

Ch. Riou

LES RELATIONS ENTRE LE RAYONNEMENT SOLAIRE
ET LA TEMPERATURE

— QUELQUES CONSEQUENCES —

SOMMAIRE

	Pages
I. — INTRODUCTION	3
II. — EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE, RAYONNEMENT GLOBAL ET TEMPERATURE	4
III. — EVAPORATION ET PRODUCTION	5
IV. — BIBLIOGRAPHIE	8

17 MAI 1976

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

B8170Hydr.

LES RELATIONS ENTRE LE RAYONNEMENT SOLAIRE (2) ET LA TEMPERATURE

— QUELQUES CONSEQUENCES —

I. — INTRODUCTION

Le réchauffement de la couche d'air au-dessus du sol provient de l'absorption par cette couche d'énergie rayonnante et du transfert par convection de l'énergie calorifique du sol ; à l'origine de ces énergies se trouve l'énergie solaire. Il existe donc une relation étroite entre le rayonnement solaire global (reçu sur une surface horizontale) et la température au-dessus du sol.

La forme de cette relation est complexe, mais on peut se contenter de l'exprimer graphiquement et de comparer les graphiques obtenus en différentes stations.

Sur la figure 1 on a représenté l'évolution de la température mesurée sous abri et le rayonnement solaire global pour les stations de Tunis (3) et de Saint-Maur (Paris) ; on constate que pour ces deux stations il y a un retard de la température sur le rayonnement. On retrouverait ce même retard dans la zone désertique autour du tropique ; il s'estompe quand on se rapproche de l'équateur, d'une part parce que le rayonnement solaire y devient moins variable d'autre part parce que la pluie et le type de temps qui accompagne la saison des pluies influencent profondément la température.

On constate également que pour les stations étudiées ce retard est de l'ordre du mois.

Si l'on établit les climogrammes - rayonnement global G, température moyenne de l'air - obtenus en joignant les points représentatifs des différents mois dans leur ordre de succession, on obtient une image qui fait apparaître ce retard (figure 2).

(1) Institut National Agronomique de Tunis.

(2) Remis le 1er Avril 1975.

(3) Mesuré à Tunis par la Météorologie (moyenne 1964-1973).

On peut également mettre ce dernier en évidence et préciser la forme de la relation entre G et T en exprimant G_n , rayonnement global du mois de rang n , en fonction de T_{+n1} . On trouve alors à Tunis comme à Saint-Maur, des droites de pentes très proches mais décalées, l'une par rapport à l'autre (figure 3).

Ces résultats amènent quelques remarques :

1) Pour une station donnée, il n'y a pas de mois identiques en ce qui concerne le rayonnement et la température. Pendant la première moitié de l'année une valeur donnée de G est accompagnée d'une température nettement plus faible que pendant la deuxième moitié ; le décalage peut atteindre 8 degrés à Tunis comme à Saint-Maur.

2) Pour un rayonnement solaire identique, la température est plus élevée à Tunis qu'à Saint-Maur. Inversement, pour une même température le rayonnement solaire est plus important à Saint-Maur qu'à Tunis.

Ceci a pour conséquence que les phénomènes qui sont étroitement liés à la température et ceux qui le sont au rayonnement solaire, vont avoir une importance relative très différente non seulement d'un mois à l'autre en un lieu donné, mais aussi d'une zone climatique à une autre.

II. — EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE, RAYONNEMENT GLOBAL ET TEMPERATURE

La consommation d'un couvert végétal couvrant bien le sol, actif et se développant sur un sol bien alimenté en eau est dite « potentielle » et nous admettons qu'elle ne dépend alors que des facteurs du climat. Elle est alors étroitement liée au rayonnement solaire et beaucoup moins à la température quand celle-ci n'est pas trop faible.

C'est ce qui apparaît en effet quand on porte sur un graphique l'ETP mensuelle en fonction de la température moyenne (figure 4)¹. On constate un déphasage très net entre ETP et T , proche à Tunis de celui constaté entre G et T . On voit, par exemple, que des mois à rayonnement global proche, comme mars et octobre à Tunis (464 et 447 calories/cm² jour) ont des valeurs de l'ETP voisines-82 et 95 mm, alors que l'écart des températures moyennes y est de 6. 8°C.

(1) ETP mesurée à Tunis par la Station de Bioclimatologie de l'INRAT (moyenne 1959-1972) calculée à St. Maur par la formule de Turc.

Ceci nous montre que les formules empiriques basées sur la seule température (la plus connue est celle de Thornthwaite) sont peu précises quand on constate comme ici ce déphasage.

Ce dernier peut être précisé ; il est un peu inférieur à un mois à Tunis (de l'ordre de trois semaines). On peut s'en rendre compte en portant la valeur de l'ETP d'un mois de rang n en fonction de $1/3 (T_{n+2} + T_{n+1})$

Sur la figure 5, on a préféré utiliser la température maximum moyenne plutôt que la température moyenne ; la première est souvent plus significative et sous d'autres climats nous avons pu la relier à l'ETP. La relation entre ETP_n et $T_m = 1/3 (T_{n+2}^x + T_{n+1}^x)$ ou T_n^x est la moyenne des températures maximum du mois de rang n est de la forme : $ETP_n = 0,30 T_m - 3,1$
(mm/jour)

Dans la zone tropicale, nous avons trouvé les relations suivantes :

$$ETP = 0,30 T_x - 5,9 \text{ entre } 0 \text{ et } 10^\circ \text{ de latitude.}$$

$$ETP = 0,30 T_x - 5,5 \text{ à Fort Lamy (12}^\circ 07') \text{ (Djaména).}$$

$$ETP = 0,30 T_x - 4,6 \text{ sur le bord du lac Tchad (13}^\circ 30').$$

Ici cependant il n'y avait pas lieu de faire intervenir le déphasage entre ETP et T^x

Dans toute cette zone et jusqu'à Tunis, on peut donc dire qu'en un lieu donné, une augmentation de 1°C de la température maximum entraîne un accroissement moyen de 0,30 mm de l'ETP journalière.

En ce qui concerne la relation entre ETP et G, elle diffère en fait suivant l'époque et le lieu. A Tunis, le rapport ETP/G reste à peu près constant — 0,44 en utilisant la même unité — de novembre à mars, puis augmente jusqu'en août. A Paris, on retrouve un rapport de 0,44 à 0,46 entre juin et septembre ; il est inférieur pour les autres mois et minimum en hiver.

Rappelons qu'en zone équatoriale, on trouvait un rapport constant de 0,45 toute l'année, avec un coefficient de corrélation de 0,99. La figure 6 montre comment évolue la quantité d'eau consommée en fonction du rayonnement global cumulé pour les deux stations étudiées et pour les périodes de production du blé.

III. — EVAPORATION ET « PRODUCTION »

Si l'évaporation reste ainsi étroitement liée au rayonnement global, d'autres phénomènes intervenant dans la vie de la plante évoluent suivant d'autres déterminismes. C'est le cas, par exemple de la respiration fortement influen-

cée par la température. La vitesse de croissance a également souvent été reliée directement à la température ; on l'a alors exprimée sous la forme $dl/dt = k (T - T_0)$, ce qui a conduit les agronomes à utiliser les sommes de température puisque dans un certain intervalle, on peut écrire :

$$l = k \sum (T - T_0).$$

Pour le blé, où le « zéro de végétation » est donné pour nul, on utilise couramment $\sum (T)$ ou $\sum (T \cdot d_j)$, d_j étant la durée du jour. (Geslin — Indice héliothermique).

L'action de la température sur la photosynthèse est pourtant beaucoup moins nette. On distingue en général le stade où l'éclairement constitue le facteur limitant et où la photosynthèse reste à peu près proportionnelle à celui-ci et le stade où l'éclairement augmentant, c'est le taux de CO_2 qui devient limitant, stade où la température joue un rôle important.

Pour essayer de mettre en évidence l'action de la température, nous avons repris cette notion de sommes de température sous la forme d'indices $\sum T_j \cdot d$ ou T_j est la température moyenne diurne calculée suivant le procédé indiqué par Hallaire (1950)¹ : $T_j = T_n + 0,63 A$.

T_n est ici la température minimum moyenne et A l'amplitude thermique.

Il est alors possible de tenter de préciser la relation entre la consommation d'un couvert végétal bien alimenté en eau et l'action de la température comme on l'a fait précédemment pour l'ETP et le rayonnement.

On a porté sur la figure 7, les valeurs de ETP et $T_j \cdot d_j$, pour les périodes de décembre à juin à Tunis, décembre à juillet à Saint-Maur. On trouve un résultat prévisible après la figure 4, le rapport $ETP / T_j \cdot d_j$ est pratiquement identique de décembre à juin à Paris et de décembre à mars à Tunis ; pour les mois suivants, il est plus élevé à Tunis. C'est ce qu'on peut également faire apparaître avec les valeurs cumulées $\sum ETP$ en fonction de $\sum T_j \cdot d_j$ (figure 8).

Le rapprochement de ce dernier résultat et de la figure 6 permet de faire quelques remarques.

De décembre à mars à Tunis, décembre à mai à Saint-Maur, la consommation d'eau est pratiquement identique ; les valeurs de $\sum T_j \cdot d_j$ sont

(1) Appliqué à quelques cas : travaux de A. Semadeni, études en pphytotron, cet indice nous a paru utilisable.

également identiques. Par contre les valeurs de G cumulées sont différentes : 30.950 cal/cm⁻² à Tunis pour 40.650 cal/cm⁻² à Saint-Maur. La faible évaporation hivernale en France est en partie responsable de ces résultats. D'autres indices pour la température conduiraient au même résultat puisque les sommes de température sont pour ces périodes de 1537° à Tunis pour 1140° à Paris. C'est l'allongement des jours dans la région parisienne qui peut compenser la différence de température, celle-ci entraînant un raccourcissement de la période concernée à Tunis d'environ 2 mois. Pour les mois suivants : avril-mai à Tunis, juin-juillet à Saint-Maur, il y a pour une même variation de $\sum T_j$ d'une consommation d'eau nettement plus forte à Tunis. C'est également vrai pour la comparaison entre G et ETP. Pendant cette période la courbe des pluies cumulées fait apparaître un déficit en eau à Tunis, qui nécessite pour les plantes un prélèvement sur la réserve du sol, ce qui n'est pas le cas de l'autre station. Ce stade est donc doublement défavorable à Tunis puisque d'une part des valeurs identiques de la température (et du rayonnement global) y entraînent une consommation d'eau plus forte qu'à Paris, (les températures moyennes y sont identiques, l'ETP étant supérieure de 20 % à Tunis), d'autre part l'eau risque d'y devenir le facteur limitant.

Ainsi pour certains phénomènes biologiques, cela pourra se traduire par des situations identiques au mois de mars à Tunis, mai à Paris, comme l'est l'utilisation de l'eau ; puisque cette première période est celle où l'éclairement est relativement faible, il est cependant possible qu'il y ait une surconsommation d'eau à Tunis accompagnant l'activité photosynthétique. On peut noter, en tous cas, la discordance entre le rayonnement global et la température pour les deux stations.

Dans les mois qui suivent la situation paraît moins bonne à Tunis ; l'éclairement prend maintenant des valeurs élevées, et l'action de la température s'y accompagne d'une surconsommation d'eau ; à cela s'ajoute évidemment le risque de sécheresse.

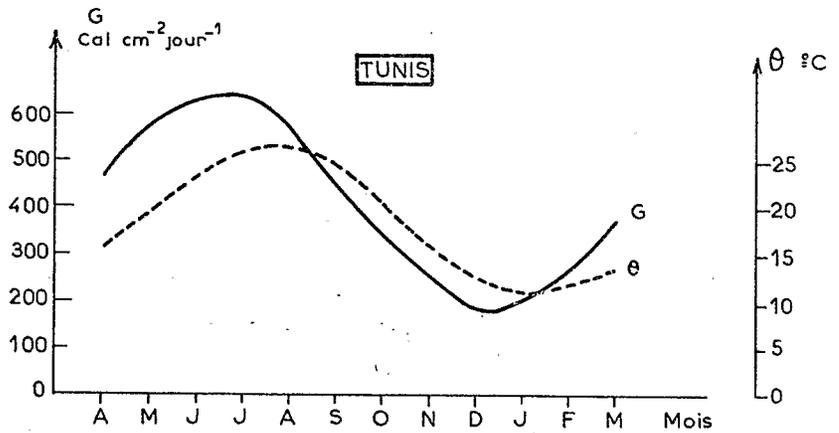
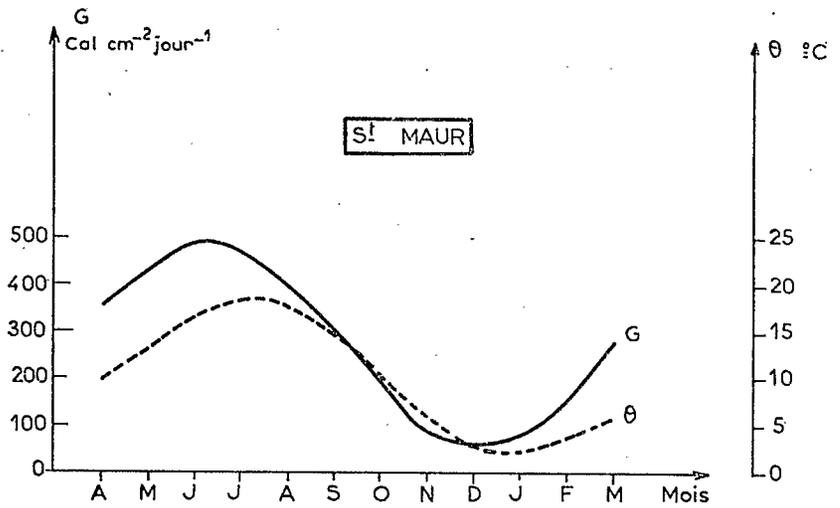
Sans qu'il y ait lieu d'attacher une grande importance aux indices utilisés, cette courte étude se proposait, à partir des données de deux stations, de dégager les relations entre eux de facteurs du climat intervenant sur la « production » végétale — rayonnement solaire et température — et de tenter de montrer comment la consommation d'eau évoluait avec eux. La complexité des réactions physiologiques de la plante ne permet pas une analyse précise mais il peut toutefois être utile à l'agronome ou à l'écologiste de connaître les liaisons à l'intérieur d'un climat entre des facteurs dont le mode d'action est généralement étudié isolément.

IV. — BIBLIOGRAPHIE

- P. Guv et F. Blondon. — Action de la température et de la durée d'éclairement sur la croissance de deux types extrêmes de la luzerne cultivée. In *Phytronique et prospective horticole* 1972.
- H. Geslin. — Etude des lois de croissance d'une plante en fonction du climat 1974.
- M. Hallaire. — Les températures moyennes nocturnes, diurnes et nycthémérales exprimées en fonction du minimum et du maximum journaliers de température. *C.R. de l'Académie des Sciences*. 1950 vol. 231.
- I.N.R.A.T. — Documents non publiés.
- Météorologie Tunisienne. — Climatologie de la Tunisie.
- Ch. Riou. — Etude de l'évaporation en Afrique Centrale. O.R.S.T.O.M. 1972.
- A. Semadeni. — Effets de coupes échelonnées sur la productivité de deux écotypes tunisiens de Féтуque élevée. *Bulletin de l'ENSAT*, Sept.-Déc. 1965 n° 8-9.
- A. Vernet. — Cours de bioclimatologie - I.N.A.

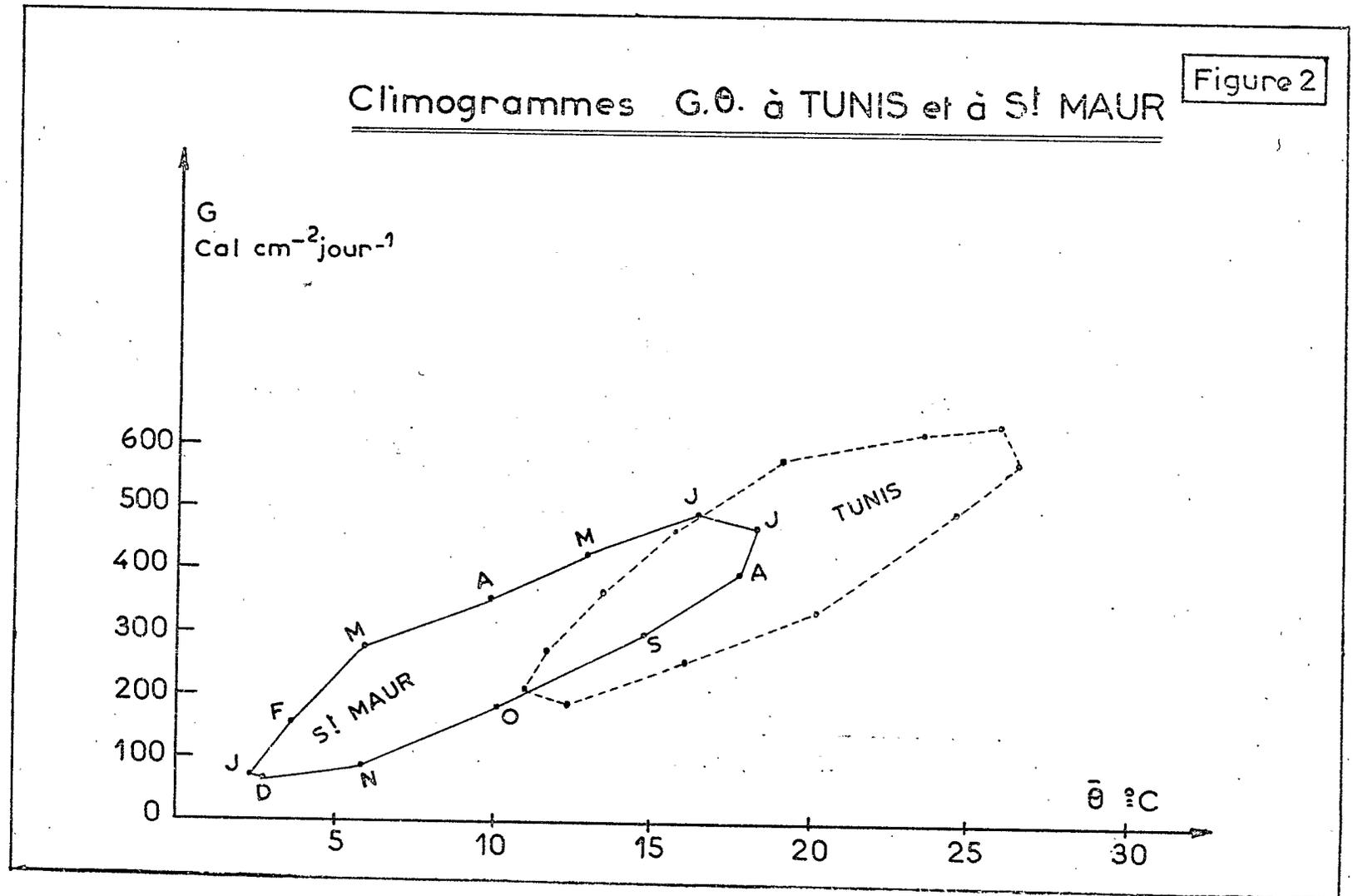
Figure 1

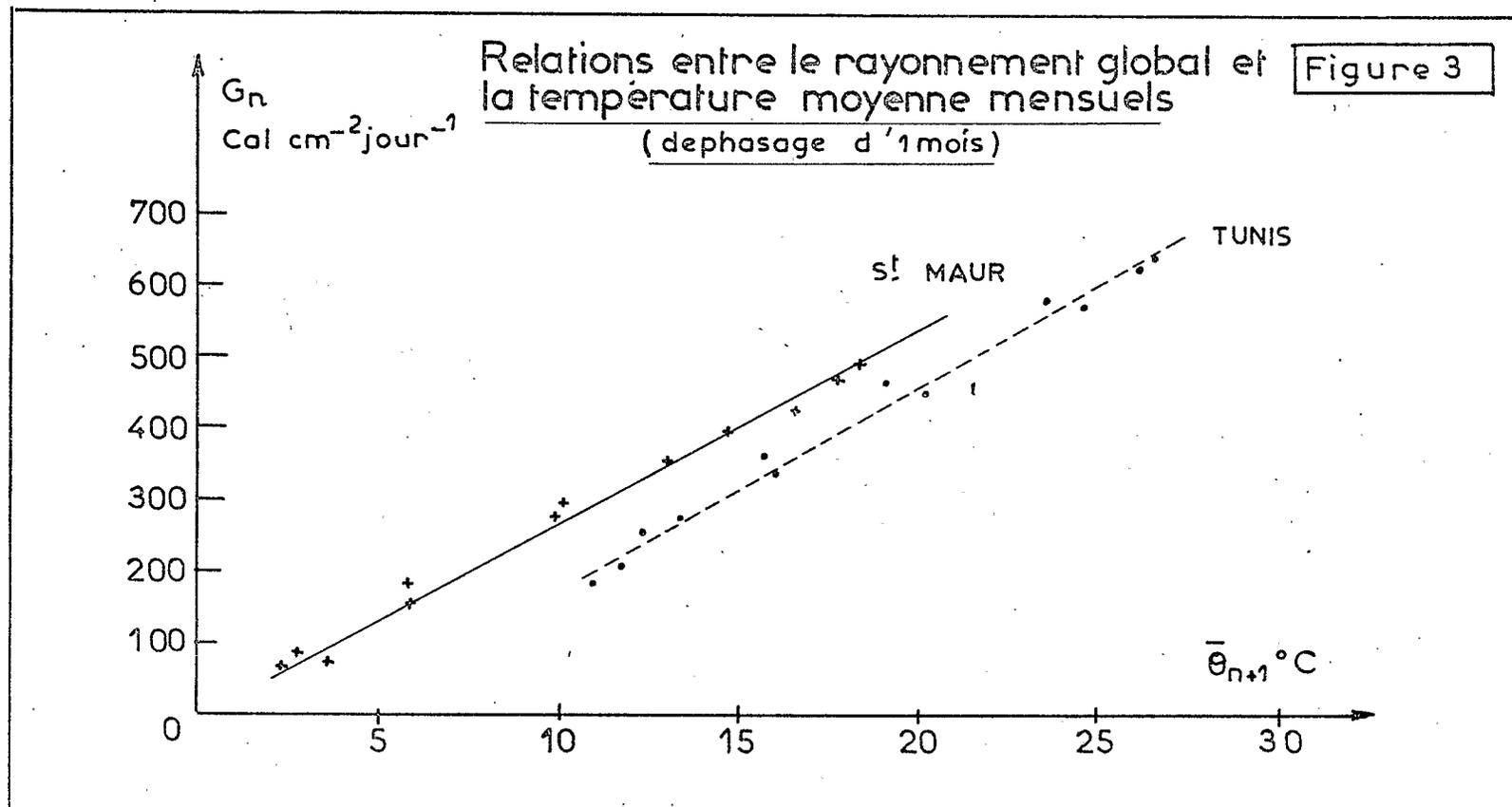
Rayonnement global et température moyenne mensuels



Climogrammes G.θ. à TUNIS et à St MAUR

Figure 2





E.T.P. et températures moyennes mensuelles

fig.4

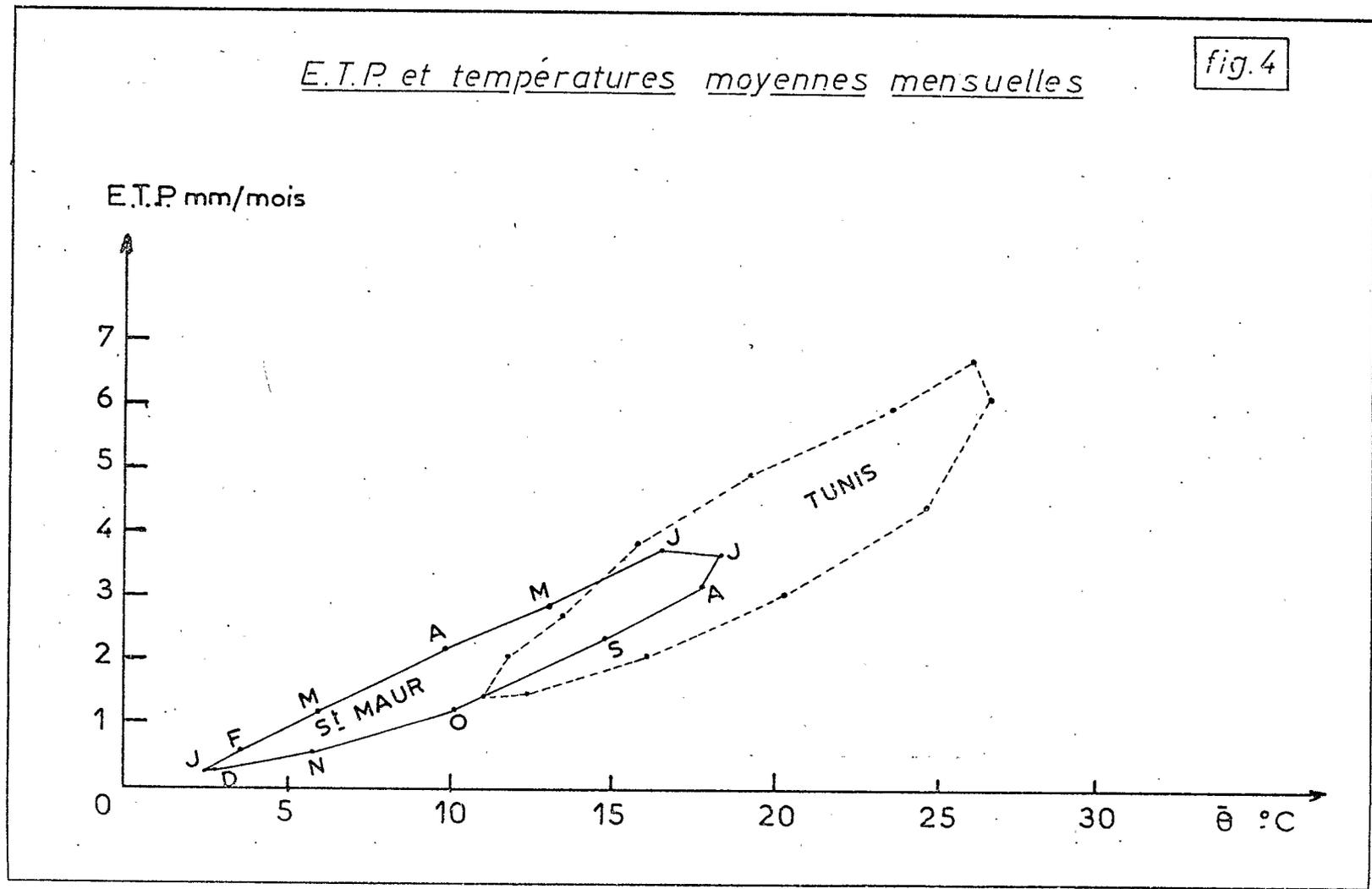
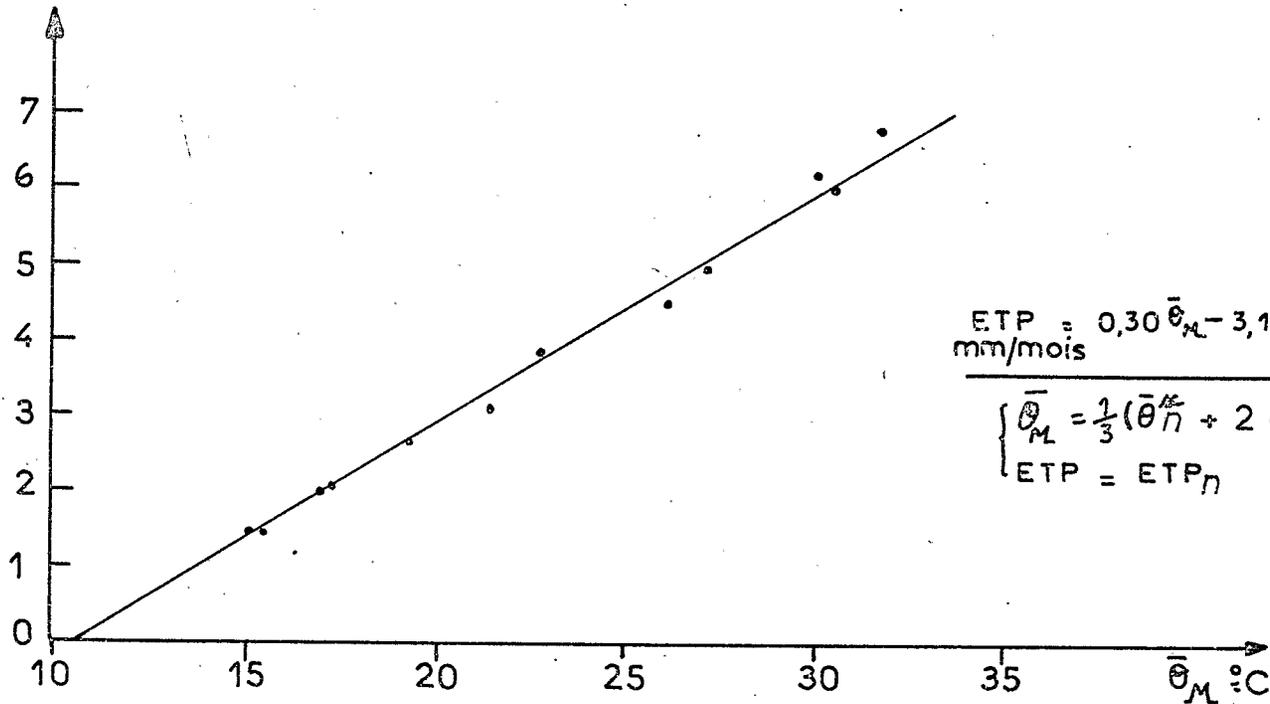


Figure 5

E.T.P. et température maximum moyenne à TUNIS

E.T.P mm/mois



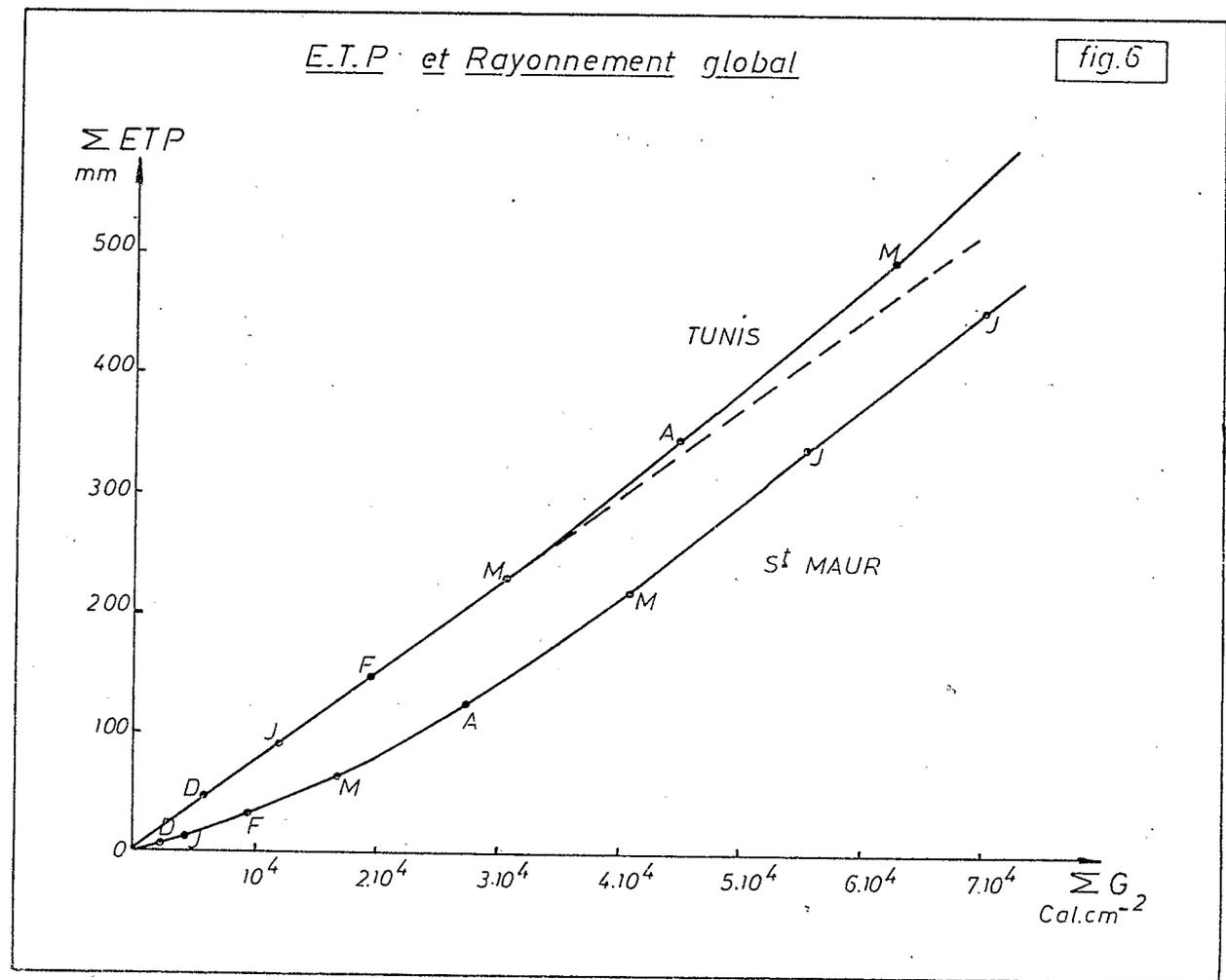
$$\text{E.T.P.} = 0,30 \bar{\theta}_M - 3,1$$

mm/mois

$$\begin{cases} \bar{\theta}_M = \frac{1}{3}(\bar{\theta}_n^{\#} + 2\bar{\theta}_{n+1}^{\#}) \\ \text{E.T.P.} = \text{E.T.P.}_n \end{cases}$$

E.T.P. et Rayonnement global

fig. 6



E.T.P. et indice $\overline{\theta_j d_j}$ mensuels

Figure 7

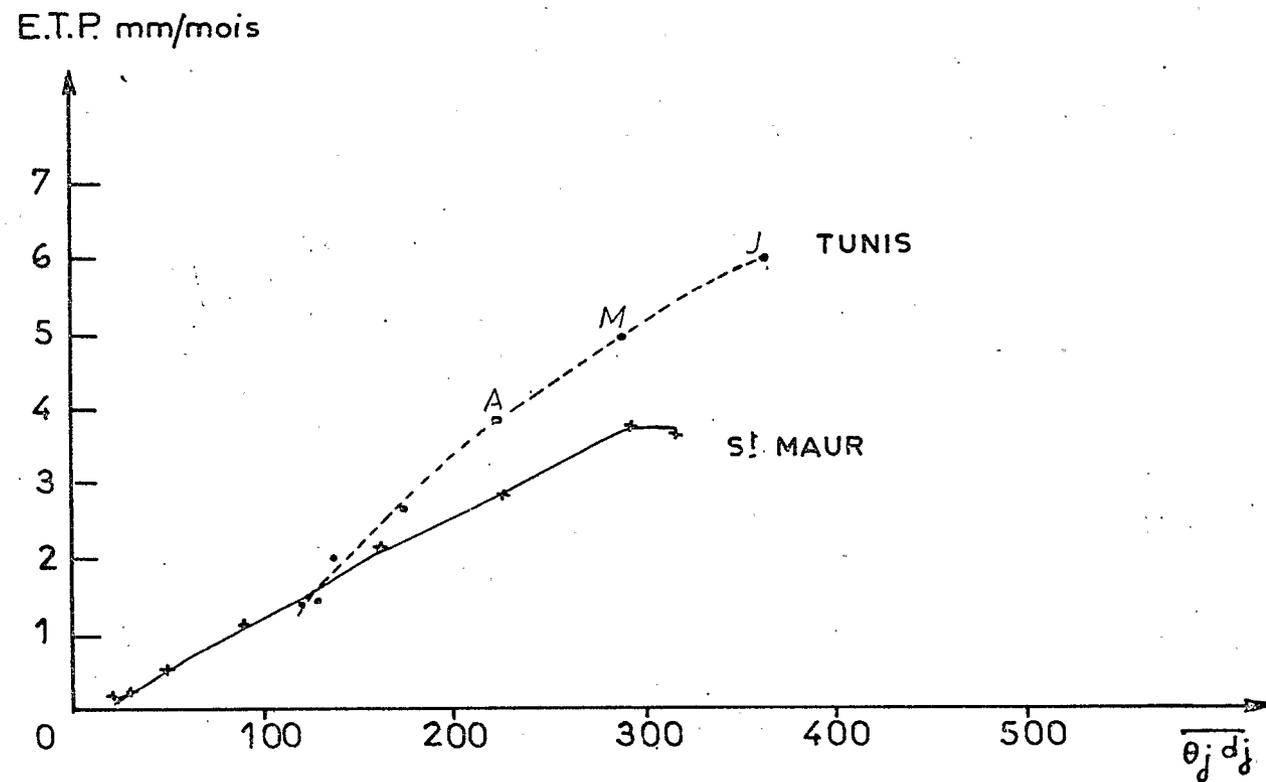


fig. 8

Consommation d'eau et indice $\sum \theta_j d_j$

