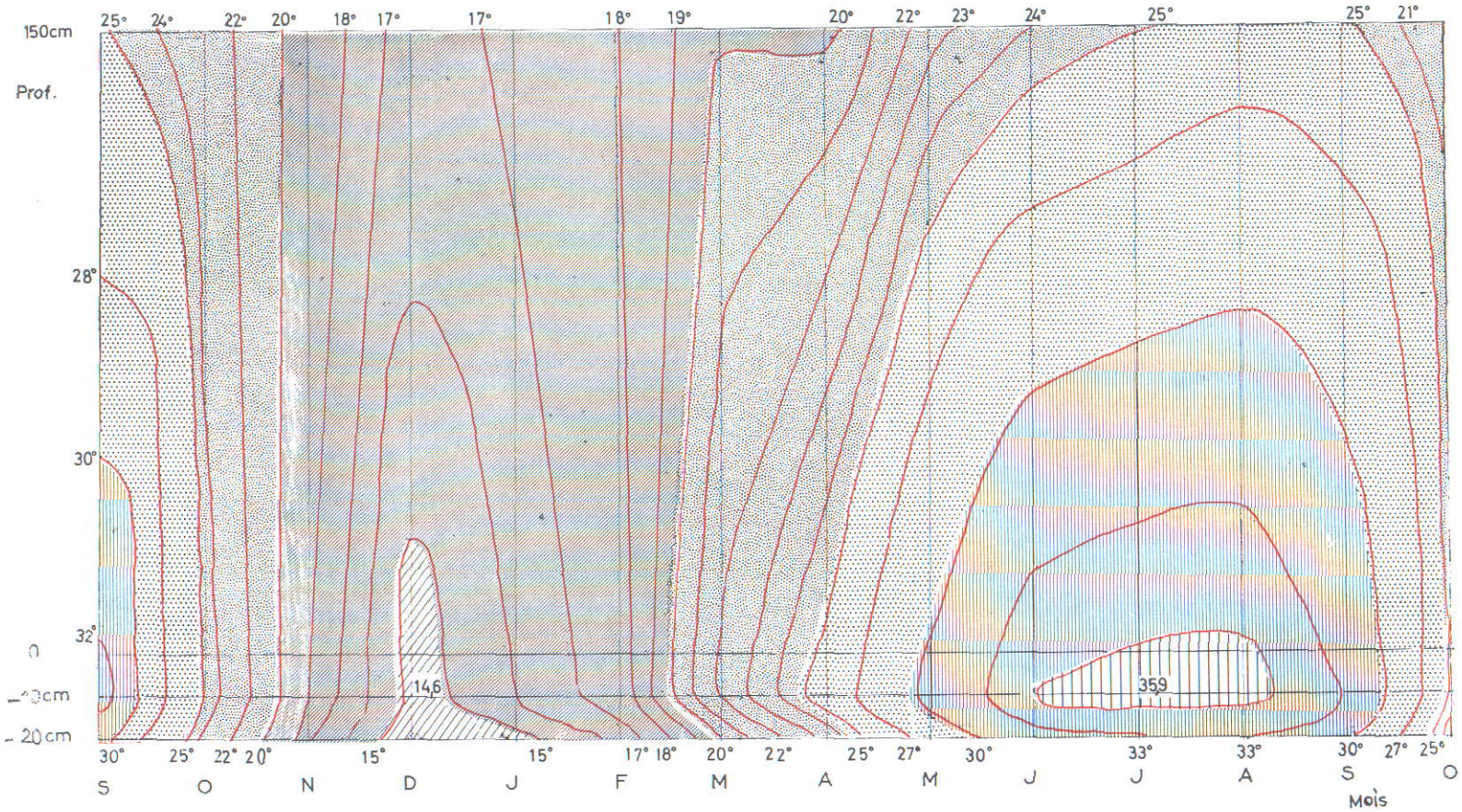
2. Les maxima (GRAPH. III b)

Le graphique III b souligne la similitude existant entre l'évolution des températures diurnes et des températures moyennes. En effet, les

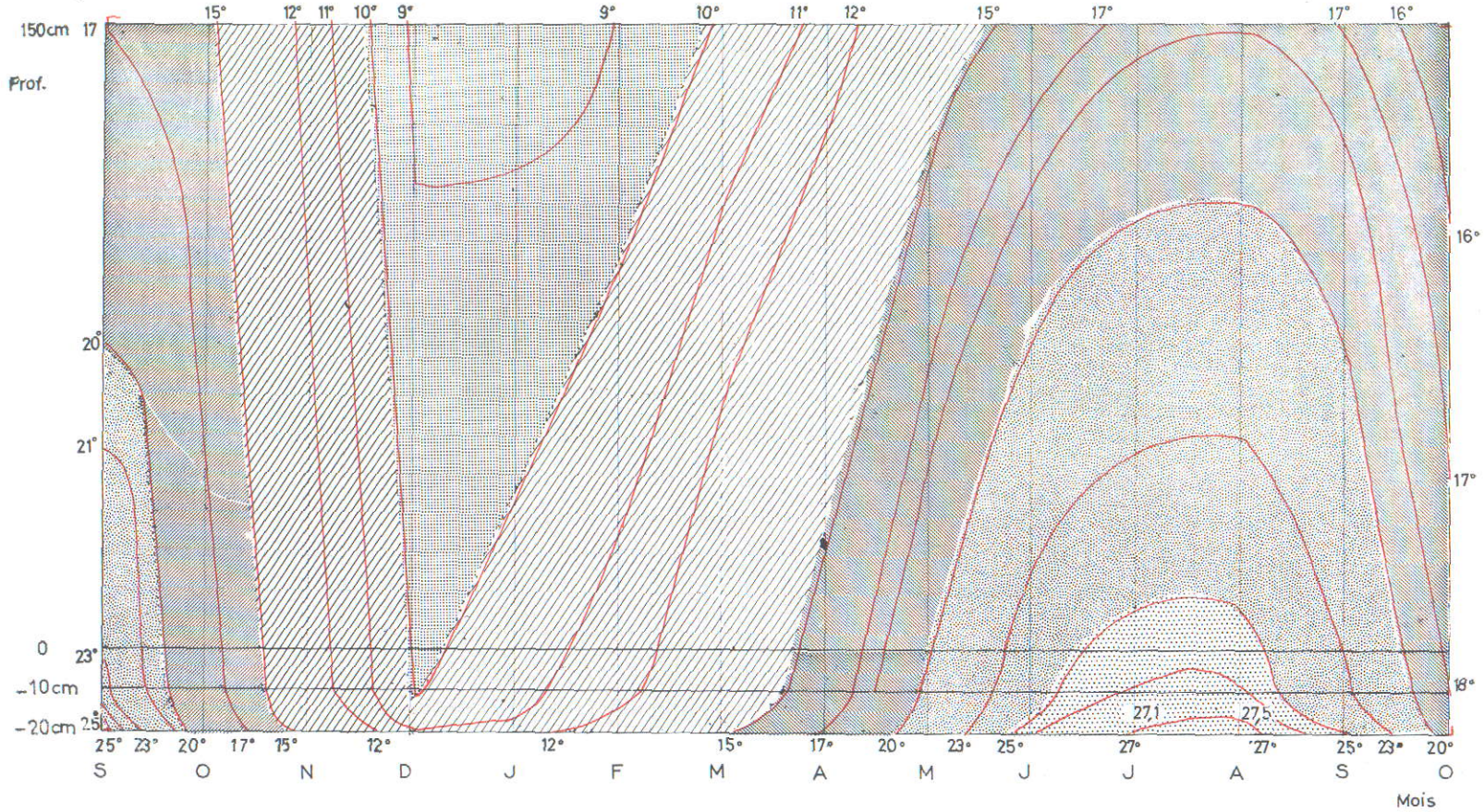
GRAPHIQUE III a — Températures



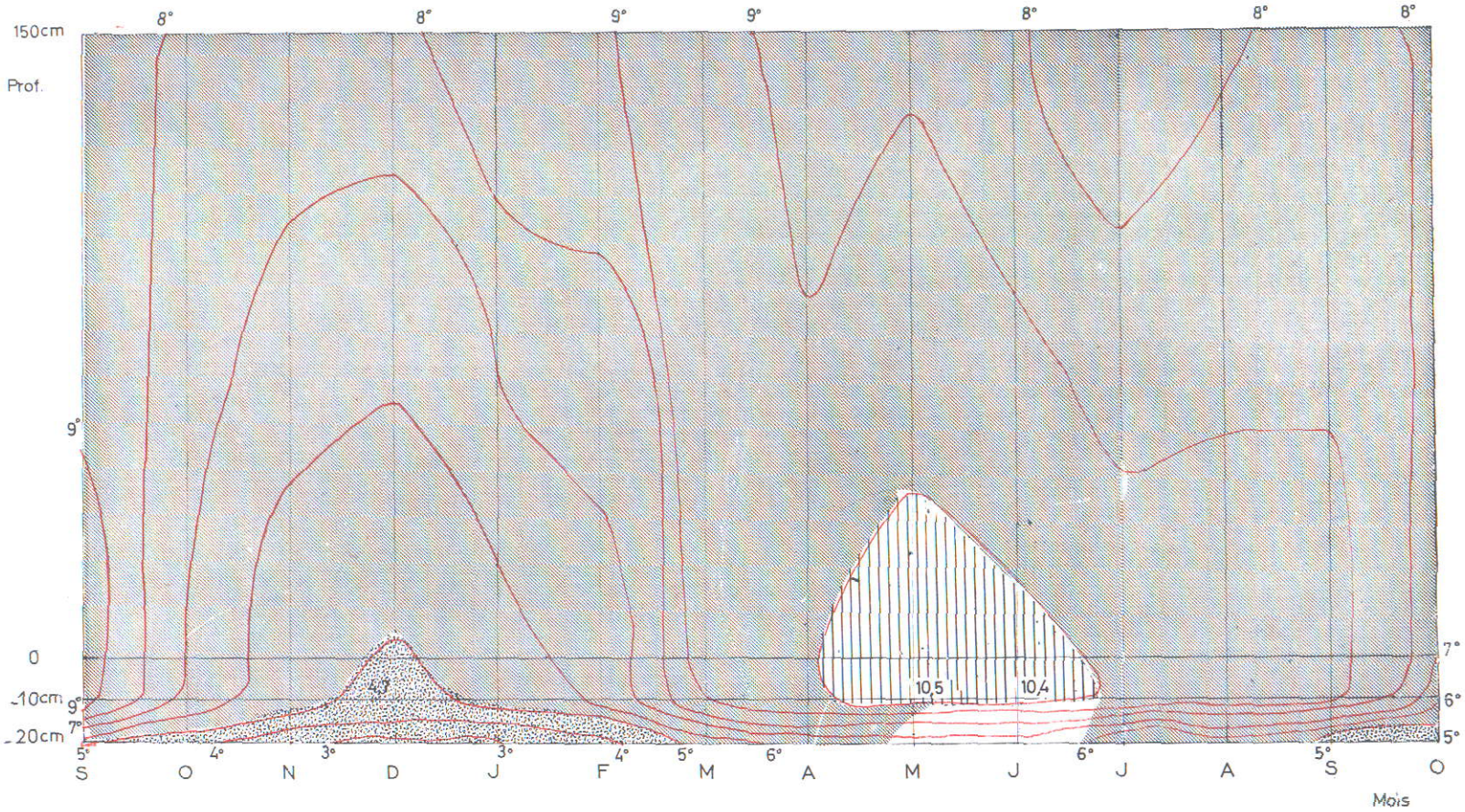
GRAPHIQUE III b — Moyenne des maximas



GRAPHIQUE III c — **Moyennes des minimas**



GRAPHIQUE III d — **Amplitudes journalières**



courbes d'évolution thermique estivale se traduisent par un noyau isothermique superficiel tandis qu'en hiver, une zone homogène se développe depuis le sol.

Les températures diurnes automnales sous abri tendent à être supérieures à celles de la terre. Elles le sont au cours de l'hiver. Cependant, à partir du mois de décembre, l'échauffement du sol est plus rapide que celui de l'air. Il se forme donc, en plein hiver, une zone caractérisant l'inversion des températures. Au début du printemps, la température de l'air est inférieure à celle du sol. L'écart entre les maxima sous abri et dans le sol, d'une part, et entre ceux des deux horizons du profil, d'autre part, s'accentue au cours des mois. Cette différence d'évolution est maximale en été et se traduit par un noyau isothermique de forte température (sup. à 35°C) dans la zone superficielle du sol. Ce noyau se résorbe à la fin de l'été où les températures de l'air, décroissant moins vite que celles du sol tendent à être plus importantes.

3. Les minima (GRAPH. III c)

La représentation des minima (GRAPH. III c) indique une zone hivernale froide se développant depuis la strate aérienne (sous abri) vers le sol. Les courbes estivales, par contre, sont « concentriques » mais plus étalées que celles des maxima, ce qui suppose un noyau isothermique en profondeur. Les températures nocturnes présentent ainsi un phénomène inverse de celui des maxima. L'horizon profond est plus chaud que le niveau plus superficiel et que l'air durant toute l'année.

Au cours de l'automne, le refroidissement du sol est important. Le minimum est atteint en décembre, tandis qu'il l'est en janvier sous abri. Comme le réchauffement du sol est plus prononcé en fin d'hiver que celui de l'air, il se forme une zone d'équilibre hivernale. Le réchauffement printanier est relativement rapide tandis que l'écart entre la température nocturne de l'air et du sol croît jusqu'en été (maximum à cette époque). Il se crée donc, dans le sol, l'ébauche d'un noyau isothermique de température relativement forte (sup. à 27°C à vingt centimètres de profondeur. Les diminutions de températures s'amorçant en fin d'été s'effectuent avec les différences de vitesse déjà signalées et conduisant au profil automnal.

4. Les amplitudes (GRAPH. III d)

Le profil isothermique (GRAPH. III d) traduisant l'évolution des amplitudes journalières souligne la régularité des courbes d'écarts

observables dans le sol. Dans l'air, par contre, elles évoluent irrégulièrement mais concourrent à la formation d'une zone printannière d'amplitude élevée.

Elles sont plus faibles dans le sol que dans l'air à mesure que l'on s'enfonce en profondeur. En hiver, l'écart journalier est minimum dans le sol. A cette époque, il se forme une zone de faible amplitude, plus régulière à vingt centimètres de profondeur qu'à dix. Au printemps, l'écart journalier augmente et atteint un maximum au mois de mai. A partir de cette époque, il tend a être constant dans le sol. Un noyau de forte amplitude se remarquerait donc au niveau profond de dix centimètres. Cette zone empièterait sur l'horizon végétatif, tandis que les amplitudes de l'air diminuent du début du printemps jusqu'en été.

On peut dégager de ces résultats, les éléments suivants qui devront être confirmés par une étude approfondie lorsque des périodes de mesures plus importantes et une stratification plus complète auront été réalisées :

— les températures moyennes hivernales sont relativement régulières jusqu'à vingt centimètres dans le sol. En plein été, il se forme un noyau de haute température dans l'horizon profond de dix centimètres. Ce noyau ampièterait cependant sur l'horizon végétatif et sur l'horizon profond ;

— les températures nocturnes présentent une zone traduisant un équilibre hivernal atteignant l'horizon profond de dix centimètres. En été, les minima les plus élevés provoquent l'ébauche d'un noyau isothermique à vingt centimètres dans le sol ;

— les températures diurnes créent une zone hivernale minimum soulignant l'inversion des températures notable à cette époque ;

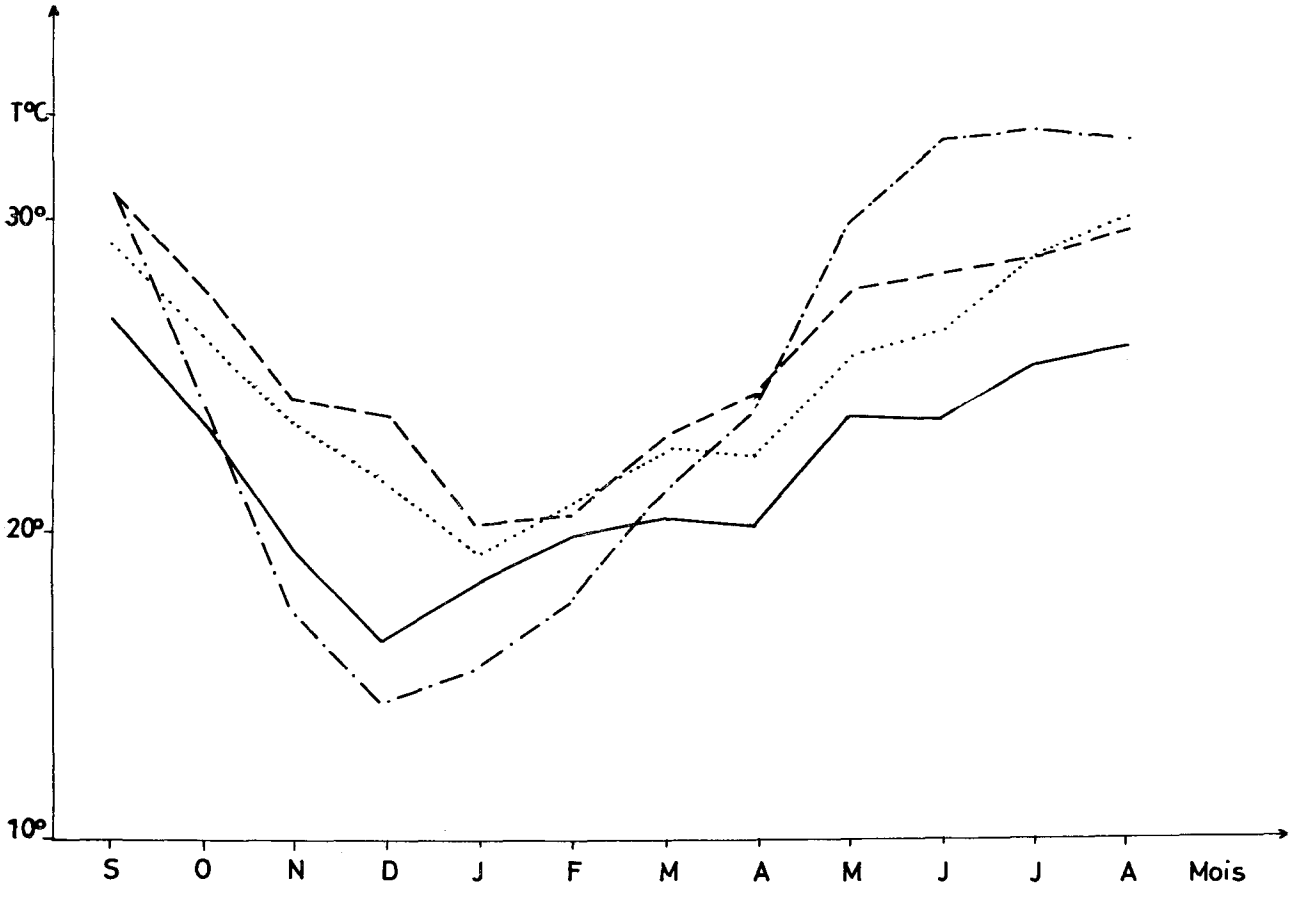
— les amplitudes journalières induisent une zone hivernale d'écart minimum dans le sol. Au printemps, un noyau d'amplitude maximum se remarque à dix centimètres de profondeur. Il atteindrait également la zone végétative.

III. Régime thermique à Rabat-Guich et à Rabat-Jardin d'Essais

Les premières observations concernant l'évolution des températures de deux postes situés dans la même zone climatique et sur des sols analogues nous permettent d'effectuer le parallèle entre le régime thermique des deux stations.

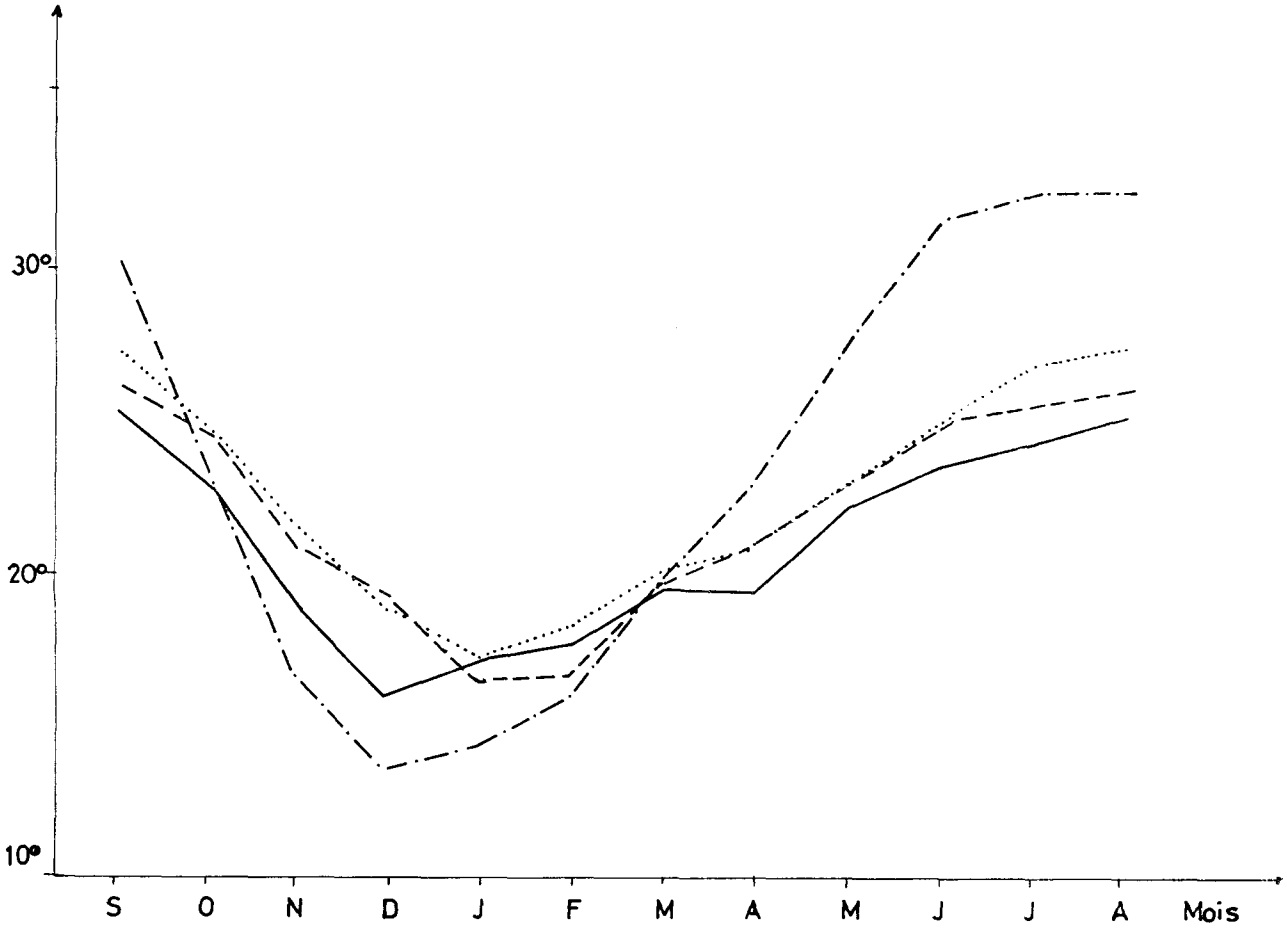
GRAPHIQUE IV a

Maxima moyens extrêmes



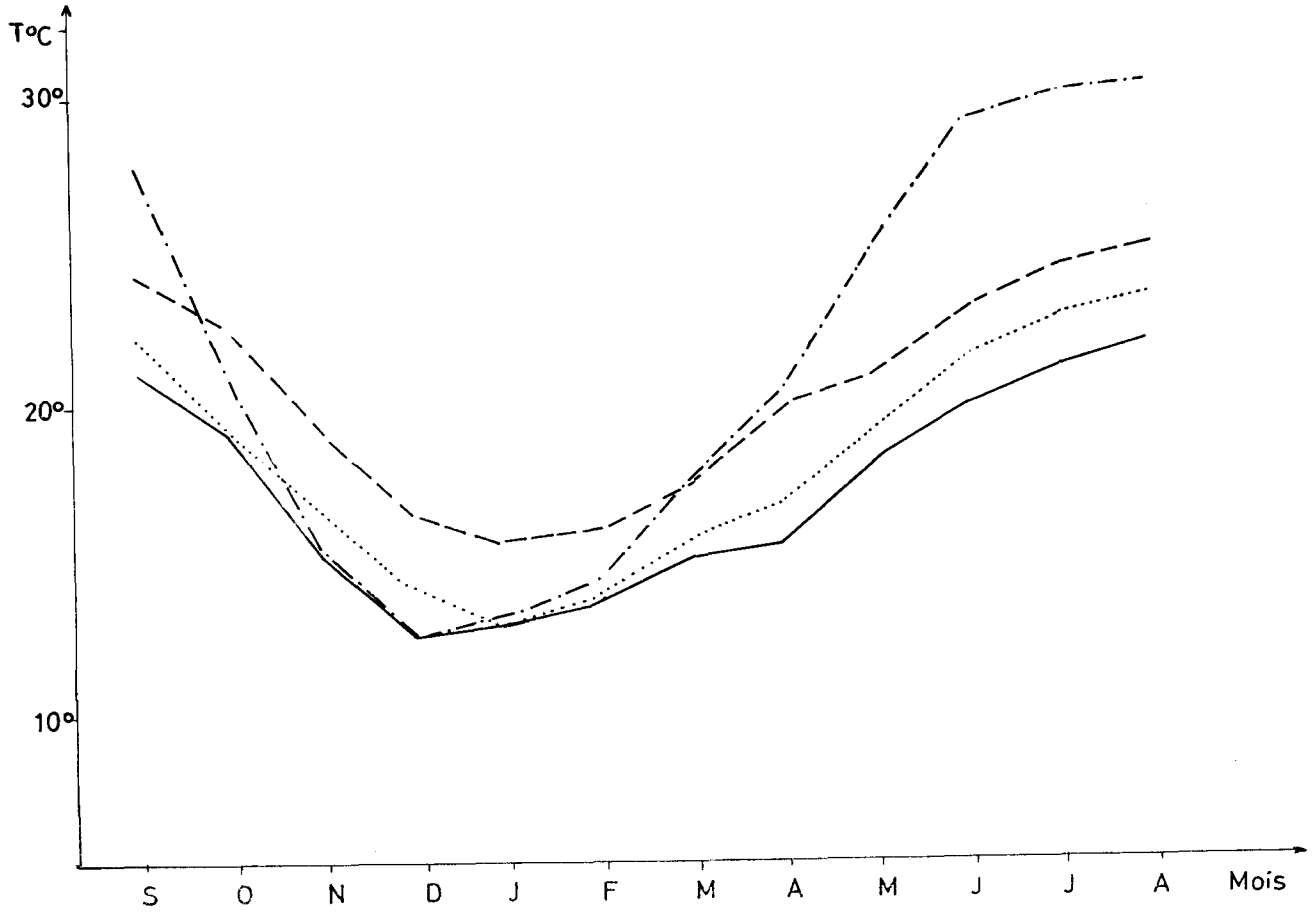
GRAPHIQUE IV b

Maxima moyens



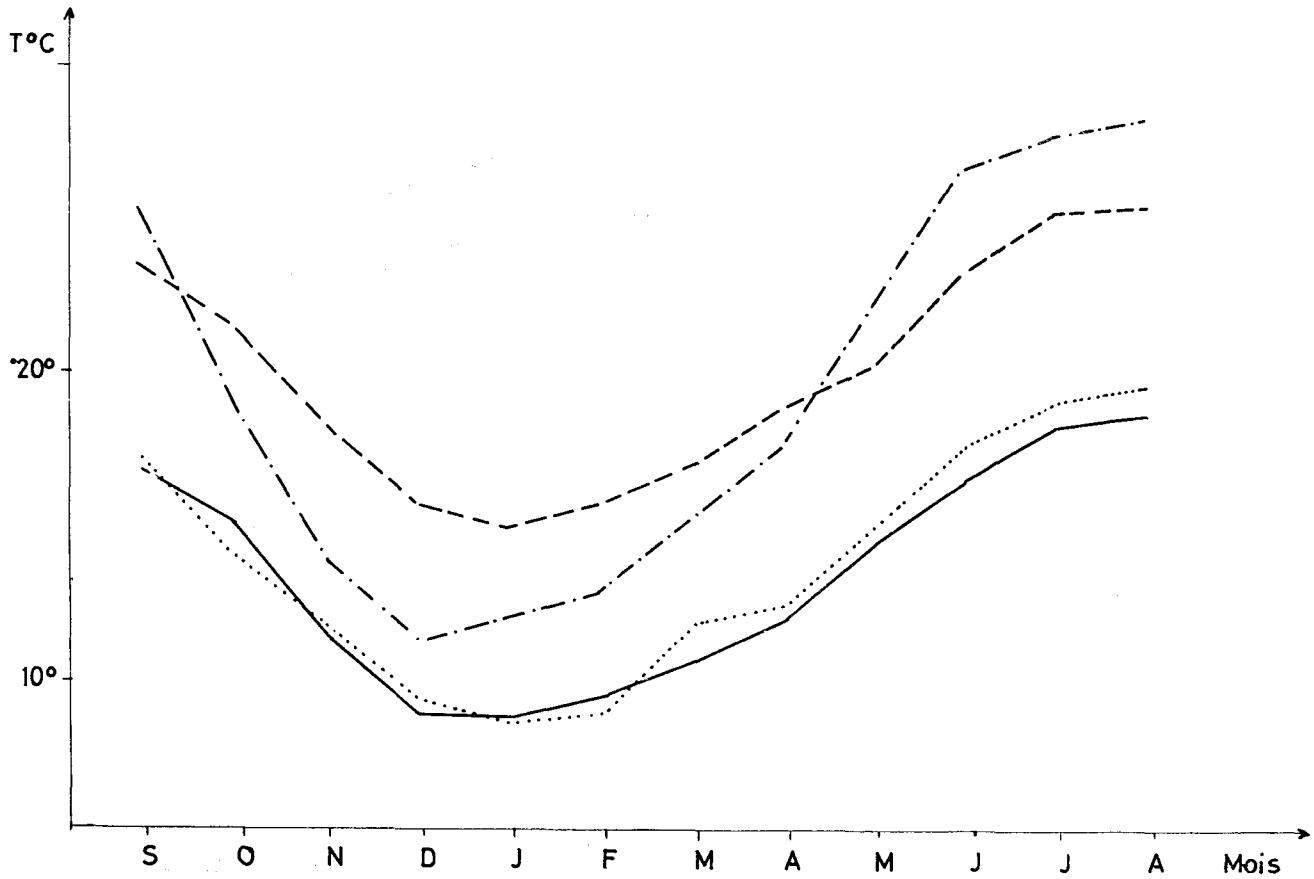
GRAPHIQUE IV c

Moyennes



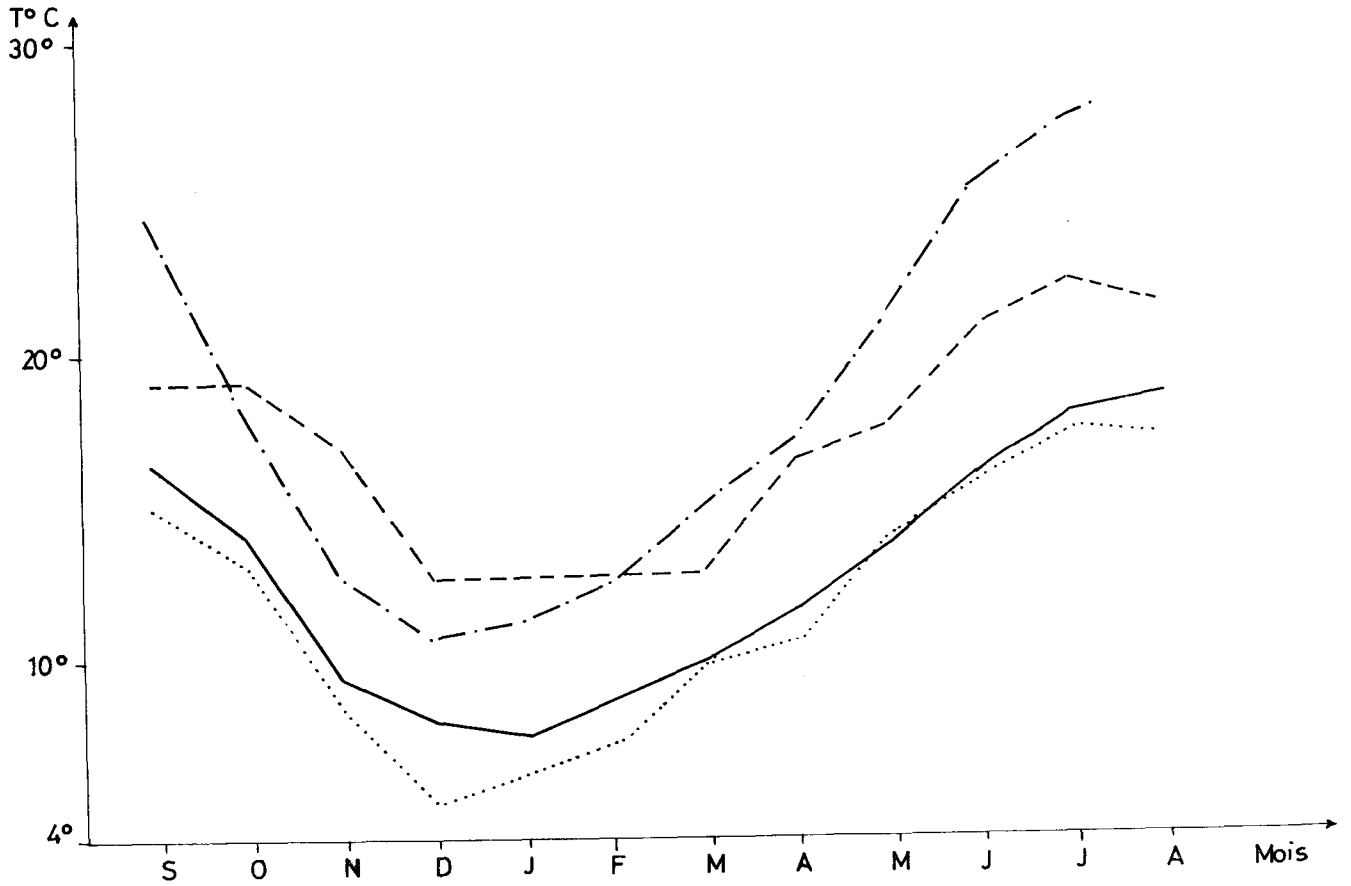
GRAPHIQUE IV d

Minima moyens



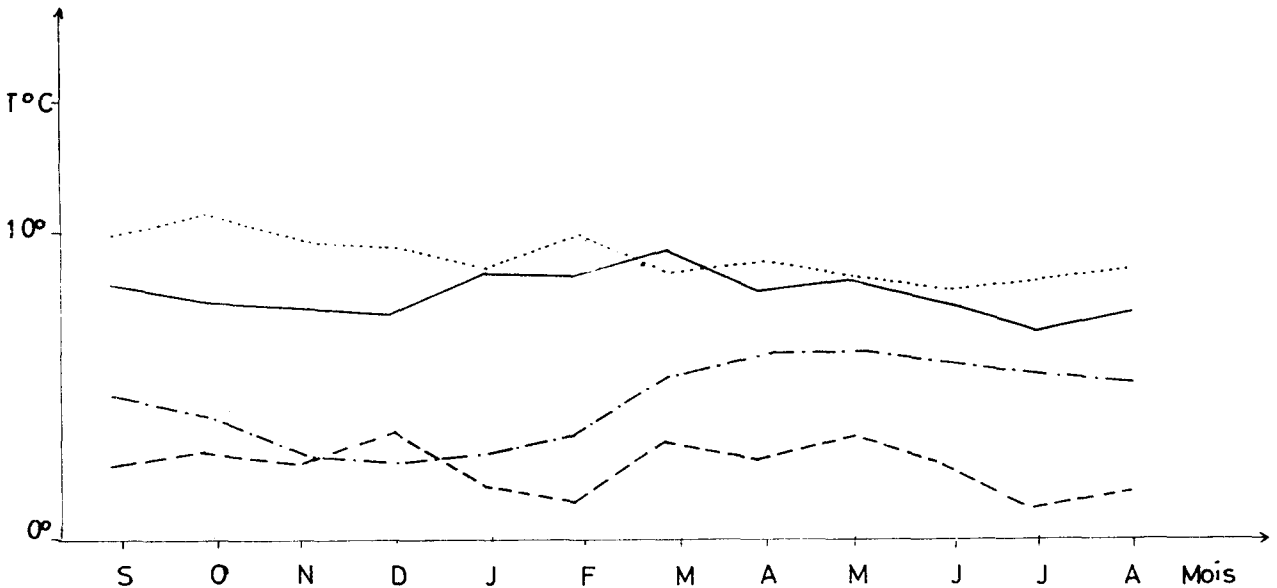
GRAPHIQUE IV e

Maxima moyens extrêmes



GRAPHIQUE IV f

Amplitudes journalières



Il nous a donc paru intéressant de comparer les valeurs obtenues malgré une légère différence de conception de l'étude. Les effets des conditions micro-climatiques sur le régime thermique du sol sableux de la région de Rabat peuvent ainsi être soulignés.

1. *Les moyennes* (GRAPH. IV c)

a. de l'air

Les températures moyennes de l'air du Jardin d'Essais sont plus élevées que celles du Guich. Toutefois, elles en sont très proches en hiver. L'écart entre les températures régnant dans ces deux milieux croît avec l'approche de l'été (2°C environ en été). Au Guich, la valeur la plus basse est atteinte en décembre tandis qu'elle l'est en janvier au Jardin d'Essais.

b. de l'air et du sol

Les températures du sol sont, au Guich, supérieures a celles de l'air, exception faite de la période hivernale où elles sont semblables. L'écart entre les valeurs relevées à ces deux niveaux croît fortement avec le développement de la saison chaude (il atteint 9°C en juillet). Par contre, au Jardin d'Essais, bien que la température du sol soit supérieure à celle de l'air, l'évolution thermique des deux niveaux est semblable. L'écart entre les valeurs notées, légèrement plus faible en été, est relativement constant tout au long de l'année (2°-3°C environ). Ces moyennes sont intermédiaires entre celles observées au Guich au printemps et en été, mais supérieures en automne et en hiver.

c. du sol

Le sol du Guich est plus chaud au printemps et en été que celui du Jardin d'Essais. Par contre, il est plus froid en hiver. L'écart entre les moyennes relevées dans les deux stations croît à partir du printemps et de l'automne. Il atteint 6°C en été et 4°C environ en hiver.

Au Guich, les diminutions automnales et les augmentations printanières des températures du sol sont plus prononcées que celles de l'air dans cette même station et que celles de l'air et du sol au Jardin d'Essais. Ces dernières présentent, toutefois, une allure semblable.

2. *Les maxima* (GRAPH. IV a-b)

a. de l'air

Les températures diurnes (GRAPH. IV b) de l'air du Jardin d'Es-

sais sont plus élevées que celles du Guich et l'écart entre ces valeurs est important en hiver et en été. Comme pour les moyennes, les valeurs les plus basses sont atteintes en décembre au Guich, et en janvier au Jardin d'Essais.

De même, les extrêmes (GRAPH. IV a) enregistrés le jour sont plus élevés au Jardin d'Essais qu'au Guich. L'écart atteint 5°C en hiver et en été.

b. de l'air et du sol

Au Guich, les températures du sol sont supérieures à celles de l'air au printemps et en été, mais inférieures en automne et en hiver. Les écarts atteignent 3°C environ durant la saison froide et 8°C en pleine saison estivale. Par contre, au Jardin d'Essais, les régimes thermiques sont fort semblables, exception faite de la fin de l'hiver et de l'été où les différences oscillent aux environs de 2°C.

Les extrêmes du sol et de l'air, à la station du Guich, présentent la même évolution que les maxima moyens, alors qu'au Jardin d'Essais la différenciation entre les valeurs des deux niveaux est par contre, plus poussée (écart de 2°C en automne et au printemps).

c. du sol

Le sol, dans les conditions du Guich, est plus chaud que celui du Jardin d'Essais au printemps et en été (7°C) mais plus froid en automne et en hiver (6°C environ).

Remarquons que les températures diurnes du Jardin d'Essais sont comprises entre les valeurs notées sous abri et dans le sol au Guich.

De plus, les relevés effectués à vingt centimètres de profondeur au Jardin d'Essais sont plus proches des températures de l'air du Guich que de celles du sol.

Les diminutions automnales et les augmentations printanières sont plus importantes dans le sol du Guich que dans l'air pour les deux postes et que dans le sol du Jardin d'Essais. Ces dernières strates présentent une évolution thermique fort semblable.

Enfin, les températures extrêmes relevées en profondeur présentent une allure semblable aux maxima moyens, mais les écarts observés entre les deux stations sont moins prononcés (moins de 5°C en été et près de 7°C en hiver).

3. *Les minima* (GRAPH. IV d-e)

a. de l'air

Les températures nocturnes de l'air (GRAPH. IV d), au Guich, sont fort semblables à celles du Jardin d'Essais. Une légère différenciation se remarque cependant au printemps et en été, tandis qu'en automne et en hiver, les valeurs sont similaires.

De même, les minima moyens extrêmes (GRAPH. IV e) enregistrés sous abri au Guich sont analogues à ceux du Jardin d'Essais, au printemps et en été (exception faite des mois de juillet et d'août où le Guich est plus chaud que le Jardin d'Essais) mais supérieure en automne et en hiver. En plein hiver, une différenciation de près de 3°C peut être observée.

b. de l'air et du sol

Le sol est plus chaud que l'air aussi bien au Guich qu'au Jardin d'Essais. Les écarts entre les températures des deux niveaux oscillent, au Guich, aux environs de 10°C en été et de moins de 4°C en hiver, tandis qu'au Jardin d'Essais cette différence est respectivement de 6°C et 7°C.

Les extrêmes nocturnes du sol des deux postes sont toujours supérieurs à ceux de l'air.

c. du sol

Les températures du sol relevées au Guich sont supérieures à celles du Jardin d'Essais au printemps et en été, mais inférieures en automne et en hiver. L'écart entre ces valeurs atteint respectivement 3°C et 5°C.

Remarquons à nouveau que le changement du régime thermique du sol du Guich est plus prononcé que celui de l'air, tant dans cette station qu'au Jardin d'Essais. De plus, l'évolution des températures nocturnes est plus régulière que celles relevées dans la journée comme le montrent les graphiques IV.

Par contre, si les extrêmes du sol du Guich sont supérieurs à ceux du Jardin d'Essais en été et inférieurs en hiver, l'écart hivernal entre ces températures est plus bas (2°-3°C) que celui qui est observé pour les minima moyen et supérieur en été (7°C). De plus, l'inversion des températures a lieu en février pour les extrêmes et au printemps pour les valeurs nocturnes moyennes.

4. *Les amplitudes* (GRAPH. IV f)

a. de l'air

Les amplitudes journalières de l'air sont légèrement plus élevées au Jardin d'Essais qu'au Guich. Elles sont cependant plus uniformes dans le premier poste que dans le second, ce dernier présentant un léger maximum printanier. Les différences d'écarts journaliers les plus importantes, entre les deux stations, sont notées en été et en automne. Durant cette époque, elles sont d'ailleurs constantes dans les conditions du Guich.

b. de l'air et du sol

Ces amplitudes sont supérieures à celles du sol, l'écart entre les observations faites dans les deux milieux augmentant en hiver et diminuant en été, du moins pour la station du Guich. Cette dernière présente des écarts plus importants que le Jardin d'Essais.

Cependant, notons que l'évolution, à leur niveau respectif, des écarts journaliers de l'air au Guich, correspond à celle du sol du Jardin d'Essais à partir du printemps.

c. du sol

Les amplitudes des températures du sol du Jardin d'Essais sont relativement faibles et uniformes, bien que présentant une augmentation printanière sensible. Au Guich, par contre, les écarts présentent un minimum en décembre et un maximum en mai, ainsi que le dénote l'allure sinusoïdale de la courbe d'évolution. Le minimum de décembre du Guich correspond à un maximum au Jardin d'Essais, tandis qu'au printemps les deux postes atteignent un autre maximum. Celui du Guich est plus important que celui du Jardin d'Essais.

Le climat général régnant à la station du Guich est plus frais mais moins régulier que celui du Jardin d'Essais. Cependant, en hiver, les températures tendent à s'égaliser. Dans ce poste, les valeurs relevées à vingt centimères dans le sol se différencient nettement, en été, de celles de l'air. Elles s'en rapprochent, par contre, en hiver.

Dans les conditions du Jardin d'Essais, le sol est plus chaud que l'air tout au long de l'année et l'évolution thermique des deux strates est uniforme.

La nuit, dans les deux stations, le sol reste plus chaud que l'air toute l'année. Au Guich, le jour, la température du sol est supérieure à celle de l'air au printemps et en été, mais inférieure en automne et

en hiver. Au Jardin d'Essais, par contre, les températures diurnes de l'air et du sol sont relativement semblables.

Enfin, les températures, tant nocturnes que diurnes du sol sont plus élevées en été, dans les conditions du Guich, qu'au Jardin d'Essais. En automne et en hiver, l'inverse a lieu, le sol du Jardin d'Essais étant plus chaud que celui du Guich.

5. *Interprétation*

Ces différences d'évolution sont dues au mode de réchauffement diurne et de refroidissement nocturne du sol.

Au Guich, l'échauffement du sol est important en été en raison de l'insolation directe élevée qu'il subit. De son côté, l'air est soumis à une circulation continuelle du fait de la situation dégagée du poste. Ainsi, le niveau thermique de l'air est plus bas que celui du sol. En automne, par contre, le sol perd ses calories, plus rapidement que l'air soumis à l'influence maritime directe. Le sol devient donc plus froid que l'air.

La nuit, l'air reste plus frais que le sol durant toute l'année. Le niveau thermique diurne élevé de la couche profonde de vingt centimètres et son inertie thermique plus grande que celle de l'air ne permettent pas une perte suffisante de calories, malgré l'importance de la diminution automnale, pour se refroidir plus vite que le milieu ambiant.

Au Jardin d'Essais, par contre, l'échauffement diurne du sol est plus réduit, en raison de l'environnement végétal. Le milieu étant plus confiné, les circulations d'air sont moins importantes qu'au Guich. Cette « stagnation calorifique » permet une uniformisation de l'échauffement plus difficilement réalisable en milieu dégagé. Remarquons qu'en hiver et en été, le sol est légèrement plus froid que l'air. En effet, en hiver, le sol perd encore des calories alors que l'air en accumule déjà ; en été, le milieu confiné permet l'échauffement ambiant alors que le sol est protégé par la végétation.

La nuit, l'air reste, comme au Guich, plus frais que le sol, mais à un niveau moins important que dans cette station. En outre, l'écart entre la température des deux strates est relativement constant toute l'année. Ce phénomène est dû à l'effet de la végétation qui protège le sol tant de l'accumulation que de la déperdition de chaleur et lui permet de conserver une température uniforme.

Conclusions

Il se dégage donc, de l'évolution des températures de l'air et du sol, des zones spécifiques :

— noyau isothermique diurne estival de haute température à dix centimètres dans le sol et zone hivernale de basse température traduisant leur inversion ;

— noyau isothermique nocturne estival, chaud, à vingt centimètres de profondeur et zone d'équilibre hivernale.

De la comparaison du régime thermique du sol du Guich (terrain découvert) et du Jardin d'Essais de Rabat (végétation arbustive), il faut souligner que les températures nocturnes de l'air sont relativement analogues dans les deux Stations, mais les températures diurnes relevées au Guich sont inférieures à celles du Jardin d'Essais. Dans ce milieu, les températures de l'air et du sol (à 20 cm) sont relativement semblables le jour. Par contre, au Guich, elles diffèrent fortement, surtout en été. La nuit, une importante différenciation peut être remarquée entre ces deux niveaux dans les deux Stations.

Enfin l'influence du micro-climat se marque principalement par l'insolation intense et la circulation continuelle d'air, observables dans les conditions de la station du Guich tandis que le milieu est plus confiné au Jardin d'Essais, en raison d'une végétation arbustive environnante bien développée.

ملخص

يدرس المؤلف في هذا البحث تغيرات الحرارة لمدة سنة والمقاسة على عمق 10 الى 20 سم من سطح الارض . ذلك في محطة التجارب بالكيش الاوداية بالرباط ويقارنها مع الحرارة المسجلة تحت المخبا .

لقد نوقشت مختلف مميزات التطور الحراري للهواء والتربة كما وضحت مناطق التوازن .

زيادة على ذلك فان الفروق الرئيسية بين الوضع الحراري للتربة الرملية للكيش وحديقة التجارب بالرباط والمترتبة عن تاثير النبات قد استرعى الانتباه .

RÉSUMÉ

Dans le présent travail, l'auteur étudie les variations au cours de l'année des températures mesurées à dix et vingt centimètres de profondeur à la Station Expérimentale du Guich des Oudaïas à Rabat et les compare aux températures enregistrées sous abri.

Divers caractères de l'évolution thermique de l'air et du sol sont rapidement discutée et des zones d'équilibre sont mises en évidence.

En outre, les principales différences, dues à l'influence de la végétation, entre le régime thermique du sol sableux du Guich et du Jardin d'Essais sont soulignées.

RESUMEN

En el presente trabajo el autor estudia las variaciones de temperaturas durante el año, medidas a diez y veinte cm de profundidad en la Estación Experimental del Guich des Oudaïas en Rabat, comparándolas con las temperaturas registradas bajo abrigo.

Se discuten rapidamente varios carácteres de la evolución térmica del aire y del suelo y se indican zonas de equilibrio.

Además, las principales diferencias, debidas a la vegetación, entre el régimen térmico del suelo arenoso del Guich y del Jardin d'Essais quedan subrayadas.

SUMMARY

The variation is studied during the year of temperatures measured at depths of ten and twenty cm underneath the soil surface at the Experiment Station of the Guich des Oudaïas in Rabat in comparison with temperatures taken under shelter.

Several characteristics of the thermal evolution of the air and the soil are rapidly discussed and equilibrium zones are indicated.

Moreover the main differences, due to the vegetation, between the thermal status of the sandy soil of the Guich and that of the Jardin d'Essais are stressed.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. BRYSSINE, G. — 1952. Sols de la Station Expérimentale du Guich des Oudaïas. — Ministère de l'Agriculture, Sous direction de la Recherche Agronomique et de l'Enseignement Agricole, Rabat.

2. BRYSSINE, I. — 1966. Etudes sur la dynamique de la microflore de trois types de sols marocains. — Cahiers de la Recherches Agronomique, (thèse), **23**, I.N.R.A., 189 p., Rabat.

3. DECROUX, J. — 1966. Bilan hydrique dans trois types de sols marocains. — Cahiers de la Recherche Agronomique, **22**, I.N.R.A., 81 p., Rabat.

4. DEMOLON, A. — 1948. Dynamique du sol. — T. I, Dunod, Paris.

5. DIRECTION DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. — Archives de la Station de Base de Bioclimatologie.

6. EMBERGER, L. — 1963. Etages bioclimatiques. — Carte pub. par Com. Nation. de Géographie du Maroc, établie par C. BRIGNON et Ch. SAUVAGE.

7. GESLIN, H. — 1947. Caractérisation des climats locaux. — Rapp. Congr. Intern. Pédo. de Montpellier, mai, 31 p.

8. INSTITUT SCIENTIFIQUE CHÉRIFIEN. — 1958. Annales du Services du Globe et de Météorologie. — T. XVIII, Rabat.

9. MÉRÉOROLOGIQUE NATIONALE — 1965-66-67. Relevés climatiques du poste de Rabat-Aviation.

10. VANHAMME, M.-D. — 1967. Contribution à l'étude du régime thermique des sols marocains. I. Régime thermique d'un sol sableux (R'mel) de Rabat. — Al Awamia, **25**, I.N.R.A., octobre, pp. 53-81, Rabat.